Moreno-Casasola, P., Herrera Silveira, J.A., López Rosas, H., Martínez, M.L., Padilla Souza, C., Gallegos Martínez, M.E., Silva, R., Peralta Peláez, L.A., Peña Montes, C., Bonilla-Moheno, M., Bazant-Fabre, O., Cisneros-de la Cruz, D., Robles-Toral, P.J., Canul-Cabrera, A., Aguilar-López,Y., Cortés-Esquivel, J.L., Us-Balam, H., Andrade-Medina, R., Funes, M. Soto, J.L. 2023. Manejo y protección de ecosistemas marinos y costeros. p. 59-110. 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/EPOMEX01202302

Manejo y protección de ecosistemas marinos y costeros

P. Moreno-Casasola, J. A. Herrera Silveira, H. López Rosas, M. L. Martínez, C. Padilla Souza, M. E. Gallegos Martínez, R. Silva, L. A. Peralta Peláez, C. Peña Montes, M. Bonilla-Moheno, O. Bazant-Fabre, D. Cisneros-de la Cruz, P. J. Robles-Toral, A. Canul-Cabrera, Y. Aguilar-López, J. L. Cortés-Esquivel, H. Us-Balam, R. Andrade-Medina, J. L. Funes, M. Soto

Resumen

México tiene un extenso litoral y riqueza de ecosistemas costeros. Se presenta una visión general sobre ubicación, superficie y pérdida de arrrecifes, pastos marinos, manglares, playas y dunas y humedales costeros de agua dulce. Se realizó una revisión de los programas internacionales con iniciativas para la conservación y manejo de estos ecosistemas, describiendo 27 iniciativas vigentes. También se presentan nueve organizaciones y documentos describiendo soluciones basadas en la naturaleza. Se menciona la gravedad del problema de los plásticos en el mar. La revisión de las políticas y programas internacionales permite concluir que existen numerosas propuestas que permiten el desarrollo de trabajos conjuntos, compartir experiencias e información. Los ecosistemas menos representados son las playas, dunas y humedales costeros de agua dulce. Se hizo el mismo análisis para las políticas y programas nacionales, encontrando 18, aunque no todos se refieren únicamente a zonas costeras o ecosistemas marino-costeros. Se requiere el desarrollo de una visión costero/marina que integre el funcionamiento, dinámica e interacciones de estos ecosistemas en los temas de manejo, conservación y restauración. Es fundamental abordar otros temas

relacionados con el manejo y conservación de las zonas costeras como, es el uso de técnicas sustentables y amigables con el ambiente. Así como, el consolidar presupuestos y proyectos de restauración de todos los ecosistemas costeros. Se presentan algunos ejemplos de acciones locales y regionales, lo cual permite ver los diferentes enfoques que se están aplicando. México aún tiene mucho camino por recorrer para garantizar el manejo sustentable y la conservación de sus mares y costas, por lo cual se debe seguir generando información. Lo que definitivamente requiere de voluntad política y trabajo, es el cambiar la percepción de la zona costera por una visión integral donde se dé valor a la protección y recursos que proporciona a la sociedad mexicana, se se logre alinear los programas y políticas de gobierno. Además, se debe garantizar los presupuestos necesarios para apoyar la percepción de la zona costera, con una visión de mayor protección frente a los efectos del cambio climático y la mayor garantía para conservar nuestras inversiones y medios de vida en las costas mexicanas.
Palabras clave: Conectividad costera, costa sustentable, regulación ambiental.

Abstract

Mexico has an extensive coastline and a wealth of coastal ecosystems. This paper presents an overview of the location, area, and loss of reefs, seagrasses, mangroves, beaches and dunes, and freshwater coastal wetlands. A review of international programs with initiatives for the conservation and management of these ecosystems was carried out, and described 27 current initiatives. Nine organizations and documents describing nature-based solutions are also presented. The seriousness of the problem of plastics in the sea is mentioned. The review of international policies and programs allows us to conclude that there are numerous proposals that allow the development of joint works, share experiences and information. The least represented ecosystems are beaches and dunes and coastal freshwater wetlands. The same analysis was made for national policies and programs, finding 18, although not all refer only to coastal zones or marine-coastal ecosystems. It is required to develop a coastal/ marine vision that integrates the functioning and dynamics, and interactions of these ecosystems in the areas of management, conservation, and restoration. It is essential to address other issues related to the management and conservation of coastal areas, such as using sustainable and environmentally friendly techniques and consolidating budgets and restoration projects for all coastal ecosystems. Some examples of local and regional actions are presented, allowing us to see the different approaches that are being applied Mexico still has a long way to go to guarantee the sustainable management and conservation of its seas and coasts. The information must continue to be generated. What definitely requires political will and work, is to change the perception of the coastal zone for a comprehensive vision where the protection and resources that it provides to Mexican society are valued, and the alignment of programs and government policies. Moreover, it is necessary to guarantee budgets to support the vision of the coastal zone as the greatest protection we have against climate change and the greatest guarantee to preserve our investments and livelihoods along the Mexican coasts.
Keywords: Coastal connectivity, sustainable coasts, environmental regulations.

Introducción

México es un país con 12 018 km de extensión litoral, añadiendo 3 051 km de línea territorial insular (CONABIO, 2019). La longitud del litoral mexicano es significativamente extensa, ya que mide entre 9 330 (The World Factbook, 2021) y 19 717 km (World Resource Institute, 2021), dependiendo de la metodología utilizada, ubicándose en la posición 14, respectivamente a nivel mundial. Este litoral se extiende desde climas áridos hasta tropicales lluviosos, generando condiciones muy distintas que imprimen características particulares a los ecosistemas costeros: arrecifes coralinos y pétreos, praderas de pastos marinos, manglares, humedales costeros de agua dulce, dunas y playas arenosas, rocosas o de guijarros.

Aunque no hay una definición universalmente aceptada, se puede afirmar que la zona costera es el entorno más dinámico de la Tierra, la única región en la que el medio terrestre, la atmósfera, el agua de mar y el agua dulce interactúan a diferentes escalas de intensidad, tiempo y espacio. La zona costera se transforma al absorber la energía del Sol, vientos, mareas, olas, escorrentías y descargas de aguas subterráneas. También se ve afectada por, y afecta, los procesos y flujos que tienen lugar en la costa y que modifican las propiedades del sustrato y del agua (Silva *et al.,* 2020).

Los ecosistemas costeros son muy vulnerables a los intercambios de materia y energía producidos por los agentes impulsores. Las interconexiones entre y dentro de ellos son sensibles a las modificaciones del medio ambiente y de los agentes impulsores. La persistencia, la frecuencia o la intensidad de los impulsores pueden provocar el deterioro de un ecosistema, afectando a los procesos de los ecosistemas vecinos, que también pueden modificar los ecosistemas adyacentes en un efecto cascada. Cuando se superan los umbrales de salud y conectividad de los ecosistemas (a menudo de forma inesperada), puede alcanzarse un punto de no retorno, con consecuencias irreversibles e impredecibles (Silva *et al.,* 2020). La "Carta de Derechos de las Generaciones Futuras" menciona la necesidad de generar políticas públicas internacionales para la protección de los mares y océanos, sobre todo en las zonas más vulnerables como son las zonas costeras poco profundas, los arrecifes coralinos, así como las primeras capas de agua de mar hasta las zonas abisales bentónicas, amenazados por diferentes contaminantes.

México tiene arrecifes en el océano Pacífico, el mar Caribe y en los golfos de California y México, con biodiversidad endémica y características particulares en cada región (AIDA, 2014). Los arrecifes que se forman en el mar Caribe están ubicados en la costa oriental de la península de Yucatán, desde isla Contoy hasta el límite con Belice, incluyendo la isla de Cozumel y banco Chinchorro, y forman parte de la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, conocida como el Sistema Arrecifal Mesoamericano (https://marfund.org/es/arrecife-mesoamericano/). La figura 1 muestra la distribución de los ecosistemas costeros en México.

Los pastos marinos cubren una superficie en el estado de Veracruz de 95 hectáreas en Tuxpan e isla Lobos, y en el sistema arrecifal Veracruzano 231 ha. En los estados de Campeche y Yucatán hasta Cabo Catoche en Quintana Roo abarcan 337 537 ha.

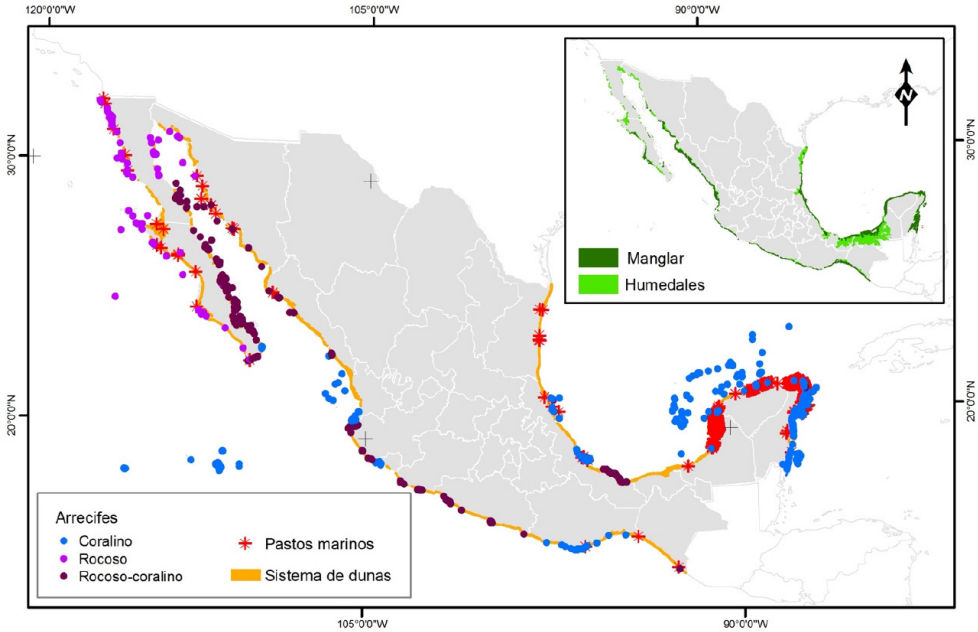

Figura 1. Mapa de distribución de los ecosistemas costeros de México. La superficie de arrecifes se basó en UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2018); Pastos marinos: Commission for Environmental Cooperation (CEC). 2016., Gallegos Martínez et al. (07/05/2018) y Gallegos-Martínez et al. (01/04/2018); Dunas: Martínez et al. (2014); Manglar: CONABIO (13/01/2021); Humedales: Comisión Nacional del Agua CONAGUA (2017). Elaboró Roberto Monroy.

Los manglares cubren alrededor del 12 % de la línea de costa del mundo, con una superficie de 14.79 millones de hectáreas en 113 países con la mayor extensión en la región de Asia (37.5 %) y la menor en Oceanía (8.8 %) (FAO, 2020; Spalding y Leal, 2021). Por su cobertura, México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, con una extensión de 905 086 ha (CONABIO, 2021), representando el 6 % de la extensión del mundo (figura 1), solo después de Indonesia, Brasil y Australia (Velázquez-Salazar *et al.,* 2021). Cubren el 39 % de la línea de costa en México y su mayor extensión se encuentra en la región de la península de Yucatán, 544 169 ha de la extensión total del país. Quintana Roo es el estado con mayor cobertura de manglar, sumando un total de 247 017 ha (Velázquez-Salazar *et al.,* 2021).

Los humedales costeros de agua dulce se ubican en planicies de inundación, hondonadas de dunas o bordes de canales y pueden estar dominados por vegetación arbórea, arbustiva o herbácea. Entre los primeros se encuentran las selvas y palmares inundables, como los apompales, tintales, pukteales, chechenales o tasistales; como ejemplos de humedales arbustivos están los zarzales y mucales; mientras que los popales, tulares, carrizales y nenúfares son ejemplos de humedales herbáceos (Olmsted, 1993). Por su ubicación, frecuentemente estos ecosistemas están conectados con los manglares en un gradiente continuo de salinidad e inundación

(López Rosas *et al.,* 2021; Rincón Pérez *et al.,* 2020), y es posible encontrar humedales con co-dominancia de especies de manglar con especies de selva inundable (Sjogersten *et al.,* 2021; Solórzano *et al.,* 2018) o de tulares (López Rosas *et al.,* 2021). INEGI y CONAGUA (CONAGUA, 2010; INEGI, 2012a, b, 2014) elaboraron mapas a distintas escalas de humedales (incluidos manglares) para México (figura 1). Calculan la superficie de 10 033 623 ha y los humedales costeros de agua dulce entre 0 y 200 msnm que mantienen una conexión con la costa cubren 4 879 333 ha (CONAGUA, 2017). Los estados de Campeche, Quintana Roo y Tabasco presentan las mayores superficies.

A pesar de su utilidad e importancia socioeconómica-ambiental para las costas arenosas y dunas, no existe una estimación global de la extensión (Lujendijk *et al.,* 2018). De acuerdo con estos autores, el 31 % de las costas libres de hielo son arenosas. La mayor ocurrencia de costas arenosas se presenta en las latitudes subptropicales y subtempladas (entre los 20 y 40°). En el caso de México, los datos del INEGI (2016) y con el modelo geográfico desarrollado para la Comisión Nacional Forestal (Martínez *et al.,* 2014), revelan que la extensión de dunas costeras es heterogénea a lo largo de las costas y regiones costeras mexicanas (Arriaga-Cabrera *et al.,* 1998), distribuidos en una superficie de 791 789 ha en el país (figura 1). Alrededor del 85 % se concentra en las regiones del golfo de México (245 159 ha), la Californiana (235 645) y el mar de Cortés (188 732). Las regiones costeras con menos extensión de dunas son la Panámica (52 728), Pacífico centro (45 164) y la más reducida es la Caribeña (7 876). Los estados de Baja California Sur y Veracruz presentan las mayores superficies (Martínez *et al.,* 2014).

La superficie cubierta por todos los ecosistemas costeros se ha reducido en México en las últimas décadas. La tasa de cambio en la cobertura de manglar durante el 2015-2020 fue de 3.1 %, siendo la región del Pacífico norte la que presentó mayor pérdida de extensión, con 6 347 ha degradadas tan solo en cinco años. En otras regiones como la península de Yucatán se registró "aumento" de la extensión, dado por el registro de 83 791 ha de manglar que se encontraba en la clasificación de otros humedales (Velázquez-Salazar *et al.,* 2021). Landgrave y Moreno-Casasola (2012) estimaron una pérdida/degradación de humedales en México, de 62.1 % de su superficie (6 968 400 ha) incluyendo los continentales. Encontraron que las pérdidas son mayores tierra adentro que en las costas. Entre los estados costeros más afectados están Baja California, Sonora y Tabasco. En cuanto a las dunasno se ha contabilizado, aunque se considera que alrededor del 50 % de las dunas costeras se encuentran en buen estado de conservación. Hay variaciones geográficas en cuanto a lo anterior: en el noroeste del país los sistemas de dunas son más extensos y están con menor deterioro, mientras que en el sureste se observa el mayor deterioro, al igual que en el golfo de México (Martínez *et al.,* 2014).

Se considera que el 24 % de las playas de arena del mundo se están erosionando debido a las actividades humanas (Luijendijk *et al.,* 2018). Vousdoukas *et al.* (2020) reportaron que aproximadamente 50 % de las playas arenosas del mundo podrían ser severamente erosionadas para el final del siglo, lo que ocasionaría la destrucción de más de 130 000 km de costa. Sin embargo, en muchos lugares las tendencias erosivas están relacionadas con las actividades humanas y, por tanto, pueden gestionarse.

Esto último requiere medidas de adaptación informadas y eficaces que gestionen de forma sostenible las costas de México y los y los flujos de sedimentos relacionados con ellas.

Programas internacionales

A nivel internacional existe una gran preocupación por la situación actual de los océanos y las costas. Esto se muestra claramente en dos de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas: el objetivo 13 (fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países), el 14 (utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible) y el 6 (garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos). Estos tres objetivos estan directamente relacionados con los mares y océanos, pero existen otros como el 5, 8, y 9 que tambien tienen relación. La interdependencia entre ellos es tal, que por ejemplo, los mares y océanos son proveedores de alimentos, fuentes de energía, tienen un papel preponderante en la regulación del clima, permiten la integración de las mujeres en las actividades productivas, por mencionar algunas. Han surgido numerosas iniciativas para conservar, restaurar, usar sosteniblemente, y proteger los ecosistemas costeros. Por ejemplo, en febrero de 2021 las Naciones Unidas lanzaron el Programa Década de Exploración de los Océanos, bajo la consideración que se tiene una década para salvar a los océanos a través de la ciencia y la investigación. A continuación se enlistan declaraciones, programas, marcos regulatorios etc., todos ellos instrumentos que permiten avanzar en la consecución de los ODS en las zonas costeras y marinas de México.

I. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Es la base del Derecho Ambiental Internacional, se firmó en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992. Consta de 27 Principios. Reconoce la gravedad de la pérdida mundial de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas, reafirma el valor intrínseco de la diversidad biológica y el papel primordial que desempeña en el mantenimiento de ecosistemas que prestan servicios esenciales. Por ello, resalta la importancia de consolidar la resiliencia de los ecosistemas e incorporar la consideración de los efectos y beneficios socioeconómicos de la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y sus componentes, así como de los ecosistemas que proporcionan servicios esenciales, en los programas y políticas pertinentes a todos los niveles. Fue un punto de partida para numerosas acciones posteriores enfocadas a la conservación y manejo adecuado del ambiente.

II. Convenio de Diversidad Biológica (CDB). Firmado en el marco de la Cumbre de Río en 1992, es el instrumento internacional para "la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos", que ha sido ratificado por 196 países. Tiene

tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Para llevar a cabo dichos objetivos, cuenta con dos Protocolos: el de Cartagena y el de Nagoya. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) relaciona la protección de los manglares en algunos de sus siete programas temáticos que incluyen: biodiversidad forestal, marina y costera, así como a través de temas transversales como ANP, uso sostenible, biodiversidad para el desarrollo, cambio climático y biodiversidad.

III. Programa sobre el Hombre y Biosfera de la UNESCO (Programa MaB). Fue creado en 1970 con el objetivo de crear una red mundial de espacios destinados a poner en práctica el desarrollo sostenible en todas sus vertientes, ambiental, económica, social y cultural. Es un programa científico intergubernamental que busca establecer una base científica para mejorar la relación global de las personas con su entorno. Es una plataforma única de colaboración en materia de investigación y desarrollo, refuerzo de capacidades y establecimiento de redes para compartir información, conocimientos y experiencias sobre tres cuestiones interrelacionadas: la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y el desarrollo sostenible. Las reservas de Biosfera son áreas naturales protegidas (ANP) que fomentan soluciones para conciliar la conservación de la biodiversidad con su uso sostenible, ya que en muchas de ellas hay pobladores viviendo en las zonas de amortiguamiento (Guevara, 2021).

IV. Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural. Creada en 1972, la Convención tiene como misión principal identificar y proteger el patrimonio natural y cultural del mundo, considerado de Valor Universal Excepcional. La Convención está regulada por el Comité del Patrimonio Mundial con el apoyo del Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es el órgano consultivo sobre patrimonio natural. Supervisa los sitios inscritos y evalúa los sitios propuestos para incorporarse a la Lista del Patrimonio Mundial, de conformidad con los criterios naturales de selección pertinentes.

V. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención Ramsar). La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental firmado en 1971 en la ciudad de Ramsar (Irán), al que México se adhirió en 1986. Sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Tiene 171 partes contratantes. La Convención aplica una definición amplia de los humedales, que abarca todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, playas y dunas, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, reservorios y salinas.

VI. Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho al Mar (CONVEMAR). Su objetivo es regular los derechos de navegación, límites territoriales de mares, estatus legal

de los recursos encontrados en los fondos marinos fuera de la jurisdicción de los Estados. México la firmó el 10 de diciembre de 1982, la ratificó el 18 de marzo de 1983 y entró en vigor el 16 de noviembre de 1994. Establece una serie de disposiciones para la conservación de los recursos vivos.

VII. Organización Marítima Internacional (OMI). Es el organismo especializado de las Naciones Unidas responsable de la seguridad y protección de la navegación y de prevenir la contaminación del mar por los buques. La OMI tienen dentro de sus compromisos, la creación del marco institucional adecuado para un sistema de transporte marítimo mundial ecológico y sostenible. Dentro de las funciones de la OMI se encuentra la de crear Zonas Marítimas Especialmente Sensibles (ZMES). Estos sitios deben ser objeto de protección especial por ser vulnerables a las actividades marítimas internacionales, según determinó en 2005 la OMI en su Resolución A.982(24), y debe aplicarse la normatividad aprobada o adoptada por el organismo para prevenir, reducir o eliminar la amenaza o la vulnerabilidad determinada. Los criterios que deben cumplirse son: i) ecológicos: como la singularidad o rareza de un ecosistema, su diversidad o su vulnerabilidad frente a la degradación ocasionada por los fenómenos naturales o las actividades humanas, ii) socioeconómicos y culturales: especialmente de interés turístico y actividades de recreo, iii) científicos y pedagógicos: la zona debe ser importante por su valor científico o histórico.

VIII. Acuerdos de París (2015). El 12 diciembre de 2015, en la COP21 de París, las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas de Cambio Climático (CMNUCC) alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. Incluye los compromisos de todos los países de reducir sus emisiones y colaborar para adaptarse a los efectos del cambio climático, así como llamamientos a los Estados para que fortalezcan sus compromisos a lo largo del tiempo.

IX. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Son una iniciativa impulsada por Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Son 17 objetivos y 169 metas.

X. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Regula la exportación, reexportación e importación de especies, así como la introducción procedente del mar de especímenes de animales y plantas enlistadas en alguno de sus tres Apéndices, en función del nivel de riesgo en que se encuentran. CITES proporciona un marco jurídico internacional en el cual se establecen los procedimientos que deben seguir los países participantes para la adecuada regulación del comercio internacional de las especies incluidas en sus Apéndices mediante un sistema de permisos y certificados. Los países que participan en la Convención designan una o más Autoridades Administrativas que se encargan de regular el sistema de permisos y certificados, y una o más Autoridades Científicas que asesoran sobre los efectos del comercio en las especies.

XI. Código de Conducta para la Pesca Responsable de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, la Pesca y la Alimentación (FAO). Establece una serie de criterios que los países y todos los interesados en la pesca y la acuicultura deben cumplir para garantizar a las generaciones futuras los mejores suministros posibles de pescado. Deben trabajar unidos con el fin de conservar y ordenar los recursos ícticos y su hábitat. Particularmente, resalta su artículo 6.8 que señala que "Todos los hábitats críticos para la pesca en los ecosistemas marinos y de agua dulce, como las zonas húmedas (humedales), los manglares, los arrecifes, las lagunas, las zonas de cría y desove se deberían proteger y rehabilitar en la medida de lo posible y cuando sea necesario. Debería ponerse especial empeño en protegerlos de la destrucción, la degradación, la contaminación y otros efectos significativos derivados de las actividades humanas que constituyan una amenaza para la salud y la viabilidad de los recursos pesqueros".

XII. La Convención para la Protección y el Desarrollo del Ambiente Marino en la Región del Gran Caribe (WCR). Conocida como la Convención de Cartagena es un acuerdo legal regional para la protección del Mar Caribe. La Convención fue adoptada en Cartagena, Colombia, el 24 de marzo de 1983 y entró en vigor el 11 de octubre de 1986. La Convención está respaldada por tres acuerdos técnicos o protocolos sobre derrames de hidrocarburos, áreas especialmente protegidas y vida silvestre (SPAW) y fuentes terrestres de contaminación marina (LBS) que establece límites de contaminantes en ecosistemas clave como los arrecifes coralinos, los pastos marinos y los manglares. El Protocolo relativo a la cooperación para combatir los derrames de hidrocarburos en la región del Gran Caribe se adoptó en 1983 y entró en vigor el 11 de octubre de 1986. El Protocolo Concerniente a Áreas y Vida Silvestre Especialmente Protegidas (SPAW) en la Región del Gran Caribe fue adoptado el 18 de enero de 1990 y entró en vigor el 18 de junio de 2000. El Protocolo relativo a la contaminación procedente de Fuentes y Actividades Terrestres se adoptó el 6 de octubre de 1999 y entró en vigor el 13 de agosto de 2010. El protocolo SPAW (Áreas de Flora y Fauna especialmente protegidas, por sus siglas en inglés), como parte de sus estrategias, tiene el objetivo de mejorar los arreglos de gobernanza para un manejo con enfoque ecosistémico de los arrecifes y sus sistemas asociados, entre ellos el manglar (www.car-spaw-rac.org). Aunque México firmó la Convención, no ha ratificado los últimos dos protocolos. En 1997, durante el marco del día de la Tierra, México, Belice, Guatemala y Honduras firmaron los Acuerdos de Tulum donde se comprometieron a salvaguardar el Sistema Arrecifal Mesoamericano y sus ecosistemas asociados y promover un desarrollo sostenible en esta región. Dichos Acuerdos de Tulum volvieron a ser ratificados en el 2006, sin haber sido renovados desde entonces a pesar de las solicitudes de las organizaciones de la sociedad civil.

XIII. El Coral Restoration Consortium (CRC). Es una comunidad compuesta por científicos, administradores, profesionales de la restauración coralina y educadores dedicados a permitir que los ecosistemas de arrecifes de coral sobrevivan en el siglo XXI y más allá. La misión del CRC es fomentar la colaboración y la transferencia de tecnología entre los participantes, y facilitar el

ingenio científico y práctico para demostrar que la restauración puede lograr resultados significativos a escalas relevantes para los arrecifes en su función de proteger las costas, apoyar las pesquerías y servir como motores económicos para las comunidades.

XIV. Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano (MAR2R). Ejecutado por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) a través del proyecto financiado por el Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), como agencia implementadora. Se consolida en 2018. Tiene como objetivo contribuir a la conservación y uso sostenible de los recursos compartidos de agua dulce, costeros y marinos de la ecorregión transfronteriza Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), demostrando sus ventajas y mejorando las capacidades regionales, nacionales y locales para la gestión y gobernabilidad integrada de sus recursos de agua dulce, costeros y marinos. Por su enfoque integral "De la Cuenca al Arrecife", el alcance geográfico del proyecto incluye las cuencas hidrográficas en el SAM, bosques nubosos, selvas, grandes ríos, sistemas hidrogeológicos kársticos, lagunas y humedales que conectan la tierra con lechos de pastos marinos y extensos arrecifes en México, Belice, Guatemala y Honduras. Integra el manejo, protección y restauración de los ecosistemas que interactúan para garantizar la conservación del SAM y, por lo tanto, asegurar beneficios económicos y medios de vida sostenibles para los países y sus comunidades. Como parte de los esfuerzos se publica la Estrategia Regional de Manejo, Conservación, Restauración y Monitoreo de Manglares en el SAM (Rivas *et al.,* 2020).

XIII. MPAConnect. Es una red de aprendizaje de manejadores y profesionales de Áreas Marinas Protegidas (AMP) en el Caribe que trabaja para fortalecer la efectividad de manejo al abordar las necesidades de capacidad específicas de AMP individuales a través de una variedad de medios, incluidos talleres regionales entre pares, apoyo técnico específico del sitio, aprendizaje en intercambios y subvenciones directas. Desde 2010, esta asociación entre la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), a través de su Programa de Conservación de Arrecifes de Coral, y el Instituto de Pesca del Golfo y el Caribe (GCFI) ha trabajado en la construcción de una red de unas 32 AMP de 11 países y territorios de la región del Gran Caribe.

XIV. CLME+ (Caribbean and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems). Es un proyecto del PNUD y del GEF a cinco años. Busca la mejora del manejo de los grandes ecosistemas marinos del Caribe a través del Manejo y Pesquerías Basados en Ecosistemas para atacar las causas de la degradación ambiental y las debilidades de gobernanza intersectoriales y transfronterizas. Se enfoca en un manejo con base en ecosistemas y considera al Caribe como un Gran Ecosistema Marino (https://www.clmeproject.org/).

XV. Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA). Forma parte del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), con el objetivo de coordinar la definición, ejecución y seguimiento de las políticas, estrategias y proyectos relacionados con el marco normativo de alcance regional que conduzca al desarrollo sostenible de las actividades

de la pesca y la acuicultura. Fue creada por decisión de las autoridades de la Pesca y la Acuicultura de Centroamérica, el 18 de diciembre de 1995. Entre sus recomendaciones están:

- homogeneización de las legislaciones en temas de protección de los arrecifes de coral,
- Mejora de las regulaciones e incremento de la inversión en infraestructura de tratamiento de aguas residuales,
- Creación de una red de zonas de refugio pesquero verdaderamente protegidas.

XVI. Seagrass Ecosystem Study (SES). En el Primer Congreso Internacional de Pastos Marinos en Leiden, Alemania, se puntualizó de manera relevante la necesidad de aumentar investigaciones enfocadas en las praderas de pastos marinos y se emitieron recomendaciones de investigaciones futuras. Se formó un grupo inicial de investigadores llamado Seagrass Ecosystem Study (SES) apoyado en la Década de Exploración de los Océanos (IDOE). En los años 60 y 70 los estudios fueron básicamente descriptivos y cualitativos, pero ya se formulaban los primeros estudios cuantitativos. El uso del equipo SCUBA permitió investigar directamente la relación con los distintos ecosistemas bentónicos asociados. Con aportaciones del Programa Década de Exploración de los Océanos se ahondó en el conocimiento de los pastos marinos, y se celebraron reuniones de trabajo periódicas y talleres, en donde se discutían los resultados, así como las necesidades de investigación y organización para abordar de manera óptima el cumplimiento de las conclusiones planteadas en los Congresos. En junio de 1918 se efectuó el último evento del ISBW13 (International Seagrass Biology Workshop) por la pandemia de COVID-19. En agosto del 2022 se retomaron las reuniones.

XVII. Programa Seagrass Net. En el International Seagrass Biology Workshop (ISBW) en Filipinas en 1998, se reconoció la falta de información acerca de las condiciones y estado de salud de los pastos marinos más allá de Australia o Estados Unidos y se acordó monitorear las áreas de pastos marinos, sobre todo en países menos desarrollados. Se estableció el programa Seagrass Net, basado en el modelo australiano Seagrass Watch, ganador de un premio en el año 2000 (The Prime Minister's Environment Award, Natural Heritage Trust Award for Rural and Regional Leadership). Con ambos se pretendía incrementar organizadamente el estudio de estos ecosistemas. Es un programa mundial de monitoreo ecológico que investiga y documenta el estado de los recursos de pastos marinos y las amenazas a que están sujetos. Incluye 126 sitios en 33 países con un protocolo de monitoreo global y un sistema de reporte de datos basado en la web. El objetivo final es preservar los ecosistemas de pastos marinos, aumentando el conocimiento científico y la conciencia pública sobre estos recursos costeros. Se elaboró un manual de procedimientos de monitoreo llamado Seagrass Net que permitiría conocer la extensión y composición de las comunidades de pastos. México, como parte de la red, ha venido realizando dichos procedimientos.

XVIII. Sociedad Internacional para Ecosistemas de Manglar (ISME). Es una organización no gubernamental creada en 1990 con el objetivo de promover el estudio y la investigación sobre los ecosistemas de manglar. Cuenta con la participación de 66 países, de los cuales México está incluido.

XIX. Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT). Reitera en 2000 su apoyo en beneficio de los manglares y crea un plan de acción general cuyo objetivo es fomentar la conservación, rehabilitación y ordenación sostenible de los manglares.

XX. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Desde 2006 ha reconocido la importancia de los manglares y ha dirigido 29 proyectos para la investigación de manglares, utilizando conocimientos locales e internacionales en la integración de los servicios ecosistémicos a la pesca y acuicultura (FAO, 2019 a).

XXI. Plan de Acción Regional para la Conservación de los Manglares en el Pacífico Sudeste (PAR-Manglares). En el 2013, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y Conservación Internacional (CI), crearon un programa que tiene como objetivo impulsar y fortalecer políticas y programas para la protección de manglar y de este modo mejorar la calidad de vida de las comunidades aledañas que requieren de los servicios del ecosistema (CPPS/UNESCO/CI/Hivos, 2016). Este programa ha sido utilizado como modelo por diversos países.

XXII. Comisión Forestal para América Latina y el Caribe con sede en Tegucigalpa, Honduras (2017). Se presentó la aceptación del proyecto "Bosques costeros y su impacto en la resiliencia climática de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo" (FAO, 2019 a), así como la elaboración de guías para la restauración y manejo de manglares (FAO, 2019 b).

XXIII. Alianza Mundial de Manglares (Global Mangrove Alliance, GMA). Se crea en 2018 y reúne a expertos técnicos, organizaciones de la sociedad civil, gobiernos, comunidades locales, empresas, agencias de financiamiento y fundaciones. Su objetivo es aumentar la cobertura de los ecosistemas de manglar a través de la conservación, restauración y manejo equitativo, conectando y coordinando diversas iniciativas en una cartera global que aprovecha y amplifica las mejores prácticas (GMA, 2021).

XXIV. Caring for Coast´s. Es una iniciativa que surgió en 2014 en la Convención de Diversidad Biológica (COP12), preocupados por el deterioro de los recursos y servicios ecosistémicos de los humedales costeros.

XXV. European Red List of Habitats. Por medio de un consenso y unificación de criterios, se elaboró la lista de hábitats europeos en riesgo de colapso o amenazados. Incluye ecosistemas tales como humedales, pastizales y ecosistemas costeros. Dentro de estos, están considerados marismas, un tipo de playa y seis tipos de dunas (Janssen *et al.,* 2016).

XXVI. Proyecto Masdunas (Islas Canarias). Es uno de los pocos proyectos dedicados a regular el uso y revertir la degradación de los sistemas de dunas (https://masdunas.es/).

XXVII. Protección de frentes urbanos costeros frente al calentamiento global CYTED. El objetivo es desarrollar una metodología y recomendaciones técnicas para la construcción y gestión de la protección de tramos de costa urbanos que presentan un alto riesgo frente al calentamiento global.

Participan Chile, España, México, Portugal y Uruguay. (http://www.cyted.org/917P-TE0538.-%20Objetivos).

Como complemento de lo anterior, existen temas de gran relevancia para avanzar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Algunos no constituyen programas en sí, pero consideramos de gran importancia mencionarlos debido al papel que juegan los ecosistemas costeros en ellos.

Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas

La restauración de los ecosistemas es fundamental sobre todo los relacionados al cambio climático, la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, el agua y la conservación de la biodiversidad. En este contexto, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al período 2021 a 2030 como la "Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas". A través de esta estrategia, la restauración de ecosistemas podría eliminar hasta 26 gigatoneladas de gases de efecto invernadero de la atmósfera. Las instancias que lideran la implementación de la estrategia son la Organización de Naciones Unidas (ONU Medio Ambiente) y la FAO. México ha adquirido compromisos sobre restauración de ecosistemas degradados: i) a través de la Meta Aichi 15 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD, 2010) comprometió la restauración del 15 % de sus ecosistemas degradados; ii) forma parte de la Estrategia Global de la Conservación Vegetal 2011-2020 (CBD, 2012) coordinada por la CONABIO (2012); iii) comprometió la restauración de 7,5 millones de hectáreas ante el Desafío de Bonn (Bonn-Challenge, 2014); iv) suscribió la Iniciativa 20x20 para restaurar 8.5 millones de hectáreas para 2020 (Initiative 20x20, 2014) junto con 13 países de América Latina.

Sin embargo, este es un tema que aún requiere aterrizar en políticas y programas específicos.

Ingeniería costera y soluciones basada en la naturaleza

Hay alternativas novedosas para recuperar las funciones y servicios ecosistémicos en las zonas costeras. En función del grado de alteración de los ecosistemas costeros, diferentes tipos de infraestructura verde se pueden implementar con el objeto de afrontar a los desequilibrios costeros. De acuerdo con Chávez *et al.* (2021) y Silva *et al.* (2017), los principales atributos de la infraestructura verde costera son la participación de procesos a múltiples escalas, la recuperación o el mantenimiento de la conectividad natural de los flujos de masa y energía, y la inclusión de la población local en la gestión de su entorno. En este contexto, las acciones de conservación se centran en proteger los ecosistemas interconectados de la degradación y en aumentar su capacidad de adaptación a los cambios globales. Las acciones de restauración pretenden recuperar las trayectorias naturales de los ecosistemas cuando las perturbaciones no han roto permanentemente su capacidad de recuperación. Por su parte, las acciones de rehabilitación se centran en ecosistemas gravemente dañados en los que no se puede recuperar el estado lo más cercano a la condición original, aunque sí los servicios ecosistémicos vitales para las comunidades humanas locales. Las infraestructuras verdes pretenden contrarrestar las dinámicas que provocan el aislamiento de los ecosistemas, utilizando infraestructuras blandas o duras como medidas de protección.

Aunque en México no existen políticas ni programas que fomenten la implementación de infraestructura verde, existen ejemplos exitosos (Chávez *et al.,* 2021; Silva *et al.,* 2017). Más aún, se han generado preceptos que pueden servir como guías para el buen manejo de la zona costera (Silva *et al.,* 2019; Silva *et al.,* 2021). A continuación, se enlistan las más recientes directrices y políticas que están disponibles a nivel internacional (Chávez *et al.,* 2021; Schoonees *et al.,* 2019) sobre ingeniería costera y soluciones basada en la naturaleza:

Construyendo con la Naturaleza (Building with Nature)- Holanda. Programa llevado a cabo por un consorcio de empresas privadas, agencias gubernamentales e institutos de investigación. Su objetivo es recopilar conocimientos sobre los ecosistemas y desarrollar normas de diseño para las infraestructuras en consonancia con los procesos naturales. Esto se hace mediante proyectos piloto, que se ejecutan y supervisan. Con base en el monitoreo, se elaboran directrices de diseño (De Vriend y Van Koningsveld, 2012).

Ingeniería con la Naturaleza (Engineering with Nature)- Estados Unidos. Pretende incorporar características naturales y basadas en la naturaleza (creadas por el diseño humano) a la ingeniería tradicional. Presenta un marco para identificar a las partes interesadas, analizar el sistema y su vulnerabilidad y proponer y evaluar diferentes alternativas, contabilizando la creación de servicios ecosistémicos y comparándolos mediante métricas de rendimiento. El informe incluye ejemplos prácticos de las herramientas y los métodos de evaluación (Bridges *et al.,* 2015; USACE, 2012).

Líneas costeras vivas (Living Shorelines)- Estados Unidos. Presenta soluciones costeras que protegen la costa contra las tormentas y la erosión, al mismo tiempo que proporcionan servicios ecosistémicos y preservan la conectividad de los ecosistemas. Considera diferentes alternativas, consistentes en vegetación sola o en combinación con alimentación de arena, rellenos de piedra y otras estructuras. Las alternativas se clasifican en función de los entornos en los que son adecuadas, los costos, las ventajas y los inconvenientes (SAGE, 2015).

Planes de Gestión del Litoral (Shoreline Management Plans)- Reino Unido. Desarrollar estrategias para reducir la amenaza de las inundaciones y la erosión, para que en la medida de lo posible sean beneficiosas para el medio ambiente, la sociedad y la economía. El objetivo medioambiental es mantener, restaurar cuando sea posible, mejorar los activos medioambientales e históricos (DEFRA, 2006).

Estrategia Nacional para la Gestión Integrada de las Zonas Costeras (National Strategy for Integrated Coastal Zone Management)-Alemania. Equilibrar las necesidades del medio ambiente, las económicas y sociales, desarrollando y preservando las zonas costeras como hábitats ecológicamente intactos, económicamente valiosos y socialmente aceptables (BMU, 2006).

Trabajando con la Naturaleza (Working with Nature). A nivel mundial. Desarrollar soluciones para las infraestructuras de transporte acuático que sean mutuamente beneficiosas para los interesados en el proyecto y el medio ambiente. Defiende un enfoque integrado y proactivo desde la concepción hasta la finalización del proyec-

to, que cumple los objetivos del mismo, maximizando las oportunidades para la naturaleza, en lugar de minimizar los impactos ecológicos (PIANC, 2011).

Soluciones Basadas en la Naturaleza y Ciudades Renaturalizadas (Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities)-Comisión Europea. Soluciones que se inspiran, apoyan o mimetizan a la naturaleza y que aportan beneficios ambientales, sociales y económicos. Amplia gama de áreas de aplicación, como los objetivos de: (1) potenciar la urbanización sostenible, (2) restaurar ecosistemas degradados, (3) desarrollar la adaptación al cambio climático y su mitigación, y (4) mejorar la gestión de riesgos y la resiliencia (EC, 2015).

Soluciones basadas en la naturaleza (Nature-based solutions)-Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Medidas basadas en los ecosistemas para hacer frente a los retos de la sociedad mediante la protección, la gestión o la restauración de los ecosistemas y el uso de sus servicios. No se limita a un solo ámbito de aplicación. Incluye diferentes enfoques, por ejemplo, restauración de ecosistemas, infraestructura basada en los ecosistemas y gestión basada en los ecosistemas (IUCN, 2016 y 2021 a).

Ingeniería Ecológica (Ecological Engineering)-Varios. Estrategias de adaptación costera que combinan estructuras de ingeniería y ecosistemas, teniendo en cuenta las funciones y los valores sociales del uso de las sinergias de las diferentes medidas, esforzándose por aumentar la protección costera y hacerla más flexible (Cheong *et al.,* 2013).

Contaminación por plásticos

Otro de los problemas de contaminación en los mares y costas es el plástico. Los ecosistemas costeros como son las playas, los pastos marinos, manglares y los arrecifes frecuentemente están invadidos de plásticos que es necesario retirar, sobre todo en las playas. Los microplásticos están pasando a formar parte de estos ecosistemas, como describen Huang *et al.* (2021) para los arrecifes y Harris (2020) para las playas. De acuerdo con Hudson (2017) del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), "se vierten aproximadamente de 8 a 20 millones de toneladas métricas de plástico a los mares y océanos anualmente, situación que genera distintos impactos tanto en la flora, fauna, microbiota, proceso ecológicos, así como en las personas..." Cumplir con el Objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS 14) es necesario, entre otras cosas, abordar el problema de la generación y deshecho de plásticos. Basta decir que en el mar hay islas del doble del tamaño de Texas, formadas por plásticos flotantes y que se han detectado playas cubiertas por plásticos como la playa Kamilo en Hawai (Case, 2019).

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente calcula que los plásticos que llegan a los océanos ya causan daños a los ecosistemas que ascienden a US$ 13 mil millones por año (Hudson, 2017). Las Naciones Unidas han emitido recomendaciones a todos los países para generar políticas públicas para la reducción de plásticos de un solo uso, a través del PNUD y el UNEP. En marzo del 2019, los 170 países pertenecientes a la UNEP, entre ellos México, que se reunieron en la IV Asamblea de la ONU para el Medio Ambiente en Nairobi, Kenia, se comprometieron a una reducción significativa de los productos plásticos de

un solo uso contenidos en bolsas, vasos, envases y cubiertos, entre otros objetos ampliamente utilizados. En este encuentro, se fijó la meta de una reducción significativa de los productos plásticos de uso único hacia 2030; ante la emergencia ambiental que está sufriendo el planeta al tener una acumulación de ocho millones de toneladas de residuos de plástico que se vierten en los océanos cada año.

Conclusiones

La revisión de las políticas y programas internacionales permite concluir que existen numerosas propuestas internacionales que permiten el desarrollo de trabajos conjuntos, compartir experiencias e información. Ello ha dado y sigue dando oportunidades a México para avanzar en sus políticas nacionales e instrumentar a nivel regional y local lo generado en estos programas. Sin embargo, no todos los ecosistemas están incluidos con el mismo vigor.

De manera específica:

- Existen varios espacios donde los países, manejadores, científicos y otros interesados en la salud de los arrecifes coralinos colaboran y cooperan y se ha logrado la protección de áreas marinas y especies clave. No obstante, falta una homogeneización o articulación de las legislaciones internacionales en temas de protección de los arrecifes de coral y sus zonas de influencia.
- Hay numerosos estudios científicos que hablan de la declinación de los pastos marinos en distintas regiones del planeta. Existen iniciativas internacionales que están impulsando el mapeo y el estudio de los pastos marinos en distintos países, usando protocolos que permiten las comparaciones. Hay carencia de medidas internacionales con esquemas de protección que impulsen la reducción de los factores que causan deterioro de las praderas de pastos marinos.
- Los manglares cuentan con programas internacionales de monitoreo, de los cuales están enfocados principalmente en la evaluación de la cobertura, extensión, condición e impactos tanto antropológicos como naturales. Se hace uso de herramientas de teledetección. Sin embargo, es necesario complementar los datos globales con información regional y local, permitiendo una mayor precisión para la toma de decisiones sobre las intervenciones de conservación, restauración y manejo, incluyendo estrategias de mercado para carbono azul.
- Los humedales costeros de agua dulce tienen gran relevancia a nivel mundial, y alrededor de la Convención Ramsar se han agrupado los programas y metodologías sugeridas para su conservación, monitoreo, manejo y restauración. Es aún necesario reconocer su vinculación estrecha con los manglares, su importancia en el almacenamiento de carbono en el suelo y alinear las políticas y programas con los de manglares, bajo una visión de humedales costeros.
- Existen pocos programas o instrumentos legales que se enfocan en la protección y uso adecuado de las playas arenosas y dunas costeras, a pesar de su extensión en el mundo, su relevancia desde el punto de vista turístico, y por tanto económico, y las condiciones actuales de erosión. A nivel internacional, se registraron solo tres ejemplos de programas con el objetivo de proteger y manejar adecuadamente las dunas costeras.
- En materia de contaminación, falta por resolver problemas relacionados con las descargas de aguas residuales al mar, así

como la acumulación de contaminantes emergentes como el plástico y microplásticos. Se habla mucho, pero se actúa poco, faltando regulaciones internacionales y nacionales al respecto.

- Finalmente, son insuficientes los programas de educación ambiental que permitan visualizar a los mares y océanos como el conjunto de ecosistemas que brinda mayor protección frente al cambio climático, como fuentes de alimentos y de energía, capacidad de regulación del clima y sobre todo de bienestar del propio ser humano, del planeta y de las especies que cohabitamos.

Políticas y programas nacionales

México cuenta con una legislación importante en materia ambiental que permite una gestión y uso sostenible de los ecosistemas costeros. Sin embargo, aún hay grandes vacíos y carencias. Algunas leyes, Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y herramientas se diseñaron para una aplicación específica en los ecosistemas costeros, pero la mayoría siguen manteniendo una misma visión para todo el territorio. No se ha desarrollado un marco regulatorio ni programas específicos para las zonas costeras, a pesar de ser la región más dinámica de la Tierra (Moreno-Casasola, 2016). Desde el punto de vista sociopolítico y económico (Picardat, 1999; Guevara, 2006), Mexico se sitúa como un país no litoralizado, cuya economía sigue basándose en el interior. Es apenas en las últimas décadas cuando ha ocurrido un mayor crecimiento de ciudades costeras (Gutiérrez de Macgregor y González, 1999) frecuentemente ligado a una actividad turística y un mayor desarrollo portuario (Padilla y Sotelo, 2010). No contamos con una ley de costas y estos vacíos hoy cobran mayor importancia frente al cambio climático, por el extenso litoral de México y su ubicación en el cinturón de huracanes.

I. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). La Ley marco de la protección ambiental en México es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF 28 enero 1988), la cual es reglamentaria, conforme a su artículo 1º, de las disposiciones constitucionales "que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción". Tiene por objeto "propiciar el desarrollo sustentable" y establecer las bases para "la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente" (fracción III, artículo 1º), así como la "preservación y protección de la biodiversidad" (fracción IV, artículo 1º). Los ecosistemas costeros se definen en su artículo 3º, mediante reforma publicada en el DOF (23 abril 2018):

El Artículo 3º plantea: Para los efectos de esta Ley se entiende por (XIII Bis.) - Ecosistemas costeros: Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral;

los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera, pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación.

De acuerdo con el Artículo 88 de la LGEEPA: "Para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas costeros se considerarán los siguientes criterios: I. Corresponde al Estado y a la sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico; II.- El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que comprenden los ecosistemas acuáticos deben realizarse de manera que no se afecte su equilibrio ecológico; III.- Para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos, y IV.- La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos." En esta misma Ley, en el artículo 86 bis 1, Fracción II, se establece "Promover las reservas de agua o la reserva ecológica para la preservación de los humedales"; mientras que en la Fracción IV se indica "Promover y realizar las acciones y medidas necesarias para rehabilitar o restaurar los humedales, así como para fijar un entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda, a efecto de preservar sus condiciones".

El *ordenamiento ecológico* es un proceso de planeación espacial cuyo objetivo es "la ocupación y utilización racional del territorio como base espacial de las estrategias de desarrollo socioeconómico y la preservación ambiental". Su acción regulatoria incluye a la zona costera. Los Ordenamientos Ecológicos del Territorio (OET) describen el ámbito territorial y objetivos de manejo (elaborado a partir de LGEEPA y la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano; DOF, 2018 y 2019) y son de varios tipos

- General incide en todo el territorio continental y tiene como propósito "…establecer una línea base para que las dependencia y entidades federativas formulen e instrumenten sus programas sectoriales"
- Regional (REG), nivel inter-estatal, incluye dos o más estados; base para proyectos de desarrollo.
- Estatal (EST), nivel estatal, incluye a todos los municipios dentro de un estado; base para proyectos de desarrollo y planeación metropolitana.
- Municipal (MUN), nivel municipal, involucra a un solo municipio; base para planes de urbanización.
- Marino nivel nacional, incide en la Zona Económica Exclusiva y una porción terrestre y busca conciliar el aprovechamiento entre actividades económicas primordiales en la costa mexicana: el turismo, la producción petrolera y la pesca (SEMARNAT, 2021 a).

Las unidades de gestión ambiental establecidas por programas de OET (así como las derivadas zonificaciones de planes urbanos y metropolitanos) son meramente orientativas: al no tener carácter vinculante, no se penaliza a los infractores que rebasan las zonificaciones (Sánchez-Salazar *et al.,* 2013).

El *Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (ANP),* se estableció en la LGEEPA (Artículo 76 Título Segundo, Capítulo I, sección IV), indicando que la SEMARNAT integraría dicho sistema con el propósito de incluir las áreas que por su biodiversidad y características ecológicas sean consideradas de especial relevancia en el país. A continuación, se enlistan las categorías de ANP ya que muchas de ellas incluyen ecosistemas costeros. Tres categorías - Área de Protección de Recursos Naturales (APRN), Monumentos Naturales (MN), y Áreas Privadas de Conservación (APC)-, no tienen representantes costeros:

- *Reserva de la biosfera (RB)*, áreas biogeográficas relevantes; de carácter regional,
- *Área de Protección de Flora y Fauna (APFF)*, hábitat importante para especies económicamente importantes, o endémicas o amenazadas; regional,
- *Santuario (SANT),* ecosistemas naturales de alta diversidad, características topográficas únicas; local o regional,
- *Parque Nacional (PN),* interés general para desarrollo socioeconómico; local.

Como parte de la creación de las ANP, se creó el *Programa de Manejo de las Áreas Naturales*, el cual es el instrumento rector de planeación y regulación que establece actividades, acciones y lineamientos básicos para la operación y administración del ANP. Se fundamenta en seis ejes principales: i) caracterización del sitio (biofísico y socioeconómico), ii) diagnóstico y problemática del área protegida con base en la evaluación del desarrollo socioeconómico local, municipal y regional, iii) líneas de acción organizadas en subprogramas de conservación directa e indirecta, iv) zonificación y los ordenamientos territoriales vigentes, v) reglas administrativas y vi) evaluación de la integración funcional del sistema.

II. Ley de Aguas Nacionales (LAN). En el plano nacional no hay programas o políticas ambientales enfocadas específicamente a humedales costeros de agua dulce, sino que estos están incluidos en instrumentos más generales como la Política Nacional de Humedales o el Inventario Nacional de Humedales. Conforme a la Política Nacional de Humedales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los humedales asociados a las aguas nacionales, referidas en el artículo 27 (Artículo 27.- La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada) de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, son propiedad de la nación y por lo tanto la regulación de las actividades y obras que se desarrollen en ellos es de jurisdicción federal. Debido a esta jurisdicción, se decreta la Ley de Aguas Nacionales (DOF diciembre 1992; última reforma DOF 11-05-2022), que tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. El Artículo 86 bis 1 establece que son atribuciones de la Comisión Nacional del Agua (por medio de los Organismos de Cuenca, o por sí misma): I. Delimitar y llevar el inventario de humedales, II. Promover las reservas de agua o la reserva ecológica para la preservación de los humedales, III. Proponer las NOM para preservar, proteger y restaurar los humedales, las aguas que los alimentan y los ecosistemas acuáticos e hidrológicos que forman parte de los mismos, IV. Promover y realizar las acciones

y medidas necesarias para rehabilitar o restaurar los humedales, así como para fijar un entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda, a efecto de preservar sus condiciones hidrológicas y el ecosistema, V. Otorgar permisos para desecar terrenos en humedales cuando se trate de aguas y bienes nacionales a su cargo, con fines de protección o para prevenir daños a la salud pública.

México todavía no cuenta con lineamientos, reglamentos o documentos oficiales debidamente publicados que permitan a la CONAGUA el ejercicio de estas facultades, únicamente se encuentran disponibles en la web los siguientes lineamientos, que no pueden considerarse como de aplicación oficial porque no se encuentran debidamente publicados en el Diario Oficial de la Federación:

- Lineamientos para la delimitación hidrológica y su perímetro de protección de los humedales (noviembre de 2013). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165390/Lineamientos_para_delimitacion_humedales-110510.pdf
- Lineamientos para la clasificación de humedales (noviembre de 2013 (CONANP, 2013).
- Inventario Nacional de Humedales (INH) disponible en la web (https://sigagis.conagua.gob.mx/humedales/), con un enfoque jerárquico con tres niveles: nivel 1 (nacional), usando cartografía a escala 1: 250,000; nivel 2 (regional), a escalas 1: 50,000; y nivel 3 (local), a escala 1: 20,000, con la descripción detallada de humedales específicos y que incluye verificación en campo. Estos documentos establecen que la clasificación de humedales solo "quedará representada cartográficamente para fines exclusivos del humedal, la cual sin su validación en campo y el informe correspondiente no podrá ser usado como oficial" (CONAGUA, 2013).

III. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Su última versión se publicó en el DOF el 28 de abril de 2022, con el fin de regular la protección, conservación, uso sustentable, restauración, aprovechamiento de los ecosistemas, recursos forestales y servicios ambientales, así como distribuir competencias en materia según corresponda. De acuerdo con el Artículo 7 bis, los manglares son considerados ecosistemas forestales de clima tropical en el que predominan especies leñosas que se desarrollan en forma espontánea y cuentan con las características para ser considerados terrenos forestales, basados en la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). De igual manera, la Ley integra un conjunto de principios, lineamientos y procedimientos para garantizar la aplicación de las salvaguardas y los derechos humanos, para reducir los riesgos sociales y ambientales, y asegurar el consentimiento previo e informado de ejidos, comunidades y pueblos indígenas, derecho de propiedad y posesión legítima, a fin de obtener un manejo óptimo de los ecosistemas forestales.

IV. Ley de Protección y Conservación del Ecosistema Manglar, y Reformas y Adiciones a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. La Ley reglamentaria de los artículos 4º, 27 y 73 fracción XXIX, inciso G, tiene por objeto, proteger, manejar, regular, restaurar y conservar el ecosistema manglar, su zona de transición y amortiguamiento y la biodiversidad que en él se desarrolla a través de mecanismos

técnicos y administrativos de concurrencia entre la Federación, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable (DOF 5 abril 2005). Todas las especies de manglar que se encuentran en el territorio nacional serán objeto de protección y conservación. Se incluyen dentro del ecosistema manglar las áreas taladas, abandonadas, reforestadas y en proceso de regeneración natural, así como las zonas de playas y bahías de mar y orillas de los ríos, y salitrales. Es responsabilidad del Estado garantizar a todos los ciudadanos y las familias que viven en el ecosistema del manglar, el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable como una condición esencial de la vida. Se crea el Consejo Nacional de Administración del Ecosistema Manglar como órgano consultivo de la CONAFOR, integrado por científicos e investigadores, el cual tendrá por objeto proponer las políticas y estrategias para el manejo del ecosistema manglar. Las especies faunísticas, la vegetación y todos los recursos complementarios del ecosistema de manglar en su zona de transición y amortiguamiento, podrán ser utilizados, exclusivamente para el uso artesanal de las comunidades y organizaciones locales del manglar, previo estudio y dictamen de impacto ambiental (Artículo 14, Capítulo I, Título III). Se prohíbe la tala y explotación del ecosistema manglar, su zona de transición y amortiguamiento (Artículo 15, Capítulo II), así como obstaculizar o interrumpir el flujo y reflujo normal de las aguas (Artículo 37, Capítulo III, Título V). Se adiciona una fracción VI al artículo 2º, "Son objetivos generales de esta Ley: Contribuir a la protección de los manglares". Se reforma la fracción I del artículo 4º "La conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, las cuencas hidrológicas forestales, así como de los humedales incluyendo las áreas salobres pobladas de manglares o de otras especies similares características" y se adiciona la fracción XVII al artículo 7º recorriéndose las demás, de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

V. Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Esta ley (DOF 3 julio 2000), también es reglamentaria del artículo 27 y de la fracción XXIX-G del artículo 73, ambos constitucionales, para establecer la concurrencia entre autoridades de los tres órdenes de gobierno, respecto a la "conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat". En su artículo 5º, la LGVS establece que "el objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país". Esta ley prohíbe el relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integridad del flujo hidrológico y las especies de manglar en México. En su Capítulo III se mencionan los criterios para establecer áreas de refugio para proteger especies acuáticas.

VI. Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables (LGPAS). Fue aprobada en el DOF (24 julio 2007), indica como objetivos en su Art. 2, capítulo III, establecer las bases para la ordenación, conservación, la protección, la repoblación y el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas, así como la protección y rehabilitación de los ecosistemas en que se encuentran dichos recursos. En el capí-

tulo IV, fijar las normas básicas para planear y regular el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas, en medios o ambientes seleccionados, controlados, naturales, acondicionados o artificiales, ya sea que realicen el ciclo biológico parcial o completo, en aguas marinas, continentales o salobres, así como en terrenos del dominio público o de propiedad privada.

En el Art. 9, Capítulo I. En áreas naturales protegidas, de acuerdo con la declaratoria de creación o el programa de manejo, emitir recomendaciones sustentadas, fundadas y motivadas, sobre los permisos y concesiones de pesca y acuacultura que se pretendan otorgar, así como los volúmenes de pesca incidental; III. Fomentar, promover áreas de protección, restauración, rehabilitación y conservación de los ecosistemas costeros, lagunarios y de aguas interiores, en los términos establecidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Finalmente, en el Art 32, Cap. II, introduce La Carta Nacional Pesquera, que es la presentación cartográfica y escrita que contiene el resumen de la información necesaria del diagnóstico y evaluación integral de la actividad pesquera y acuícola, así como de los indicadores sobre la disponibilidad y conservación de los recursos pesqueros y acuícolas, en aguas de jurisdicción federal.

VII. Ley General de Cambio Climático (LGCC). Dentro del marco de la Convención Marco de Naciones Unidas de Cambio Climático (CMNUCC), México fue el primer país en desarrollar e implementar la Ley General de Cambio Climático (LGCC) en 2012, dirigido por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Entre los objetivos de la LGCC se encuentra el "garantizar el derecho a un medio ambiente sano" en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático. En la formulación de la política nacional de cambio climático, el artículo 26 fracción XI señala que se observarán como uno de los principios la "conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad". Dentro de las acciones de adaptación al cambio climático, el artículo 30 fracción XVIII señala que es necesario "fortalecer la resistencia y resiliencia de los ecosistemas terrestres, playas, costas y zona federal marítimo terrestre, humedales, manglares, arrecifes, ecosistemas marinos y dulceacuícolas, mediante acciones para la restauración de la integridad y la conectividad ecológicas".

Dentro de los compromisos de México ante la CMNUCC, los bosques de manglar figuran como uno de los sumideros más importantes de GEI (gases de efecto invernadero), por su capacidad de almacenar carbono orgánico en sus suelos por largos periodos de tiempo. Por lo que, dentro del marco de la LGCC, se establecen compromisos para incrementar adaptación y reducir la vulnerabilidad al cambio climático, a través de fortalecer acciones de protección y restauración de ecosistemas y alcanzar una tasa cero de deforestación de ecosistemas clave como son los manglares.

VIII. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA). La LFRA regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por

el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. Expresamente señala a los arrecifes de coral cuando se trate de responsabilidad ambiental objetiva en su artículo 12: Será objetiva la responsabilidad ambiental, cuando los daños ocasionados al ambiente devengan directa o indirectamente de: II. El uso u operación de embarcaciones en arrecifes de coral.

IX. Ley General de Bienes Nacionales (FGBN). Otra política espacial relevante que repercute en la delimitación de las dunas costeras en la zona cercana a la playa, es la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) (Pontones-Brito, 2011), que establece el límite ambiental a una distancia de 20 m tierra adentro a partir de la máxima pleamar, incluyendo cuerpos de agua contiguos al mar, así como cayos y arrecifes (DOF, 2018). Este mismo límite también se aplica a la definición de manglares. Tiene gran importancia porque determina que ciertas porciones de los ecosistemas costeros están bajo la administración federal y que solamente pueden ser concesionadas o dadas en destino a los particulares, por lo que éstos no pueden ser dueños de las playas. Sin embargo, la ZOFEMAT es un instrumento regulatorio establecido bajo una visión administrativa, por lo que ambientalmente se convierte en un instrumento laxo, pues permite concesiones de diversos usos de suelo (ej. turismo, industria) en un ambiente ecotonal altamente dinámico. Permite (y a veces promueve) la modificación de ecosistemas de playa y duna, como son los terrenos ganados al mar que pueden azolvar ecosistemas marinos someros como arrecifes rocosos y coralinos (Gámez, 2008; Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano, 2013). Según Pontones-Brito (2011), la ZOFEMAT contiene varias particularidades que promueven una serie de incongruencias en la normativa aplicable, lo cual genera adversidades a las que los particulares se deben enfrentar: invasión de competencias entre autoridades; concesiones sobre las playas; libre acceso; acaparamiento.

Sus objetivos son un tanto contradictorios, pues por un lado buscan "…la protección, conservación y restauración del ambiente y sus recursos…", pero también "…fomentar actividades productivas…" (DOF, 2018). El fomento de dichas actividades productivas se logra a través de concesiones, las cuales permiten la transformación de las playas y dunas costeras mediante diversos usos de suelo (habitacional, industrial, infraestructura urbana, etc.) (DOF, 2018). De esta forma, las coberturas antrópicas desarrolladas por las concesiones no sólo tienen el potencial de alterar la dinámica de las dunas costeras (transporte de sedimentos), también pueden ser vulnerables a la dinámica misma y su cambio (erosión). Adicionalmente, tienen el potencial de transformar la línea de costa por medio de terrenos ganados al mar, redefiniendo la franja de la ZOFEMAT. En otros países la ZOFEMAT puede tener una franja mucho más amplia (ej. 50 m en España) y restringir cualquier actividad (Ley de Protección de Costa, España). Hasta la fecha no existe en México un análisis espacial de las coberturas de suelo dentro de la ZOFEMAT a nivel nacional y regional costero, sobre todo considerando su sobreposición con ANP y DOF.

X. Ley Federal del Mar (LFM). Esta Ley de jurisdicción federal, rige en las zonas marinas que forman parte del territorio nacional y, en lo aplicable, más allá de éste en

las zonas marinas donde la Nación ejerce derechos de soberanía, jurisdicciones y otros derechos. La Ley establece dentro de las aguas marinas interiores a los arrecifes (artículo 36), así como parte de la plataforma continental y las plataformas insulares mexicanas (artículo 62).

f) Código Penal Federal (CPF). Dentro del Título Vigésimo Quinto "Delitos contra el Ambiente y la Gestión Ambiental", en su Capítulo Segundo "de la Biodiversidad", el artículo 420 bis señala que se impondrá pena de dos a diez años de prisión y por el equivalente de trescientos a tres mil días de multa, a quien ilícitamente I. Dañe, deseque o rellene humedales, manglares, lagunas, esteros o pantanos; II. Dañe arrecifes, incrementando la pena cuando se trate el delito dentro de un área natural protegida. III. Introduzca o libere en el medio natural, algún ejemplar de flora o fauna exótica que perjudique a un ecosistema, o que dificulte, altere o afecte las especies nativas o migratorias en los ciclos naturales de su reproducción o migración. Se aplicará una pena adicional hasta de dos años de prisión y hasta mil días multa adicionales, cuando las conductas descritas en el presente artículo se realicen en o afecten un área natural protegida, o el autor o partícipe del delito previsto en la fracción IV, realice la conducta para obtener un lucro o beneficio económico.

XI. Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Existen diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que tienen incidencia directa respecto a la conservación de los ecosistemas costeros destacando las siguientes:

a) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental. Define las categorías de riesgo para especies nativas de flora y fauna y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Incluye la lista de especies en riesgo. En esta NOM se encuentran enlistados una serie de corales amenazados en distintas categorías de riesgo. Las especies de manglar presentes en México (*Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) se encuentran bajo la categoría de "amenazada" (en la NOM previa aparecían como "protección especial"). Algunas especies de pastos marinos recientemente fueron incluidas en esta NOM. Muy pocas especies de plantas de humedales costeros de agua dulce y dunas se encuentran enlistadas en esta NOM. en cambio si están especies que habitan o utilizan ocasional o permanentemente estos ecosistemas, como la liebre del Tehuantepec (*Lepus flavigularis*), endémica de dunas costeras de Oaxaca; la mayoría de las tortugas de agua dulce de la región costera (por ejemplo, *Rhinoclemmys pulcherrima*, *Dermatemys mawii*), las tres especies de cocodrilo (Orden Crocodylia) del país y varias especies de peces, algunas de ellas endémicas, como el catán pinto o pejelagarto (*Lepisosteus oculatus*) o el pez espada de Catemaco (*Xiphophorus milleri*).

b) Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

c) Normas de aprovechamiento de especies pesqueras: NOM-006-PESC-1993 (langosta); *NOM-008-PESC-1993* (pulpo); *NOM-013-PESC-1994* (caracol)*; y NOM-029-PESC-2006* (tiburones y rayas).

d) Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas, garantizando el

mantenimiento del agua de escurrimiento superficial que llega a la parte baja de las cuencas, donde se ubican los humedales.

e) Norma Oficial Mexicana NOM-*05-*TUR-*2003*, requisitos mínimos de seguridad a que deben sujetarse las operadoras de buceo para garantizar la prestación del servicio.

XII. Consorcio de Investigación de Golfo de México (CIGOM). Generó proyectos para elaborar los Atlas de Línea Base Ambiental del Golfo de México (https://atlascigom.cicese.mx/). Se centró principalmente en la Zona Económica Exclusiva de México y es un esfuerzo histórico de investigación, para conocer a fondo el golfo de México. Esta región es de importancia estratégica ya que abastece de recursos naturales, alberga alta biodiversidad, sustenta el turismo, y provee de servicios ecosistémicos, lo cual lo liga íntimamente al bienestar social y la economía nacional. Está integrado por once tomos que muestran las condiciones predominantes del clima, la circulación y el oleaje, así como patrones hidrográficos, bio-geoquímicos, biológicos y ecológicos. Por su envergadura, representa hasta ahora la más extensa caracterización oceanográfica del país y es una herramienta indispensable para la planificación y toma de decisiones (Herzka *et al.,* 2021). La Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático (INECC-SEMARNAT) generó una línea de trabajo para el Fortalecimiento de la línea base del Golfo de México: indicadores de estado de salud de las comunidades de pastos marinos, distribución, extensión, composición florística y condiciones de salud de las praderas de pastos marinos. Ahora se cuenta con un registro georreferenciado de la distribución y composición florística y condiciones ecológicas en casi todo el golfo de México y el Caribe, pero aún hay vacíos. Recientemente editó una serie de volúmenes dedicados a los derrames de hidrocarburos.

XIII. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En 2005 inició el programa de Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), con el uso de imágenes satelitales y fotografías aéreas para la elaboración de mapas de distribución y las tasas de cambio en la cobertura de los manglares en México. El proyecto se enmarca en mejorar nuestras estrategias de desarrollo sustentable, disponiendo para ello de una cartografía que permita trazar planes de conservación, manejo y rehabilitación de los manglares del país, considerando las particularidades y características regionales. En 2008, se publica la primera edición de "Manglares de México", la cual permitió contar con una línea base para el monitoreo continuo de este ecosistema (CONABIO, 2009), y que el SMMM ha permitido dar continuidad para determinar los cambios de cobertura de manglar. Su última actualización realizada en el 2021 destaca la reclasificación de 83 791 ha de manglar en Quintana Roo, que antes se encontraban categorizados como "otros humedales", lo que recalca la importancia del desarrollo tecnológico a favor de la conservación y el manejo sustentable (Velázquez-Salazar *et al.,* 2021).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, elaboró la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal (EMCV) (CONABIO, 2012). Esto sentó lineamientos para documentar e integrar la información relativa a la diversidad vegetal, conservar la diversidad vegetal y utilizar de forma sostenible dicha

diversidad, propiciar el reparto justo de sus beneficios, promover la educación y concientización acerca de la diversidad vegetal y crear y fortalecer las capacidades para la conservación de la diversidad vegetal, con acciones específicas en ANP. Se plantea lograr que 60% de las especies de plantas mexicanas en alguna categoría de riesgo, se encuentren conservadas *in situ* de manera efectiva e implementar programas de manejo, control y erradicación de 10 % de las especies de plantas invasoras.

XIV. Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Este consejo actúa como el punto focal de la SEMARNAT para atender la Convención de Ramsar, Patrimonio Mundial (Natural) y Programas específicos de la CDB, y las Reservas de la Biosfera del MAB. Desde el 2004, el Comité Nacional de Humedales (CNH) es un órgano consultivo conformado bajo acuerdo de CONANP, para coordinar la aplicación de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Especies Acuáticas en México (Convención de Ramsar). Así mismo, se integró la Política Nacional de Humedales bajo los Lineamientos para elaborar y aplicar políticas nacionales de humedales (Ramsar, 1999). En México hay numerosas reservas de biosfera con ecosistemas costeros, y el tema se revisa en el siguiente apartado.

Arrecifes

En la región de la península de Yucatán y Caribe Mexicano existen 14 áreas marinas protegidas federales que incluyen arrecifes y ecosistemas marino costeros claves: siete Parques Nacionales, dos Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) y cinco Reservas de la Biósfera. Como resultado, el 98 % del mar territorial de Quintana Roo se encuentra bajo alguna figura de manejo y protección y el 18 % de los arrecifes se encuentran totalmente protegidos (incluyendo zonas núcleos, zonas de protección total y zonas de refugio pesquero) (Ecoaudit of the Mesoamerican Reef Countries, Healthy Reefs for Healthy People, 2021. https://www.healthyreefs.org/cms/latest-reports/). En el Pacífico Mexicano existen varias comunidades coralinas en sitios particulares en la costa y en algunas islas. Los principales sitios se encuentran dentro de áreas marinas protegidas incluyendo: siete Parques Nacionales, un Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), una Reserva de la Biosfera y un Santuario (https://costasalvaje.org/wp-content/uploads/2021/07/Estado-de-conservacion-de-corales.pdf). En la región del golfo de México existen arrecifes de plataforma, que están incluidos en áreas marinas protegidas: un Parque Nacional y también reserva de la biosfera y un Área de Protección de Flora y Fauna.

Manglares

De la extensión total de manglar en México, 79 % se encuentra en áreas naturales protegidas (ANP), ya sea a nivel federal o estatal o bajo la categoría Ramsar. En la última década (2010-2020) el área total de manglares en ANP incrementó 156 141 ha a nivel nacional, de las cuales destacan el área reclasificada como manglar en Quintana Roo y 18 017 ha nuevas bajo protección en Yucatán; mientras que en Nayarit se perdió la protección de 1 183 ha de manglar (figura 2).

El manejo sustentable en los bosques de manglar se puede observar desde dos vertientes, a) un eje ambiental, donde su principal atención se inclina al cuidado de la biodiversidad, los suelos, fauna, hidrología, entre otros y; b) desde un eje económico, que se refiere a los bienes y productos que

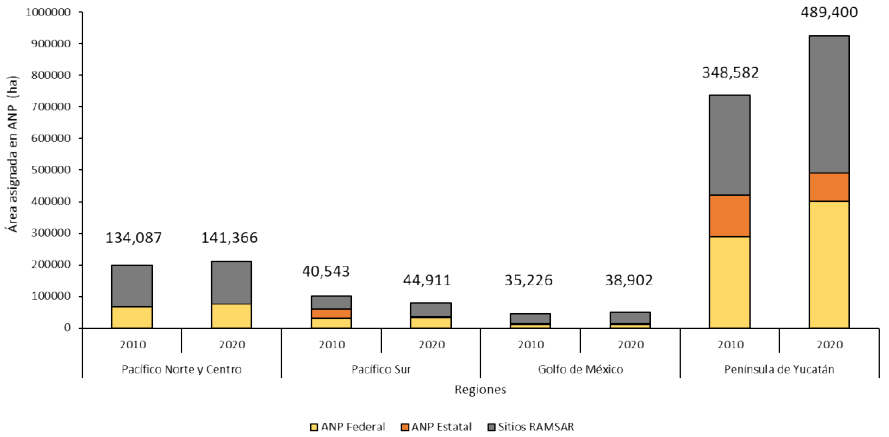

Figura 2. Áreas asignadas en ANPs. Los datos de las columnas no consideran las áreas compartidas bajo diferentes categorías de protección. Las cifras sobre las columnas indican las hectáreas totales de área bajo algún estatus de protección en México, considerando las áreas que se encuentran bajo más de un estatus de protección (ANP federal, estatal o bajo categorías Ramsar).

proporcionan, por ejemplo: recursos forestales, pesca, purificación de agua, ecoturismo, miel, entre otros. Sin embargo, su extensión sigue disminuyendo debido al cambio de uso de suelo, principalmente por desarrollos turísticos, que fomentan desarrollo de infraestructuras hoteleras no sustentables, atentando contra la integridad ecológica de los manglares, pasando por alto leyes y prohibiciones legales (Flores-Mejía *et al.,* 2010).

Humedales de agua dulce

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) que incluyen grandes extensiones de estos ecosistemas dentro de su delimitación, como son la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (ANP Federal) en Tabasco y Campeche, o la Zona de Conservación Ecológica Ciénaga del Fuerte (ANP Estatal en Tecolutla, Veracruz), no siempre cuentan con Programa de Manejo o financiamiento que asegure la aplicación de estos Programas. Estas ANP son altamente vulnerables a incendios provocados por actividades ganaderas de los terrenos vecinos o por los cazadores de tortugas durante la época seca (Guevara Chumacero *et al.,* 2017).

Dunas costeras

Para conocer la extensión y nivel de protección con el que cuentan las dunas costeras de México, se analizaron dos tipos de políticas espaciales que tienen influencia sobre los recursos naturales, ya sea en relación con la conservación de áreas naturales (Áreas Naturales Protegidas, ANP) o con la planeación de usos del suelo (coberturas antrópicas; Ordenamientos Ecológicos de Territorio, OET) (DOF, 2018 y 2019; Rivera-Arriaga y Villalobos, 2001; Saavedra-Vázquez, 2004; Zárate-Lomelí, 2004; Álvarez-Icaza *et al.,* 2008). Ambos instrumentos forman parte de la regulación de las dunas costeras a través de una serie de categorías con diferentes alcances espaciales y objetivos de manejo. Las categorías de las ANP siguen la clasificación de la Unión

Internacional de la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2021 b) y se enfocan en la protección de los ecosistemas naturales. Por otro lado, los OET son instrumentos de la política ambiental que se utilizan en los procesos de planeación y cuyo objetivo es encontrar un patrón de ocupación y uso del territorio que maximice el consenso y minimice el conflicto entre los diferentes sectores sociales y las autoridades en una región.

A partir de los polígonos delimitados para cada instrumento (CONANP, 2021; SEMARNAT, 2021 b), se determinó la extensión de dunas costeras reguladas por cada uno. El 46.4% de la superficie de dunas costeras se encuentran reguladas por ANP (3 674.3 km^2), mientras que 40.3 % son reguladas por OET (3 192.9 km^2). Estas cifras no son acumulativas, pues la jurisdicción de ambas políticas espaciales puede sobreponerse en un mismo territorio. La mayor extensión de dunas costeras mexicanas incluidas en ANP, se encuentra en las regiones Californiana y Golfo Noroeste (61 % y 22 %, respectivamente; tabla 1). Por otro lado, las categorías de ANP donde está incluida una mayor superficie de dunas costeras son las Reservas de la Biosfera (71 %) y las Áreas de Protección de Flora y Fauna (28 %).

Por otro lado, las regiones con el mayor porcentaje de dunas costeras reguladas por OET son el Golfo Noroeste (34 %) y la Panámica (18 %) (tabla 2). Es decir, el mayor porcentaje de dunas costeras reguladas por OET se encuentran en estas regiones. Así mismo, las categorías de OET que más contribuyen a la regulación de usos de suelo de las dunas costeras son la Estatal (58 %) y la Regional (36 %). Las categorías de OET muestran un alto grado de superposición. Es decir, la superficie de dunas costeras se encuentra regulada por dos o más categorías, por lo que estas cifras pueden estar sobrerrepresentadas. Esto es debido a que muchas veces la extensión de las dunas incluidas en OET se comparten entre dos o más categorías.

Pastos marinos

De acuerdo a la información disponible, México cuenta con una riqueza de 11 especies de pastos marinos. En las costas del océano Pacífico se han documentado cin-

Tabla 1. Superficie de dunas costeras incluidas dentro de Áreas Naturales Protegidas (ha). RB = Reserva de la Biósfera; APFF = Área de Protección de Flora y Fauna; SANT = Santuario; PN = Parque Nacional; ANP = Área Natural Protegida.

Región costera	RB	APFF	SANT	PN	% ANP**
Californiana	202 282	21 168	-	-	6 081
Mar de Cortés	22 305	18 977	98	39	1 127
Pacífico Centro	51	-	863	1 332	61
Panámica	9 817	-	202	5	273
Golfo Noroeste	18 971	61 755	62	5	2,199
Plataforma de Yucatán	6 086	25	248	-	173
Caribeña	2 871	201	-	69	86
% ANP**	7 141	2 779	40	40	

Tabla 2. Superficie (ha) de dunas incluidas dentro de Ordenamientos Ecológicos de Territorio (OET), de acuerdo con diferentes ámbitos territoriales: REG = Regional; EST = Estatal; MUN = Municipal.

Región costera	REG	EST	MUN	% OET
Californiana	-	23 624	-	740
Mar de Cortés	45 991	2 234	-	1 510
Pacífico Centro	15 139	22 244	9 945	1 482
Panámica	4 442	52 207	-	1 774
Golfo Noroeste	31 999	74 211	612	3 346
Plataforma de Yucatán	12 175	10 936	4 335	860
Caribeña	3 968	-	5 236	288
% OET	3,561	5,808	630	

co especies, siete en el golfo de México, y cuatro en el mar Caribe (Ibarra-Obando y Ríos, 1993). De acuerdo con la NOM-SEMARNAT-059 2010, cuatro de estas especies están protegidas y cuatro se consideran amenazadas. Adicionalmente, estudios recientes han permitido diferenciar una nueva especie, *Ruppia mexicana* n sp., a lo largo de la península de Yucatán (den Hartog *et al.,* 2016). México cuenta con pastos marinos de clima templado en el golfo de California y, aunque se reconoce la existencia de amplias praderas, éstas no están cartografiadas. Lo que sí se ha identificado en las poblaciones de pastos de esta región es que están amenazadas por la escorrentía de tierras agrícolas y, por lo tanto, se requiere implementar medidas de protección a escala de cuenca. Para la región tropical se ha documentado la importancia de los pastos marinos en Yucatán y la costa del golfo de México, donde se presentan extensas praderas combinadas con algas marinas, en su mayoría especies clímax con gran capacidad para almacenar carbono (CEC, 2016). En la región del Caribe la prevalencia de las praderas de pastos marinos está comprometida por el modelo de desarrollo turístico masivo que inició a mediados de los 70s. La rápida pérdida de cobertura de pastos que ha experimentado esta región podría ser de hasta el 50 % de su cobertura original, por lo que es urgente un plan de protección para la zona (Herrera-Silveira *et al.,* 2017).

XV. Restauración: Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Tanto las ANP como otras zonas fuera de ellas pueden optar por recursos federales para su protección, como ha sido el acceso a fondos del Programa de Restauración y Compensación Ambiental de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el Programa para la Protección y Restauración de Ecosistemas y Especies en Riesgo (PROREST), o el Programas de Adaptación al Cambio Climático (PACC) en Áreas Naturales Protegidas de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), o el Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Existen varios ejemplos de ello como es la restauración del manglar en Tuxpan, lagunas de Tamiahua y Alvarado. Los trabajos consisten en la rehabilitación hidrológica por suelos colapsados, aper-

tura y mantenimiento de canales, además de plantaciones en nucleos o montículos hechos de sedimentos, hojarasca y restos vegetales de unos 50 cm de altura. Para selvas inundables costeras, solamente se han desarrollado acciones de restauración en Ciénaga del Fuerte, Tecolutla, Veracruz.

Cabe decir que actualmente no existe un programa nacional de restauración para ecosistemas arrecifales. Existen varias iniciativas de restauración de arrecifes que se ejecutan en México, y que iniciaron a partir de la necesidad de restaurar arrecifes dañados por huracanes. El primer esfuerzo colaborativo se dio a partir de un proyecto financiado por la CONABIO para establecer un programa interdisciplinario de restauración activa para compensar daños antropogénicos en arrecifes coralinos del Caribe Mexicano (Padilla Souza *et al.,* 2018). A partir de esta experiencia, el Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA) lleva a cabo un programa en donde se han desarrollado técnicas innovadoras de producción de corales y acciones relevantes para la recuperación de áreas arrecifales en el norte de Quintana Roo (Padilla Souza *et al.,* 2021). El laboratorio de Investigación Integral para la Conservación de Arrecifes Coralium de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) lleva a cabo un extenso proyecto de producción de reclutas sexuales de corales para la restauración de arrecifes dañados y desarrolló una guía práctica para la restauración coralina con base en la reproducción de reclutas sexuales (Banaszak *et al.,* 2018). También cabe señalar la extensa labor en restauración que ha llevado a cabo la ONG Oceanus A.C. en diversos arrecifes de México (https://oceanus.org.mx/). En el Sistema Arrecifal Mesoamericano trabaja la de Restauración Arrecifal (https://coralmar.org/) cfomentando la colaboración y la transferencia de tecnología entre los países (México, Guatemala, Belice y Honduras) para que la restauración logre resultados significativos a escalas relevantes para los arrecifes en su función de proteger las costas, soportar las pesquerías y servir como motores económicos para las comunidades costeras; con esta finalidad se está trabajando para desarrollar un Plan Estratégico 2021-2026 (https://coralmar.org/govenance-docs/). En los últimos años, resalta la implementación de una novedosa herramienta para atender las necesidades de fondos para rescate y restauración de arrecifes después del embate de huracanes en las costas del SAM, a través del diseño de un seguro paramétrico, cuya póliza fue adquirida por primera vez para operar en México en el año 2020, a través de fondos internacionales, y en el año 2021 por el propio Gobierno del Estado de Quintana Roo. Dicho esquema está diseñado para replicarse en los otros países del SAM (http://marfund.org/es/wp-content/uploads/2021/02/Hoja-informativa-Modelo-de-Seguro-Param%C3%A9trico.pdf).

Para playas y dunas costeras también existen pocos ejemplos. En Cancún, Q. Roo, se han realizado proyectos de alimentación de playas que han permitido recuperar parte de la zona arenosa (Martell *et al.,* 2020). En dunas costeras en Veracruz se restauró la topografía del sistema de dunas y se probaron distintos métodos de cobertura vegetal, con el fin de inmovilizar la arena durante los nortes (Moreno-Casasola *et al.,* 2013).

XVI. Estrategia de Cambio Climático para las Áreas Naturales Protegidas (ECCAP). Se creó dentro de la CONANP, en el contexto de la LGCC. Busca identificar lineamientos para fortalecer la resiliencia de

los sistemas socio-ecológicos de México a través de la conservación y el manejo de las áreas naturales protegidas y sus paisajes circundantes. La ECCAP es un esfuerzo de transversalización del enfoque de Adaptación basado en Ecosistemas (AbE). Está diseñado a manera de invitación para lograr la colaboración entre los diferentes sectores sociales y niveles de gobierno. Su objetivo es fortalecer la resiliencia al cambio al cambio climático a través del manejo de las áreas naturales protegidas y de sus ecosistemas y a través del desarrollo de capacidades institucionales. Ejemplo de ello es el Programa de Adaptación al Cambio Climático en el Complejo Marismas Nacionales, Programa de Adaptación al Cambio Climático Corredor Isla Mujeres Puerto Morelos, entre otros. Para ello se creó una Herramienta para la elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático (PACC) en Áreas Naturales Protegidas.

XVII. Compromisos Nacionalmente Determinados (CND). Son los compromisos asumidos por los países para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la adaptación al cambio climático, de acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El ahora extinto Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC) ha realizado diversos talleres para la inclusión de los manglares, pastos marinos y marismas (carbono azul) en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y en las CDN. The Nature Conservancy (TNC) ha trazado una hoja de ruta para avanzar. En este sentido, los manglares ofrecen la oportunidad de desarrollos de carbono azul (Herrera-Silveira *et al.,* 2016) que permiten, bajo el enfoque AbE, la conservación y el manejo sustentable de los manglares, a la vez que se generan bonos de carbono que pueden entrar en mercados nacionales e internacionales de carbono. Los humedales costeros de agua dulce (selvas inundables, popales y tulares) también almacenan grandes cantidades de carbono en el suelo (Sjögersten *et al.,* 2021); sin embargo no han sido incluidos en una estrategia nacional de uso sustentable o de mitigación del cambio climático.

XVIII. Playas Limpias. En abril de 2003 se inició el Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Agua en Playas Mexicanas mediante el esfuerzo conjunto de las Secretarías de Marina, Medio Ambiente y Recursos Naturales, Salud y Turismo. El Programa de Playas Limpias (SEMARNAT) monitorea la calidad del agua de las playas más concurridas del país.

Actualmente, las autoridades estatales de salud, realizan los muestreos y análisis del agua en varias playas de cada uno de los 17 estados costeros de México. Las playas que se analizan actualmente son: Baja California (Tijuana, Ensenada, Rosarito, San Felipe), Baja California Sur (La Paz, Loreto, Los Cabos, Puerto San Carlos), Capeche (Ciudad del Carmen, Campeche, Champotón, Kalkiní), Chiapas (Tonalá, Tapachula), Colima (Armería, Manzanillo, Tecomán), Guerrero (Acapulco, Copala, Ixtapa, Marquelia, Zihuatanejo), Jalisco (Puerto Vallarta), Michoacán (Aquila, Coahuayana, Lázaro Cárdenas), Nayarit (Bahía de Banderas, Compostela, San Blas, Santiago Ixcuintla, Tecuala), Oaxaca (Huatulco, Puerto Angel, Puerto Escondido), Quintana Roo (Cancún, Cozumel, Isla Mujeres, Othón P. Blanco, Riviera Maya, Tulum), Sinaloa (Bahía de Altata, Mazatlán, Guasave, Los Mochis, Culiacán, Escuinapa), Sonora (Bahía de Kino, Guay-

mas, Huatabampo, Puerto Peñasco, San Luis Río Colorado), Tabasco (Cárdenas, Centla, Paraíso), Tamaulipas (Aldama, Ciudad Madero, Matamoros, Soto La Marina), Veracruz (Veracruz), Yucatán (Telchac, Progreso, Celestún, Sisal, Dzemul, Sinanché, Yobaín, Dzidzantún, Dzilam-Bravo, Ría Lagartos, Ixil).

Vacíos, amenazas y oportunidades

México es un país que sigue funcionando bajo una visión de tierra adentro, es decir de los altiplanos. Económicamente se ve hacia la costa para realizar diversas actividades, pero no se concibe como un territorio que deba ser manejado técnica, social y legalmente de manera distinta. El manejo costero se ha dado mediante una visión fragmentada de las leyes, políticas y de los propios ecosistemas. En México, la ZOFEMAT, los Ordenamientos Ecológicos y las Áreas Naturales Protegidas representan una gobernanza fragmentada que dificulta un manejo integral de la zona costera. La incipiente Ley de Costas contribuiría notablemente con el manejo integrado de estos ambientes.

Algunos ecosistemas costeros, principalmente los manglares, se han incluido en políticas, programas y financiamiento que han tenido repercusiones importantes para su conservación, manejo, restauración y desarrollo sustentable de comunidades ligadas a ellos. Así mismo, se ha promovido la conservación y restauración de estos ecosistemas. Este tipo de acciones comienza a detonarse para los sistemas arrecifales. Ambos tipos de ecosistemas tienen una fuerte presencia en las ANP federales.

Los humedales tienen la cobertura de la Convención Ramsar, y al ser nuestro país signatario de este Convenio, los imbrica en las instituciones nacionales. Sin embargo, no hay mecanismos que haga obligatorios los acuerdos que se suscriben al interior de las instituciones gubernamentales, excepto en el caso de los manglares. Los pastos marinos comienzan a ser parte del interés de CONABIO y se ha iniciado su mapeo. Sin embargo, hay grandes vacíos.

En contraste con lo anterior, no existen en el plano internacional ni nacional, programas o políticas ambientales enfocadas específicamente a playas y dunas costeras. En el contexto nacional, éstos están incluidos en instrumentos más generales que no garantizan un manejo y protección adecuados. En 2013, SEMARNAT publicó el documento "Manejo de Ecosistemas de Dunas Costeras, Criterios Ecológicos y Estrategias" (http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium-bin/janiumloginopac.pl?find&fichano=225712). La CONAFOR publicó el Diagnóstico de las dunas costeras de México (Martínez *et al.,* 2014), recopilando la información existente sobre este ecosistema incluyendo un análisis por cada entidad federativa costera (https://www.cienagasyhumedales.org/publicaciones-playas-y-dunas).

Un tema adicional, que es relevante atender, es la problemática ambiental de las zonas costeras en México. En particular, las poblaciones costeras son especialmente vulnerables a los efectos de los fenómenos climáticos cuando hay ausencia de servicios ecosistémicos de protección (por ejemplo, pastos marinos, dunas, arrecifes de coral),

más aún si están cerca de la línea de costa y a menor altura sobre el nivel del mar (Cruz *et al.,* 2019; Silva *et al.,* 2021).

Según el censo de 2010, la población de México era de 112 336 538 habitantes, y los estados costeros tenían el 46.2 % de la población nacional. Considerando una franja de 10 km de ancho a partir del nivel medio del mar, la población costera representa el 5.7 % del total nacional (91.16 % urbana y 8.84 % rural). Esta población se encuentra distribuida en 1 108 localidades (11.1 % urbana y 88.90 % rural) ocupando un área de 86 130 km^2 (4.38 % del territorio nacional).

En términos de la erosión de costas, existen pocos estudios para México que abarquen una escala nacional. Valderrama *et al.* (2019) identificaron un predominio general de los procesos de erosión sobre los de acreción, siendo las playas arenosas las zonas más afectadas. A pesar de ello no se tienen sistemas de monitoreo costero que puedan servir como base para poder diagnosticar sus causas y las posibles intervenciones que deben realizarse para mitigar el riesgo a las comunidades, la economía y los procesos naturales.

Lo vacíos y oportunidades expuestos en párrafos anteriores son solamente algunos ejemplos de la problemática ambiental de las costas mexicanas. Es evidente la urgente necesidad de contar con una visión costero/marina donde se integre el funcionamiento y la dinámica e interacciones de los ecosistemas costeros con los temas de manejo, conservación y restauración. Sin duda, es un gran reto. Esto se debe parcialmente a que hay estrechos vínculos e interdependencias entre estos ecosistemas que son fundamentales vínculos e interdependencias los cuales son fundamentales por la protección que brindan a la sociedad y a los medios de producción. Solo una visión integral de la zona costera, en la que se alineen las políticas, las instituciones y los programas, permitirá generar políticas públicas que garanticen la vida de personas y ecosistemas en las costas mexicanas.

Así mismo, es fundamental abordar otros temas relacionados con el manejo y conservación de las zonas costeras, como es el uso de técnicas sustentables y amigables con el ambiente. Ejemplo de ellos son las soluciones basadas en la naturaleza, y otros impactos apremiantes, como el de la contaminación por plásticos. Es imperante y urgente que todos los países establezcan políticas públicas y generen tecnologías que permitan cumplir los ODS, en específico el 14 para el tema de los plásticos, con el fin de detener y revertir la contaminación por plástico y otros compuestos en océanos y costas. De lo contrario seremos la primera especie que provoque su destrucción y la del planeta en el que habita, demostrando así la dicotomía de su inteligencia, donde por un lado puede generar polímeros innovadores que facilitan y resuelven los problemas a los que se enfrenta, pero a la vez provoca su autodestrucción.

Es urgente establecer medidas de adaptación informadas y eficaces que gestionen de forma sostenible nuestras costas y en particular los flujos de sedimentos relacionados con ellas. Para enfrentar el cambio climático y la erosión de nuestras playas y dunas es urgente trabajar en normas oficiales mexicanas que regulen la construcción y materiales usados en estos ecosistemas, en zonas turísticas, en zonas urbanas y también en las playas y dunas que actualmente son rurales. Es fundamental convertir la ZOFEMAT en un instrumento ambiental moderno, que permita la protección de los ecosistemas de playas, dunas y manglares, y

reconocerlos como el primer frente de protección frente al impacto del cambio climático, como un bien común que beneficia a todos los mexicanos.

Nuevas actividades productivas están surgiendo en el trópico húmedo, como es la minería a cielo abierto. La Ley Minera de México establece en el Artículo 6.- La exploración, explotación y beneficio de los minerales o sustancias a que se refiere esta Ley son de utilidad pública, serán preferentes sobre cualquier otro uso o aprovechamiento del terreno, con sujeción a las condiciones que establece la misma, y únicamente por ley de carácter federal podrán establecerse contribuciones que graven estas actividades. Esto ha permitido que, al menos hasta mayo de 2021 (Presidencia de la República, 2021), de 142 ANP en superficie terrestre, 68 tengan concesiones mineras (1.5 millones de ha, que equivalen al 7.7% del total de la superficie protegida). Algunos ejemplos ANP establecidas en cuencas costeras y que en su territorio tienen concesiones mineras son las Reservas de la Biósfera El Vizcaíno (Baja California Sur), Los Tuxtlas (Veracruz), Marismas Nacionales (Nayarit) y La Sepultura (Chiapas) (Boni *et al.,* 2019; Godínez-Gómez *et al.,* 2020; Soares *et al.,* 2005). Ya las afectaciones por la minería en cuencas hidrológicas costeras han repercutido en la contaminación del agua, deforestación y aumento de sedimentos hacia la costa. Los instrumentos que rigen estas actividades fueron desarrollados para condiciones de aridez y no de lluvias torrenciales, como las del trópico costero, que pueden generar incidentes por desbordamiento de presas de jales con residuos tóxicos.

Acciones regionales y locales

Zona costera y marina

Existen numerosos artículos y libros sobre la zona costera de México y sus ecosistemas costeros y marinos. Vale la pena resaltar tres esfuerzos a través de los cuales periódicamente se publican libros con este contenido.

- La Red Internacional de Costas y Mares (RICOMAR) ha publicado diversos libros sobre temas costeros, con énfasis en manejo y gobernanza y edita la revisa Jaina (Costas y mares ante el cambio climático). Más información en https://www.redicomar.com/
- CIGoM es un consorcio formado por un grupo de investigadores e instituciones que trabajan en el golfo de México. Han generado numerosos artículos y libros sobre diversos temas marinos de esta región. Más información en https://cigom.org/en/
- Se está generando una colección de libros sobre la zona costera de Veracruz, describiendo las características, ecosistemas y dinámicas de cada municipio. Se pueden descargar en la página http://www.cienagasyhumedales.org.

Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos de la península de Yucatán y del golfo de México se inscriben en una región más amplia: la cuenca del Gran Caribe, compuesta por 26 países miembros de las Naciones Unidas. Numerosas iniciativas de colaboración entre los países del Caribe han surgido con la meta de ampliar los conocimientos sobre estos ecosistemas y fortalecer la cooperación y las

capacidades de protección y manejo en la región del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Han surgido varias iniciativas de colaboración para la ciencia, el manejo y la protección de los arrecifes de coral, la mayoría apoyadas por organismos internacionales como el Fondo para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (MARFund por sus siglas en inglés), el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, las Naciones Unidas, la CCAD, la KFW-GIZ y el FFEM entre otros. Así, resalta la implementación de una novedosa herramienta para atender las necesidades de fondos para rescate y restauración de arrecifes después del embate de huracanes tropicales en las costas del SAM a través del diseño de un seguro paramétrico cuya póliza fue en primera instancia obtenida gracias a la aportación de fondos internacionales y en segunda ocasión adquirida por el propio Gobierno del Estado de Quintana Roo. Dicho esquema está diseñado para replicarse en los otros países del SAM. Como fue expuesto anteriormente, numerosas amenazas a los arrecifes provienen de cuenca arriba, donde las malas prácticas generan graves impactos sobre su salud. Por ello, el Proyecto "Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano (MAR2R)" financiado por el Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF, siglas en inglés) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF siglas en inglés), como agencia implementadora, busca fortalecer la colaboración regional para la gestión integrada de la cuenca al arrecife de la ecorregión del SAM, demostrando sus ventajas y mejorando las capacidades regionales, nacionales y locales para la gestión y gobernabilidad integrada de sus recursos de agua dulce, costeros y marinos. La generación de conocimiento a través, entre otras herramientas, del monitoreo de salud arrecifal también ha sido clave para informar las decisiones de manejo y conservación, destacando iniciativas como HRI, MBRS, GCRMN y CARICOMP. Para fortalecer dicho manejo, es importante crear redes y propiciar el intercambio de experiencias y conocimientos. En efecto, MPAConnect es una red de aprendizaje de manejadores y profesionales de Áreas Marinas Protegidas en el Caribe que trabaja para fortalecer la efectividad de manejo al abordar las necesidades de capacidad específicas de AMP individuales a través de una variedad de medios. Esta asociación entre la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), a través de su Programa de Conservación de Arrecifes de Coral, y el Instituto de Pesca del Golfo y el Caribe (GCFI) trabaja en la construcción de una red de unas 32 AMP de 11 países y territorios de la región del Gran Caribe.

Pastos marinos

A nivel regional el registro de los pastos marinos no está completo. Existen omisiones como la laguna de Tamiahua y la laguna Madre de Tamaulipas en el golfo de México; en el Caribe, la zona al norte de Cancún está siendo objeto de desarrollo hotelero en la zona de Isla Blanca, en la Reserva de Sian Ka'an los registros aún son insuficientes y el mapeo debe mejorarse. El Pacífico cuenta con importantes investigaciones y registros de las comunidades de *Zostera marina* y *Phyllospadix* sp. Ejemplos del mapeo realizado se presentan en la figura 3, mostrando para Yucatán las lagunas de Yalahau y de Chacmuchuch, y para Quintana Roo, Isla Mujeres e Isla Cozumel.

Manglares

De acuerdo con Azuz-Adeath y Rivera-Arriaga (2004) existen numerosas pu-

blicaciones, guías regionales y memorias de reuniones que han contribuido a la promoción de las lecciones aprendidas sobre el manejo integrado de la zona costera, sobre todo a partir de los años 90, período en el que se generaron importantes documentos internacionales los cuales dirigían a México hacía nuevos avances; tal es el caso del capítulo 17 de la Agenda 21, el Mandato de Jakarta, la CBD y CMNUCC. No obstante,

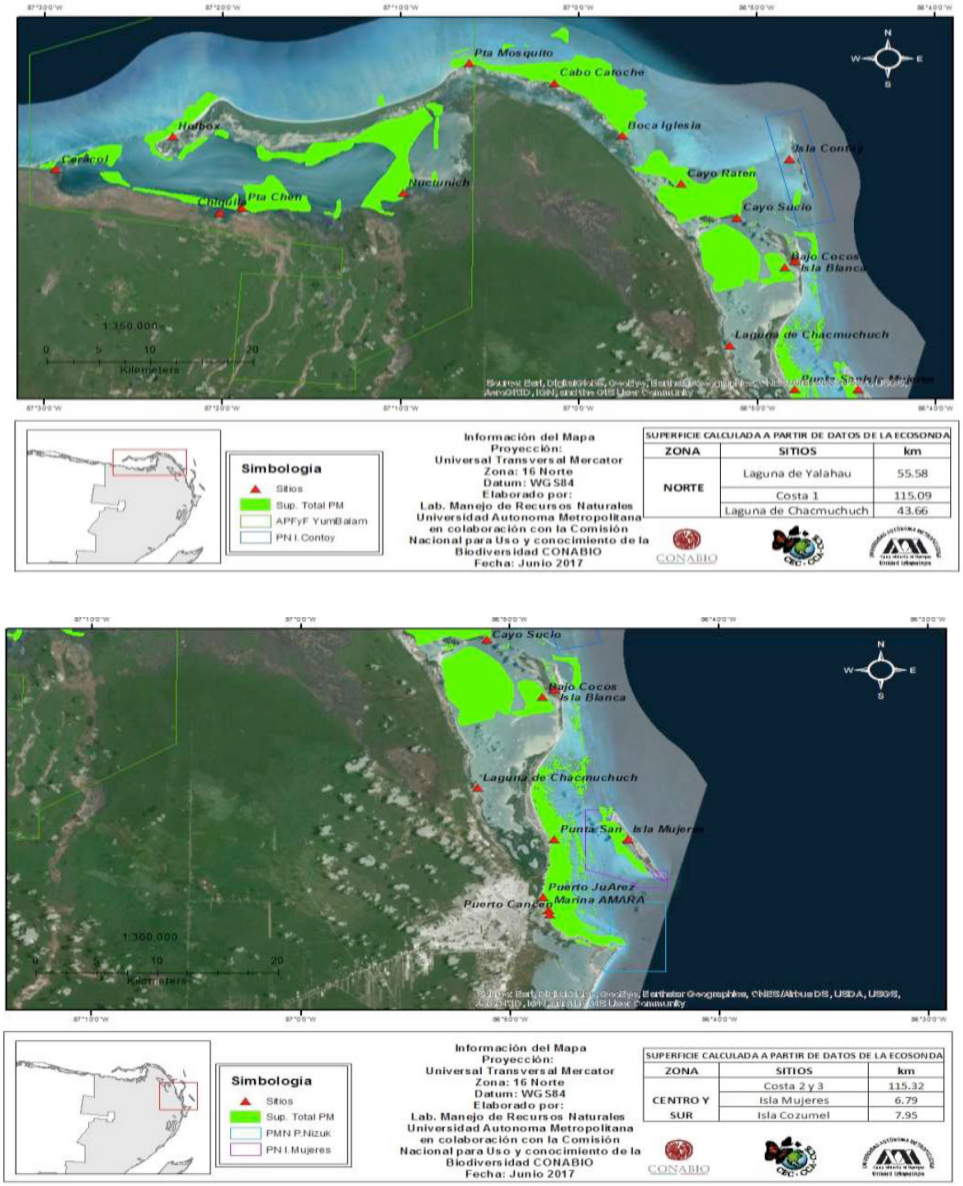

Figura 3. Mapas de distribución de pastos marinos en las Lagunas de Yalahau y de Chacmuchuch (Yucatán), y en Isla Mujeres e Isla Cozumel (Quintana Roo) en un trabajo conjunto entre la UAM y CONABIO.

los documentos que abordan un manejo de los bosques de manglar comenzaron a diversificarse apenas en las últimas dos décadas.

Dentro de los esfuerzos nacionales para la protección y manejo de los manglares, se han generado programas de manejo y proyectos que buscan contribuir de manera regional y local, adecuándose a las particularidades de cada sitio. Entre ellos se presentan nueve casos de estudio, de los cuales, tres se llevaron a cabo en la región del Pacífico y seis en la región del golfo de México y mar Caribe desde el año 2000 hasta 2021. Por alcance espacial, el 56 % de los documentos se desarrollaron bajo una escala local y el 44 % bajo una escala regional. Finalmente, el 44 % de los casos de estudio tuvieron como finalidad la generación de un plan de manejo, 22 % la creación de unidades de manejo ambiental (UMA), 11 % la generación de un plan de conservación y 11 % el establecimiento de un plan de acción regional (tabla 3).

Tabla 3. Estudios de caso regionales y locales para el manejo y conservación de ecosistemas de manglar en México.

Caso de estudio	Año	Sitio	Escala	Resumen
Protección de la Ecorregión de Los Petenes-Celestún-El Palmar	2000	Celestún-Los Petenes-Palmar, Península de Yucatán	Regional	Generación e implementación de un Plan de Conservación de la Ecorregión Los Petenes- Celestún- Palmar que considera diversas unidades de paisaje, identificación de objetos de conservación, valores biológicos y amenazas.
Almacenes de carbono en los manglares de Centla, Tabasco, asociado a gradientes ambientales y grado de conservación	2020	Centla, Tabasco	Local	A partir de las unidades ambientales se ofrecieron recomendaciones para establecer estrategias y políticas de manejo, conservación y restauración de los ecosistemas de manglar para mejorar la adaptación al cambio climático basada en ecosistemas (EbA). Las recomendaciones se generaron a partir de un sistema de salvaguardas sociales y ambientales (SES) y a un enfoque fundamentado en derechos.
Adaptación en humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático	2011-2016	Veracruz-Tabasco-Quintana Roo	Regional	Implementación de medidas piloto de adaptación para reducir la vulnerabilidad de los humedales costeros en el Golfo de México. Veracruz: Reforestación de manglar, desazolve de canales, establecimiento de una UMA y generación de un programa ordenamiento ecológico territorial (OET) en el municipio de Alvarado. Tabasco: Reforestación de manglar, desazolve de canales, OET. Quintana Roo: Restauración hidrológica de manglar. Bajo el enfoque de AbE.

Tabla 3. Estudios de caso regionales y locales para el manejo y conservación de ecosistemas de manglar en México.

Caso de estudio	Año	Sitio	Escala	Resumen
Plan de manejo Área privada de conservación " El Pájaro", Municipio de Alvarado, Veracruz	2013-2021	Alvarado, Veracruz	Local	Establecimiento de unidades de manejo y aprovechamiento; conservación de 239 ha de humedales; manejo silvícola a 43 ha de manglar; reforestación y monitoreo de 81.79 ha manglar y restauración hidrológica de 3 km de canales. Creación de un área privada de conservación (APC) y elaboración de una matriz de manejo.
Manejo forestal de un manglar al sur de San Blas, Nayarit	2004	Ejido San Blas, Nayarit	Local	Se planteó la regulación en la producción de madera de *Laguncularia racemosa* implementando un sistema silvícola y determinando los niveles adecuados de cosecha de madera. Se empleó el método de reproducción de monte bajo y determinación de la corta mediante un control combinado de área y volumen.
Plan de manejo de tipo regional para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de mangles en Marismas Nacionales, Nayarit	2012	Marismas Nacionales, Nayarit	Regional	Seguimiento a los lineamientos y acciones para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los mangles en Marismas Nacionales, mediante la generación de un plan de manejo en modalidad regional.
Plan de manejo para el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México: Una estrategia para la conservación de sus recursos naturales	2004	Catemaco-Sontecomapan, Veracruz	Local	Elaboración de un plan de manejo cuyo objetivo fue la conservación de manglar, las especies indicadoras y los procesos biológicos mediante la implementación y ejecución de programas operativos anuales (estrategias de investigación, educación y conservación), presentación de informes técnicos y financiero y una evaluación anual de cumplimiento y éxito.
Plan de manejo Área privada de conservación "El Nacaxte" municipio de Alvarado, Veracruz	2015	Alvarado, Veracruz	Local	Con el objetivo de conservar la diversidad y los servicios ambientales de los humedales de la cuenca baja del Rio Papaloapan se gestionó la creación de un Área Privada de Conservación (APC) en "El Nacaxte" y la elaboración de un programa de manejo forestal.
Plan de acción regional para la conservación de los manglares en el Pacífico Sudeste	2016	Pacífico Sudeste	Regional	Se elaboró un plan de acción en modalidad regional (PAR) como parte de las acciones para disminuir el deterioro de los bosques de manglar y fortalecer las políticas y programas para su protección, recuperación y uso sostenible.

Desafío del manejo y conservación de manglares

La importancia de la protección y el manejo sustentable resalta dentro del contexto del cambio climático y la vulnerabilidad de las comunidades costeras. Tan solo durante el 2020 se rompió el récord en el número e intensidad de eventos hidrometeorológicos que impactaron la península de Yucatán. Durante las últimas décadas se han fortalecido las herramientas de gestión de los manglares de México, con una visión integral que busca la conservación y restauración bajo un enfoque AbE, con lo cual integra las necesidades de las comunidades, así como la reducción de su vulnerabilidad al cambio climático (GIZ, 2019). A su vez, en el contexto internacional, se resalta la necesidad de un manejo integral de la zona costera y bajo un enfoque de la cuenca, como en el caso del proyecto MAR2R para la protección y conservación del SAM. Este enfoque permite abordar los retos en la conservación, considerando un sistema integral que parte de la dinámica entre ecosistemas, así como el impacto antrópico con una visión más amplia (figura 4).

No obstante, la continua reducción de las superficies de manglar refleja que la aplicación legislativa para la protección de este ecosistema, no se ha dado de forma eficiente (Hernández-Melchor *et al.,* 2016). La continuidad y vigilancia en la implementación de los programas nacionales es fundamental para un manejo adecuado de los manglares. Así mismo, se deben reforzar los esfuerzos regionales y locales que garanticen en el conocimiento de las necesidades específicas de cada región, y de esta forma se integren los diferentes actores relacionados en el manejo y conservación de los manglares, desde instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, sociedades civiles, la academia y la comunidad. Por otra parte, la incorporación del sector privado en la protección y manejo de los manglares ya no es una alternativa, es una necesidad que se ha vuelto común en un contexto internacional, sobre todo bajo el contexto de carbono azul y la oportunidad para la compensación de las emisiones que generan (Friess *et al.,* 2020). En México esta opción se ha comenzado a bordar en los últimos años como una solución basada

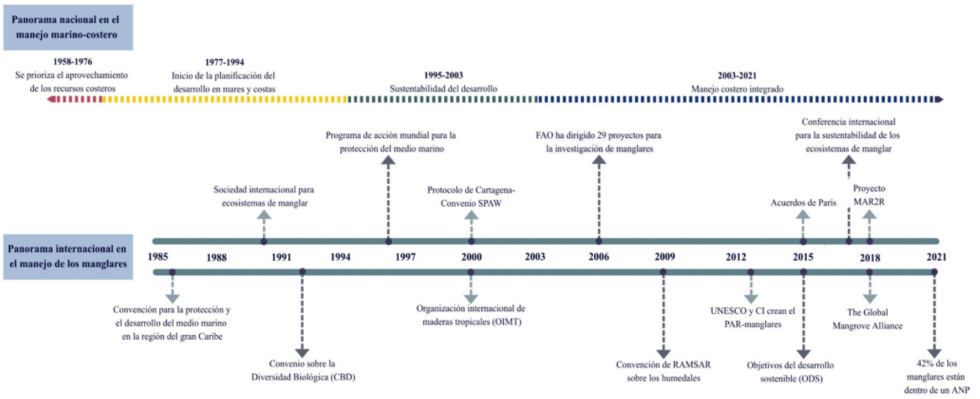

Figura 4. Panorama nacional e internacional en la conservación y manejo de los ecosistemas de manglar.

en la naturaleza que permite hacer frente al cambio climático. Sin embargo, aún las autoridades no se ponen de acuerdo con la hoja de ruta para contar con un mercado nacional de carbono de ecosistemas de manglar.

Humedales costeros de agua dulce

Estos ecosistemas son usados para criar ganado, lo cual implica desde la simple introducción hasta el drenar los humedales y sembrar pastos forrajeros exóticos (Moreno-Casasola *et al.,* 2019). Ello ha producido fuerte deterioro, pérdida de biodiversidad, compactación del suelo, reducción de reservas de carbono y liberación de ases de efecto invernadero entre otros (Moreno-Casasola *et al.,* 2020). Aún hay pocas experiencias de restauración de estos ecosistemas. Ejemplos de ello son las actividades de restauración o reforestación en el humedal de La Mancha (Actopan, Veracruz; López Rosas *et al.,* 2010) y en la Zona de Conservación Ecológica Ciénaga del Fuerte (Vázquez-Benavides *et al.,* 2020; Sánchez Luna *et al.,* 2021; Moreno-Casasola *et al.,* 2022), que han permitido la reforestación de más de 200 hectáreas de humedales costeros de agua dulce con recursos provenientes de la CONABIO, la CONANP o la CONAFOR. En la página "Ciénagas y Humedales" (https://www.cienagasyhumedales.org/) se puede acceder a ejemplos de distintos programas de investigación, manejo y conservación, así como de productos de investigación y divulgación científica referentes a humedales costeros.

Dunas costeras

La falta de reconocimiento de las dunas costeras como un ecosistema de relevancia las ha dejado sin instrumentos de protección específicamente dirigidos a estos ambientes. No obstante, la regulación de la zona costera en México, en particular las dunas costeras, ha tenido avances fragmentados: con las ANP y los OET, con los que el gobierno mexicano ha procurado regular el ambiente costero desde diferentes perspectivas. A ellos se le suman otros instrumentos de política ambiental, como las NOM, las UMA y otros instrumentos internacionales a los cuales México ha firmado (Ramsar) y que son aplicables a la zona costera. Gran parte de la problemática en torno a un Manejo Integrado de zonas costeras deriva de la fragmentación socio-política, en donde la falta de coordinación (vertical y horizontal) entre los diferentes agentes de capital, instituciones y entidades federativas dificultan la gobernanza de un territorio y recursos compartidos (Gibson *et al.,* 2000; Cash *et al.,* 2006; Folke *et al.,* 2007; Nanda *et al.,* 2018).

Plásticos en ecosistemas costeros

Han surgido algunas acciones locales como la campaña Ensenada libre de plásticos en la que varias organizaciones sociales y de gobierno pretenden impulsar y apoyar estrategias que disminuyan el problema de la contaminación por plásticos de un solo uso en el municipio de Ensenada, en Baja California. Han desarrollado tres eventos de Feria Libre de Plásticos en las instalaciones del Ayuntamiento de Ensenada, y se ha contado con la participación de 14 empresas (productores o proveedores), quienes promueven alternativas al uso de los plásticos desechables de un solo uso.

El Plan de Acción Basura Cero-, hacia una economía circular, fue presentado por el Gobierno de la Ciudad de México, instituciones de educación superior como la Universidad Nacional Autónoma de Mé-

xico (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Tecnológico Nacional de México por mencionar algunas. Tienen programas de cero plástico de un solo uso en todas sus instalaciones y campus.

Organizaciones de la sociedad civil a nivel nacional como la Fundación Azteca tiene el programa "Limpiemos México" que repercute en todos los estados de la federación. AMANC (Asociación Mexicana de Ayuda a Niños con Cáncer, I.A.P) realiza colectas de materiales plásticos para apoyar a los niños y niñas que requieren cuidados. ECOCE A.C. es una asociación civil ambiental sin fines de lucro, creada y auspiciada, desde el 2002, por la industria de bebidas y alimentos, para promover el reciclaje.

Hay organizaciones de la sociedad civil que trabajan a nivel local. Solo por dar algunos ejemplos, en la zona conurbada Veracruz – Boca del Río – Medellín - Alvarado, Earth Mission A.C. participa en la recolección de plásticos. Kayam A.C. realiza recolección de disminuyan el problema de la contaminación en las desembocaduras de río Jamapa. Reciclemos y Ayudemos A.C. recolecta y vende residuos sólidos urbanos valorizables para brindar apoyo a otras ONG si fines de lucro; la Universidad Veracruzana tiene su programa de manejo de residuos.

Conclusiones

Conectividad

El uso del espacio físico costero debe de permitir que el ser humano satisfaga sus necesidades/deseos solo hasta un nivel que no comprometan el funcionamiento de los ecosistemas y evitar llevarlos hasta el punto de no retorno biofísico. Estos usos deben respetar los ciclos de calma que permitan el crecimiento y maduración de las especies que habitan estos espacios, pero también permitir su regeneración natural bajo condiciones extremas. En resumen, el monitoreo continuo y la elaboración de diagnósticos correctos con base en información local permitirán diseñar y construir infraestructura que sea adecuada con los flujos naturales.

Contaminación plástica

Desafortunadamente, a medida que la producción de plásticos aumenta exponencialmente en el último medio siglo, los microplásticos se han vuelto progresivamente más abundantes en el medio ambiente de manera ubicua, sobre todo en los ecosistemas marinos y costeros. Es necesario que este problema sea reconocido en nuestro país como una de las amenazas más omnipresentes que han puesto en peligro el medio ambiente marino. Aunque hay algunos esfuerzos, se requieren más programas nacionales e investigación sobre la presencia de estos en el ambiente, sus consecuencias y la generación de alternativas para aminorar la producción de residuos plásticos. Así mismo, se requiere establecer una legislación más estricta con sanciones para evitar que este problema de contaminación siga creciendo y amenace la biodiversidad.

Arrecifes

La falta de vinculación con instrumentos de planeación como ordenamientos ecológicos y planes de desarrollo urbano impide anteponerse a los problemas de desarrollo costero y protección de los corales. La fal-

ta de claridad en la legislación ambiental propicia el abuso de la discrecionalidad de la autoridad para autorizar proyectos destructivos con los arrecifes de coral. Urge la creación de un instrumento específico como política o norma oficial que establezca prohibiciones o capacidades de carga para los usos humanos como el turismo y la urbanización derivada del modelo de desarrollo turístico en la región.

Recomendaciones:

- Coordinación entre autoridades,
- Desarrollo de una política específica para la protección de arrecifes de coral,
- Creación de un consejo o comisión intersecretarial,
- Aplicación efectiva e incremento de las sanciones,
- Fortalecimiento del control de la calidad de agua y descargas de aguas residuales,
- Promoción de la educación e investigación sobre los beneficios de los arrecifes de coral.

Manglar

Como parte del manejo integral y protección de los ecosistemas de manglar, es fundamental un enfoque que considere la conectividad entre los ecosistemas costero-marinos. Así mismo, los programas de manejo deben integrar un plan de monitoreo que dé continuidad y vigilancia en su implementación. La promoción de espacios de participación intersectorial en los cuales todos los actores involucrados, desde la sociedad, autoridades locales y federales, academia, organizaciones civiles y sector privado, puedan coordinarse en la implementación de acciones para la conservación, manejo sostenible y restauración de manglares, resulta urgente, dada las altas tasas de deforestación y degradación que estos ecosistemas están teniendo en el país. Es importante integrar en los programas nacionales de monitoreo de manglares, un programa regional o local que identifique el diferente potencial de manejo o restauración a una escala más fina (local o de paisaje).

Existe una gran oportunidad para integrar la conservación, el manejo sostenible y la restauración de manglares como parte de los compromisos de mitigación y adaptación en materia de cambio climático ratificados por México. Estos ecosistemas son un componente clave para el cumplimiento, alcance e incluso aumento de metas de instrumentos y programas nacionales enmarcados en la política ambiental, debido a su alta productividad y a los altos almacenes de carbono contenidos en sus compartimentos.

Los proyectos que integran el carbono azul y sus co-beneficios en mecanismos de mercado, tanto voluntario como regulado, representan una oportunidad para incentivar el manejo sustentable de manglares bajo un enfoque de AbE, contribuyendo a la resiliencia socio-ambiental y climática de las comunidades costeras. Sin embargo, aún prevalecen vacíos legales respecto a los ecosistemas de carbono azul, encaminados a la mitigación y adaptación bajo mecanismos locales de gobernanza.

Pastos Marinos

A nivel regional el registro de los pastos marinos no está completo aún. Existen varias fuentes y se requiere verificar las áreas de pastos marinos que se reportan en el Pacífico, que cuenta con importantes investigaciones y registros de las comunidades de *Zostera marina, Phyllospadyx torreyi*, *Phyllospadix scouleri*, pero no con una estimación de la superficie que comprenden. En el mar de Cortez crece *Zostera* en la isla Tiburón y, en áreas costeras poblaciones

extensas de *Halodule wrightii*, cuya presencia en ese lugar no está muy entendida. Estos ecosistemas proporcionan servicios ecosistémicos de gran importancia, entre ellos servicios asociados a pesquerías, como guarderías de juveniles, la protección de playas al reducir la fuerza del oleaje (Christianen *et al.,* 2013) y mitigar la erosión, son reservorios de arena, entre otros. A pesar de su importancia, estos servicios no son del todo valorados por la sociedad y los gobiernos.

Humedales costeros de agua dulce

Estos ecosistemas cumplen una función importante para otros ecosistemas costeros, como el aporte de nutrientes y la retención de sedimentos. Además, ayudan a reducir los picos de inundación (Campos *et al.,* 2011) y reducen el estrés salino. Son importantes reservorios de carbono (Sjögersten *et al.,* 2021). En este sentido deben formar parte de los inventarios de carbono azul del país. Así mismo, prestan el servicio de alimentar los acuíferos de agua dulce, por lo que su conservación asegura el cumplimiento del ODS 6 para las comunidades humanas que viven en la costa. La investigación científica sobre la ecología de estos ecosistemas inició en las últimas dos décadas del siglo pasado. Se cuenta con un ejercicio que intentó inventariar todos los humedales del país, pero el informe final sigue en calidad de borrador desde hace más de 10 años. Hasta el momento, las acciones que más han contribuido a su conservación, evitando o reduciendo el cambio de uso de suelo, han sido las declaratorias de ANP y Sitios Ramsar. Son muy pocos los ejemplos de acciones de restauración de estos ecosistemas y el que sus suelos tengan baja salinidad, los hace más vulnerables al cambio de uso de suelo para ganadería o agricultura, principalmente de caña de azúcar, arroz o, más recientemente, palma de aceite. Para cumplir con los ODS considerados en el presente capítulo, es prioritario que a nivel nacional aumenten los esfuerzos de investigación y conservación de los humedales costeros de agua dulce, así como de la aplicación de los instrumentos regulatorios para su protección.

Dunas costeras

Diversos instrumentos regulan, aunque sea parcialmente, las playas y dunas costeras (ZOFEMAT, OET, ANP, Ramsar). Sin embargo, cada uno sigue criterios específicos, dando como resultado una gobernanza fragmentada. Aunque es un ecosistema predominante en las costas de México, no se ha reconocido en los programas y políticas su importancia como protección frente al cambio climático. Actualmente existe suficiente información para integrar una política de playas y dunas costeras que garantice la conservación de los servicios ecosistémicos que proveen frente al crecimiento actual, desmedido y poco sustentable, de los desarrollos turísticos y las ciudades costeras. Otro problema necesario de abordar también en todas las costas de México es la erosión costera, la cual debe ser analizada bajo una visión integral y regional, no solamente local y de ingeniería dura. Las playas mexicanas son públicas, pero también su conservación y manejo debe considerarse como de interés social y no solo privado.

Costas

Diversos autores han abogado por una Ley General de Costas, la cual debe contener los mecanismos para articular los diferentes instrumentos sectoriales que inciden sobre la zona costera y satisfacer las múltiples

demandas socioeconómicas que contiene (Silva *et al.,* 2014; Nava-Fuentes *et al.,* 2017; Barragán-Muñoz, 2020). A nivel legal, lo único que hace falta es un eje rector que coordine los intereses de este ambiente continuo pero heterogéneo. En el 2015, la segunda en turno 'Comisión Unida de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Estudios Legislativos' de la Cámara de Senadores sometió una nueva iniciativa, la 'Ley General para la Gestión Integral y Sustentable de las Costas Mexicanas' (Senado, 2021). Sin entrar en detalle, se contemplan tres puntos importantes para la gobernanza costera:

- Zona costera como unidad funcional: la declaratoria de esta zona debe solicitarse y reconocerse en un conjunto presidencial/federal, estatal y municipal (Art. 40-41).
- Gobernanza costera: se promueve un 'Programa Nacional de Zonas Costeras' (Art. 42-43) que contempla la participación y cooperación entre instituciones y usuarios por medio de un 'Servicio Nacional Costero' (Art. 7-10), una 'Comisión Nacional Costera' (Art. 33-38), una 'Política Nacional Costera' (Art. 39), un 'Sistema Nacional de Información Costera' (Art. 48-51), un 'Fondo Costero Mexicano' (Art. 78-81), 'Consejos Costeros' (Art. 96-99) y otros 'Mecanismos de participación y concertación' (Art. 90-95).
- Asentamientos humanos, desarrollo urbano e infraestructura: se contempla el papel de los Ordenamientos Ecológicos del Territorio en la planeación de los usos de suelo (Art. 42 y 43) y en vista de Ley de Desarrollo Rural Sustentable (Art. 82-87).

En el 2018, esta iniciativa se aprobó y concluyó bajo Acuerdo de la Mesa Directiva y actualmente se encuentran pendientes del dictamen aprobatorio en la Cámara de Senadores. A ello le seguiría la aprobación de la Cámara de Diputados, y sólo después se oficializaría publicándose en el Diario Oficial de la Federación, teniendo tres meses para entrar en vigor. Aunque es más que necesaria, ha tomado muchísimo tiempo en gestarse y su implementación hasta ahora es una utopía.

Si en algún futuro cercano se llegase a aprobar la Ley de Costas, con todo y sus imperfecciones, todavía tardaría más tiempo en reformarse para mejorarla. La mera existencia de una ley no es una panacea para la problemática expuesta, requiere no solo de la voluntad política de gestionar, publicar y reformar la versión más justa y holística, sino también de la voluntad de la sociedad para hacerla cumplir, desde ciudadanos usuarios hasta servidores públicos reguladores.

México aún tiene mucho trecho que recorrer para garantizar el manejo sustentable y la conservación de sus mares y costas. Hay instituciones académicas, investigadores y organizaciones de la sociedad civil generando información para todos los ecosistemas, aunque hay regiones menos conocidas y trabajadas como el Pacífico centro y sur. Así mismo, algunos ecosistemas aún requieren de incrementar y consolidar las investigaciones. Pero lo que definitivamente requiere de voluntad política y trabajo, es i) el cambiar la percepción de la zona costera por una visión integral donde se dé valor a la protección y recursos que proporciona a la sociedad mexicana, ii) donde se trabaje en la alineación de programas y políticas de gobierno de manera conjunta entre instituciones de gobierno, academia y sociedad civil y iii) se garanticen los presupuestos necesarios para generar un programa per-

manente de restauración y de conservación de ecosistemas costeros, por un lado, y de apoyo a los municipios costeros para poder adecuar sus propias políticas municipales, sobre todo de cambio de uso del suelo, a esta visión de la zona costera como la mayor protección que tenemos frente al cambio climático y la mayor garantía para conservar nuestras inversiones y medios de vida en las costas mexicanas.

Agradecimientos

Agradecemos a Roberto Monroy la elaboración de los mapas de distribución de ecosistemas costeros.

Referencias

AIDA (Asociación Iberoamericana para la Defensa del Ambiente). 2014. La protección de los arrecifes de coral en México. Rescatando la biodiversidad marina y sus beneficios para la humanidad. https://aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/informe_corales_mexico.pdf

Álvarez Icaza P., Muñoz Piña, C. 2008. Instrumentos territoriales y económicos que favorecen la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. p. 229-258.En: Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional de Biodiversidad.

Arriaga-Cabrera L., Vázquez-Domínguez, E., González-Cano, J., Jiménez-Rosenberg, R., Muñoz-López, E., Aguilar-Sierra, V. 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Azuz-Adeath I., Rivera Arriaga, E. 2004. Escalas espaciales y temporales del manejo costero. En: Rivera Arriaga E., G. J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (Eds.) El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 p.

Banaszak A., Schutter, M., Guendulain-García, S., Mendoza-Quiroz, M., Gómez-Campo, K. 2018. Guía Práctica para la Restauración Coralina con base en la Producción de Reclutas Sexuales con énfasis en *Acropora palmata*. Universidad Nacional Autónoma de México, WWF, Fundación Carlos Slim. 35p. https://www.icriforum.org/wp-content/uploads/2020/11/Banaszak-et-al-2018-Gui%CC%81a-pra%CC%81ctica-cienti%CC%81ficos.pdf

Barragán Muñoz, J.M. 2020. Progress of coastal management in Latin America and the Caribbean. *Ocean & Coastal Management*, 184: https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105009

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit). 2006. Integriertes Küstenzonenmanagement in Deutschland. Nationale Strategie für ein integriertes Küstenzonenmanagement (Bestandsaufnahme, Stand 2006).98p. En alemán. https://www.bmuv.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/kuestenzonenmanagement.pdf

Boni, A., M. Farfán, Pérez-Vega, A. 2019. The role of zoning in the mining activity within federal natural protected areas of Mexico. *Investigaciones Geográficas,* 99: e59695

Bonn Challenge. 2014. Restore our future. The Bonn Challenge. https://www.bonnchallenge.org/

Bridges T.S, Burks-Copes, K.A., Bates, M.E., Collier,Z.A., Fischenich, J.C., Piercy, C.D., Russo, E.J., Shafer, D.J., Suedel, D.J., Gailani, J.Z., *et al.* 2015. Use of natural and nature-based features (NNBF) for coastal resilience. US Army Engineer Research and Development

Center, Environmental Laboratory. US Army Corps of Engineers. 479 pp. https://usace.contentdm.oclc.org/digital/collection/p266001coll1/id/3442/

Campos A., Hernández, M.E., Moreno-Casasola, P., Cejudo Espinosa, E., Robledo, A., Infante-Mata, D. 2011. Soil water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico. Hydrological Sciences *Journal-Journal des Sciences Hydrologiques*, 56(8): 1388-1406.

Case, E. 2019. Caught (and brought) in the currents: narratives of convergence, destruction, and creation at Kamilo Beach. *Journal of Transnational American Studies*, 10 (1): 73-92. DOI 10.5070/T8101043939

Cash, D. W., Adger, W.N.,Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., POlsson, P., Pritchard, L., Young, O. 2006. Scale and cross-scale dynamics: governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society*, 11(2): 8-19.

CEC (Commission for Environmental Cooperation). 2016. North America's Blue Carbon: Assessing Seagrass, Salt Marsh and Mangrove Distribution and Carbon Sinks. Montreal, Canada: Commission for Environmental Cooperation. 54 p.

Chávez V., Lithgow, D., Losada, M., Silva-Casarin, R. 2021. Coastal green infrastructure to mitigate coastal squeeze. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 2 (1): 7. https://doi.org/10.1186/s43065-021-00026-1.

Cheong, S., Silliman, B., Wong, P.P., van Wesenbeeck, B., Kim, C., Guannel, G. 2013. Coastal adaptation with ecological engineering. Nature Climate Change, 3 (9): 787-91. https://doi.org/10.1038/nclimate1854. https://doi.org/10.1038/nclimate1854.

Christianen M. J. A., van Belzen, J., Herman, P.M. J.M., van Katwijk, M., Lamers, L.P.M., van Leent, P.J.M., Bouma, T.J. 2013. Low-canopy seagrass beds still provide important coastal protection services. *Plos One,* 8(5): e62413. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062413

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Manglares de México: Extensión y Distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).. 2012. Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, 2012-2030. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/planeta/internacional/files/EMCV_-_Objetivos_y_Metas.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2019. CONABIO genera nueva cartografía de la línea de costa de México. Fundamental, para la toma de decisiones sobre los recursos naturales costeros. https://www.gob.mx/conabio/prensa/conabio-genera-nueva-cartografia-de-la-linea-de-costa-de-mexico?idiom=es (consultado 12 de octubre 2021)

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2021. 'Distribución de los manglares en México en 2020', escala: 1:50000. edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM). Ciudad de México, México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2010. Estudio Interdisciplinario de los Humedales de la República Mexicana: Desarrollo Metodológico para el Inventario Nacional de Humedales y su Validación a Nivel Piloto. Metodología estandarizada para la evaluación de humedales en México a nivel de sitio, escala 1: 20,000 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165386/Estado_del_Arte.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2013. Lineamientos para la Clasificación de los Humedales. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165385/Clasificaci_n.pdf

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2017 Humedales de la República Mexicana Inventario Nacional de Humedales INH. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-humedales-inh

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2021. Portal de Datos Geográficos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. URL: http://sig.conanp.gob.mx/

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). 2010. Strategic plan for biodiversity 2011 – 2020 and the Aichi targets. Disponible en https://www.cbd.int/sp/targets/

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). 2012. Global strategy for plant conservation: 2011-2020. Richmond, Reino Unido: Botanic Gardens Conservation International.

Commission for Environmental Cooperation (CEC). 2016. "North American Blue Carbon". Ed. 1.0, Vector digital data [1:10,000,000]. Available at http://www.cec.org/tools-and-resources/map-files/north-american-blue-carbon-2017 CEC. 2016. North America's Blue Carbon: Assessing Seagrass, Salt Marsh and Mangrove Distribution and Carbon Sinks. Montreal, Canada: Commission for Environmental Cooperation. 54 pp. Available at http://www3.cec.org/islandora/en/item/11664-north-america-s-blue-carbon-assessing-seagrass-salt-marsh-and-mangrove-en.pdf

CPPS/UNESCO/CI/Hivos. 2016. Plan de acción regional para la conservación de los manglares en el Pacífico Sudeste. CPPS, UNESCO, Conservación Internacional e Hivos. Guayaquil., Ecuador.

Cruz, C. J., Mendoza, E., Silva, R., Chávez, V. 2019. Assessing degrees of anthropization on the coast of Mexico from ecosystem conservation and population growth data. En: Silva, R., M. L. Martínez, V. Chávez, y D. Lithgow (eds.), Integrating Biophysical Components in Coastal Engineering Practices. *Journal of Coastal Research, Special Issue,* 92:136-144.

De Vriend H., Van Koningsveld, M.. 2012. Building with nature. Thinking, acting and interacting differently. Dordrecht, the Netherlands: Ecoshape, Building with Nature.

Department for Environmental Food and Rural Affairs (DEFRA). 2006. Shoreline management plan guidance. Volume 1: Aims and requirements. Department for Environment, Food and Rural Affairs, Londres. 54p https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69206/pb11726-smpg-vol1-060308.pdf

DOF. 2018. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos.

DOF. 2019. Ley General de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos.

Den Hartog C., van Tussenbroek, B.I., Wong, J.G.R.P., Ruaro, M., Guzmán, J.M. 2016. A new Ruppia from Mexico: *Ruppia mexicana* n. sp. *Aquatic Botany*, 131: 38-44.

European Commission (EC). 2015. Towards an EU Research and Innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities. Final report of the Horizon 2020.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 2019 a. Comisión Forestal para América Latina y el Caribe. 1-5.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 2019 b. Comisión Forestal para América Latina y el Caribe 13ª Reunión. 1-43

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) y Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2020. El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. https://doi.org/10.4060/ca8642es

Flores-Mejía M.A., Aguirre Vallejo, A., Flores Hernández, M., Guardado Govea, X. 2010. El impacto que produce el sector turismo en los manglares de las costas mexicanas. *Contactos*, 77: 33-38.

Folke C., Pritchard Jr, L., Berkes, F., Colding, J., Svedin, U. 2007. The problem of fit between ecosystems and institutions: ten years later. *Ecology and Society,* 12(1). http://www. ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art30/

Friess D. A., Thompson, B.S., Brown, B., Amir, A.A., Cameron, C., Koldewey, H.J., Sasmito, S.D., Sidik, F. 2016. Policy challenges and approaches for the conservation of mangrove forests in Southeast Asia. *Conservation Biology*, 30(5): 933-949.

Gallegos Martínez M., Hernández Cárdenas, G., Pérez- Espinosa, I.. 2018). Comunidades de vegetación acuática sumergida del Golfo de México', escala: 1:25000. edición: 2. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y Consorcio de Investigación del Golfo de México. Proyecto 1: Indicadores del estado de las comunidades de Pastos Marinos en la zona costera del Golfo de México susceptible de ser impactada por los hidrocarburos derramados por la Plataforma Horizon operada por BP. Proyecto 2: 'Implementación de redes de observaciones oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la explotación y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México'; Subproyecto 2: 'Estado de salud, conservación y vulnerabilidad de ecosistemas de pastos ma-

rinos del litoral del Golfo de México'. Ciudad de México.

Gallegos-Martínez, M., G. Hernández-Cárdenas, G., Pérez-Espinosa, I. 2018. 'Pastos marinos del Estado de Veracruz, México', escala: 1:1. edición: 1. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Proyecto financiado por 'Indicadores del estado de las comunidades de Pastos Marinos en la zona costera del Golfo de México susceptible de ser impactada por los hidrocarburos derramados por la Plataforma Horizon operada por BP.'. Ciudad de México.

Gámez, A.E. 2008. El Crecimiento del Sector Turismo en Sudcalifornia. p. 365-388. En: Cariño, M y M. Monteforte (Coord.) Del Saqueo a la Conservación: Historia Ambiental Contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003. UABCS, SEMARNAT, INE y CONACyT.

Gibson, C.C., Ostrom, E., Ahn, T.K. 2000. The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. *Ecological Economics*, 32(2): 217-239. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00092-0

GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2019. Puntos de entrada para la transversalización de la adaptación basada en ecosistemas. El caso de México. Calzada Vázquez Vela, A. (autora) y T. Amend (Ed). GIZ. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn. 30p. https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/07/giz2018-es-study-entrypoints-eba-mexico-lowres.pdf

Global Mangrove Alliance (GMA). 2021. The State of the World´s Mangroves. https://www.mangrovealliance.org/ (29/08/2021).

Godínez-Gómez, O., Schank, C., Mas, J.F., Mendoza, E. 2020. An integrative analysis of threats affecting protected areas in a biodiversity stronghold in Southeast Mexico. *Global Ecology and Conservation,* 24: e01297.

Guevara S.S. 2006. El paisaje del viento. p. 311-326. En: P. Moreno-Casasola (ed.) Entornos Veracruzanos: la Costa de La Mancha. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.

Guevara Chumacero, M., Pichardo Fragoso, A., Martínez Cornelio, M. 2017. La tortuga en Tabasco: comida, identidad y representación. *Estudios de Cultura Maya*, 49: 97-122.

Guevara S.S. 2021. La reconciliación de la naturaleza y la cultura. Reservas de Biosfera Iberoamericanas y Caribeñas. *Ambiente*, 29: 2-10.

Gutiérrez de Macgregor, T., González Sánchez, J. 1999. Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. *Investigaciones Geográficas*, 40:110-126.

Harris, P.T. 2020. The fate of microplastic in marine sedimentary environments: A review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin,* 158: 111398 https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111398

Hernández Melchor, G.I., Sánchez, S.A., Ruiz Rosado, O., Valdez Hernández, J.I. 2016. Controversias legislativas en la protección del ecosistema manglar: el caso Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(SPE14): 2841-2855.

Herrera Silveira, J.A., Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez, J., Teutli-Hernández, C. 2016. Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1): 61-72.

Herrera-Silveira, J.A., Camacho, R.A., Medina Ramírez, R.A., Ramírez, J., López, H.M., Morales, O.S.M. . 2017. Síntesis basada en el análisis y diagnóstico documental sobre Carbono Azul en México. PNUD CSP-2016-057. Programa Mexicano del Carbono-CINVESTAV-IPN.

Herzka, S.Z., Zaragoza Álvarez, R.A., Peters, E.M., Hernández Cárdenas (Coord. Gral.). 2021. Atlas de línea base ambiental del Golfo de México. México: Consorcio de Investigación del Golfo de México. https://atlascigom.cicese.mx/

Huang, W., Chen, M.; Song, B., Deng, J., Shen, Maocai, C,, Qiang, Z., Guangming, L., Jie. 2020. Microplastics in the coral reefs and their potential impacts on corals: A mini-review. *Science of The Total Environment*, 762: 143112. 10.1016/j.scitotenv.2020.143112.

Hudson, A. 2017. El camino para reducir la contaminación marina, del Programa de Gobernabilidad del Agua y los Océanos del (PNUD). https://www1.undp.org/content/undp/es/home/blog/2017/3/7/The-way-forward-for-reducing-marine-pollution.html (consultado: 25 de agosto 2021)

Ibarra-Obando S.E., Ríos, R. 1993. Ecosistemas de fanerógamas marinas. Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México. 54-65.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2012a. Conjunto de datos vectoriales de la carta de Humedales potenciales. Escala 1:1 000 000. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825006728

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2012b. Conjunto de datos vectoriales de la carta de Humedales potenciales. Escala 1:250 000. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825006728

IInstituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Modelo Cartográfico de Humedales Escala 1:50 000. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825006728

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016-B. 'Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación' por Entidad Federativa, SERIE VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Initiative 20x20. 2014. http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20

International Union for the Conservation of Nature (IUCN). 2016. Cohen-Shacham, E. Walters, G. Janzen y C. S. Maginnis (Eds). Nature-based solutions to address global societal challenges. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf

International Union for the Conservation of Nature (IUCN). 2021 a. Nature-based Solutions. Consultado 5 Marzo 2021. https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions.

International Union for the Conservation of Nature (IUCN). 2021 b. Protected Area Categories. International Union for Conservation of Nature. URL: https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about/protected-area-categories.

Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., García Criado, M., Gubbay, S.,Haynes, T., Nieto, A., *et al.* 2016. European Red List of Habitats Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. European Union. 44 pp. https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/pdf/terrestrial_EU_red_list_report.pdf

Landgrave R., Moreno-Casasola, P. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental*, 4: 19-35.

López Rosas H., López-Barrera, F., Moreno-Casasola, P., Aguirre-León, G., Cázares-Hernández E., Sánchez-Higueredo, L. 2010. Indicators of recovery in a tropical freshwater marsh invaded by an African grass. *Ecological Restoration*, 20(3):324-332.

López Rosas H., Espejel González, V.E., Moreno-Casasola, P. 2021. Variaciones espacio-temporales del nivel y salinidad del agua afectan la composición de especies del manglar-tular. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios,* 8(I): e2674

Luijendijk A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., Aarninkhof, S. 2018. *The State of the World's Beaches. Scientific Reports,* 8, 6641

Martell R., Mendoza, E., Mariño-Tapia, I., Odériz I., Silva, R. 2020. How effective were the beach nourishments at Cancun? *Journal of Marine Science and Engineering*, 8: 388; doi:10.3390/jmse8060388

Martínez M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante-Mata, D., Rodríguez-Revelo, N. 2014. Diagnóstico de las Dunas Costeras de México. CONAFOR. Guadalajara, Jalisco. 350 p.

Moreno-Casasola P. 2016. La zona costera y sus ecosistemas. p. 18-36. En: Moreno-Casasola P. (Ed.) Servicios ecosistémicos de selvas y bosques costeros de Veracruz. Costa Sustentable no 8. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, Xalapa.

Moreno-Casasola P., Hernández, M.E., Campos, A., Vázquez González, C., López-Rosas, H., Peralta-Peláez, LA., Monroy, R. 2019. La ganadería en los humedales: ¿tiene futuro? p- 18-36. En: Halffter G., M Cruz y C. Huerta C. (Comp.) Ganadería Sustentable en el Golfo de México. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, México.

Moreno-Casasola P., Aguirre-Franco, L., Campos C.,A., Carral-Murrieta, C.O., Cejudo, E., González-Marín, R.M., *et al.* 2020. Humedales costeros de agua dulce y bases para su gobernanza. P. 427-458. En: Rivera-Arriaga, E., I. Azuz-Adeath, O. D. Cervantes Rosas, A. Espinoza-Tenorio, R. Silva Casarín, A. Ortega-Rubio, A. V. Botello y B. E. Vega-Serratos (Eds.) Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre. Una Guía para Tomadores de Decisiones. Universidad Autónoma de Campeche, RICOMAR.

Moreno-Casasola P., Martínez, M.L., Castillo-Campos, G., Campos, A. 2013. The impacts on natural vegetation following the establishment of exotic Casuarina plantations. En: Martinez

M.L., J.B Gallego-Fernández y P.A. Hesp (Eds) Coastal Dune Restoration. Springer Verlag Chapter 14: 217-233.

Moreno-Casasola, P., López Rosas,H., Vázquez Benavides, J., Sánchez Luna, O., González Nochebuena, M., Aguirre, L.D., Sánchez García, E. 2022. Experiences in the Restoration of Tropical Freshwater Swamps. *Wetland Science and Practice. Society of Wetland Science* 40 (1): 55-65.https://www.sws.org/2021/04/08/latin-american-wetlands-issue-planned-for-wetland-science-practice/.

Nanda A. V., Rijke, J., Beesley, L., Gersonius, B., Hipsey, M.R., Ghadouani, A. 2018. Matching ecosystem functions with adaptive ecosystem management: decision pathways to overcome institutional barriers. *Water*, 10(6): 672. https://doi.org/10.3390/w10060672

Nava-Fuentes J. C.N., Granados, P.A., Martins, F.C. 2017. Coastal management in Mexico: Improvements after the marine and coastal policy publication. *Ocean & Coastal Management*, 137: 131-143

Olmsted I. 1993. Wetlands of Mexico. En: Whigham D.F., D. Dykyjová y S. Hejný (Rds.) Wetlands of the World I: Inventory, Ecology and Management. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Países Bajos. pp. 637-677.

Padilla y Sotelo, S. 2000. La población en la región costera de México en la segunda mitad del siglo XX. *Investigaciones Geográficas*, 41:81-95.

Padilla Souza, A. C., González Cano, J., Banaszak, A., Hernández Aranay H., Raigoza Figueras, R. 2018. Programa interdisciplinario de restauración activa para compensar daños antropogénicos en arrecifes coralinos del caribe mexicano. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JA009. Ciudad de México.

Padilla Souza C., González Cano, J., Huitrón Baca, J.C., Ibarra Navarro, R. 2021. Active Reef Restoration in the Mexican Caribbean: 15-year Timeline. En: Vaughan, D, (Ed). Active coral restoration: techniques for a changing planet. J. Ross Publishing. Inc. Chapter 14.

PIANC (World Association for Waterborne Transport Infrastructure). 2011. Working with Nature- PIANC Position Paper. https://www.pianc.org/workingwithnature.php.

Picardat A. 1999. Les littoraux, un enjeu stratégique? En: M.A. Gervais-Lambony (Ed.). Les littoraux. Atlande, Bélgica

Pontones-Brito L.I. 2011. Particularidades de la Zona Federal Marítimo Terrestre. *Derecho Ambiental y Ecología,* 44(8): 43-46.

Presidencia de la República. 2021. Versión estenográfica. Conferencia de prensa del presidente Andrés Manuel López Obrador del 19 de mayo de 2021. https://www.gob.mx/presidencia/es/articulos/version-estenografica-conferencia-de-prensa-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-del-19-de-mayo-de-2021?idiom=es

Ramsar. 1999. Resolución VII.6. Lineamientos para elaborar y aplicar políticas nacionales de humedales. https://www.ramsar.org/es/documento/lineamientos-para-elaborar-y-aplicar-politicas-nacionales-de-humedales

Rincón Pérez M., Infante-Mata, D., Moreno-Casasola, P., Hernández Alarcón, M.E., Barbas Macías, E., García-Alfaro, J.R. 2020. Patrones de distribución y estructura de la vegetación en el gradiente de humedales costeros El Castaño, Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical,* 68(1): 242-259.

Rivas A.B., González, C., Canty, S., Rodríguez-Olivet, C., Flamenco, X., González, M.J., Escobedo, M. 2020. Regional Strategy for Mangrove Management, Conservation, Restoration and Monitoring in the Mesoamerican. Reef 2020-2025. Guatemala City. https://doi.org/10.5479/10088/107486

Rivera-Arriaga E., Villalobos, G. 2001. The coast of Mexico: approaches for its management. *Ocean & coastal management*, 44(11-12): 729-756.

Saavedra-Vázquez, T. E. S. 2004. Estado de derecho de la zona costera en México. p 99-114.En: Rivera Arriaga E., G. J. Villalobos, I. Azuz Adeath y F. Rosado May (Eds.) El Manejo Costero en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, CETYS, UAC, UQROO.

SAGE. 2015. Natural and Structural Measures for Shoreline Stabilization. http://sagecoast.org/docs/SAGE_LivingShorelineBrochure_Print.pdfII.

Sánchez-Luna O. I., López Rosas, H., Toledo, T., Moreno-Casasola, P. 2022. Effectiveness of restoration plantings with Pachira aquatica in swamps. *Restoration Ecology,* DOI: 10.1111/rec.13472.

Sánchez-Salazar, M. T., Casado-Izquierdo, J.M., Bocco, G. 2013. La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro. En: Sánchez-Salazar, M.T., G. Bocco, J. M. Casado-Izquierdo. (Coords) La Política de Ordenamiento Territorial en México: de la teoría a la práctica. Instituto de Geografía y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (UNAM), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 752 p.

Schoonees, T., Gijón Mancheño, A., Scheres, B., Bouma, T.J., Silva, R., Schlurmann, T., Schüttrumpf, H. 2019. Hard structures for coastal protection, towards greener designs. *Estuaries and Coasts,* 42 (7): 1709-29. https://doi.org/10.1007/s12237-019-00551-z. https://doi.org/10.1007/s12237-019-00551-z.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2021 a. Ordenamientos ecológicos marinos. URL: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/recuadros/recuadro2_5.html

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2021 b. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. URL: https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales

SENADO. 2021. Iniciativa de Ley General para la Gestión Integral y Sustentable de las Costas Mexicanas. Senado de la República. URL: https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/54602

Silva R., M. Villatoro, F. Ramos, D. Pedroza, M. Ortiz, E. Mendoza y A. Cid. 2014. Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 118p.

Silva R., D. Lithgow, L. S. Esteves, M.L. Martínez, P. Moreno-Casasola, R. Martell, P. Pereira, E. Mendoza, A. Campos-Cascaredo, P. Winckler Grez, A. F. Osorio, J. D. Osorio-Cano, y G. D. Rivillas. 2017. Coastal risk mitigation by green infrastructure in Latin America. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Maritime Engineering*, 170 (2): 39-54. https://doi.org/10.1680/jmaen.2016.13. https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jmaen.2016.13.

Silva, R., V. Chávez, T. J. Bouma, B. I. van Tussenbroek, K. K. Arkema, M. L. Martínez, H.Oumeraci, J. J. Heymans, A. F. Osorio, E. Mendoza, M. Mancuso, M. Asmus y P. Pereira. 2019. The incorporation of biophysical and social components in coastal management. *Estuares and Coasts,* 42 (7): 1695-708. https://doi.org/10.1007/s12237-019-00559-5.

Silva, R., M.L. Martínez, B. I van Tussenbroek, L. O. Guzmán-Rodríguez, E. Mendoza y J. López-Portillo. 2020. A framework to manage coastal squeeze. *Sustainability*, 12 (24): 10610. https://doi.org/10.3390/su122410610.

Silva R. H. Oumeraci, M.L. Martínez, V. Chávez, D. Lithgow, B. I. van Tussenbroek, H. F. M. W van Rijswick y T. J. Bouma. 2021. Ten commandments for sustainable, safe, and w/healthy sandy coasts facing global change. *Frontiers in Marine Science,* 8. https:// doi:10.3389/fmars.2021.616321.

Sjogersten, S., B. de la Barreda-Bautista, C. Brown, D. Boyd, H. López-Rosas, E. Hernández, R. Monroy, M. Rincón, C. Vane, V. Moss-Hayes, J. A. Gallardo-Cruz, D. Infante-Mata, J. Hoyos-Santillán, J. Vidal Solórzano, C. Peralta-Carreta, P. Moreno-Casasola. 2021. Coastal wetland ecosystems deliver large carbon stocks in tropical Mexico. *Geoderma*, 403: 115173.

Soares, E., L. Castoreña y E. Ruiz. 2005. Mujeres y hombres que aran en el mar y en el desierto: Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, B.C.S. *Frontera Norte,* 17:67-102.

Solórzano J.V., J.A Gallardo-Cruz, E.J. González, C. Peralta-Carreta, M. Hernández-Gómez, A. Fernández-Montes de Oca y L. G. Cervantes-Jiménez. 2018. Contrasting the potential of Fourier transformed ordination and gray level co-occurrence matrix textures to model a tropical swamp forest's structural and diversity attributes. *Journal of Applied Remote Sensing* 12: 036006.

Spalding M. D., Leal, M. (Editors). 2021. The State of the World's Mangroves 2021. Global Mangrove Alliance. Designed and produced by MSQ Sustain.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Categorías de manejo de áreas protegidas UICN. https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/%C3%A1reas-protegidas/

categor%C3%ADas-de-manejo-de-%C3%A-1reas-protegidas-de-uicn

UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC. 2018. Global distribution of coral reefs, compiled from multiple sources including the Millennium Coral Reef Mapping Project. Version 4.0, updated by UNEP-WCMC. Includes contributions from IMaRSUSF and IRD (2005), IMaRS-USF (2005) and Spalding et al. 2001. Cambridge (UK): UNEP World Conservation Monitoring Centre. URL: http://data.unepwcmc.org/datasets/1

U.S. Army Corps of Engineers. Engineering (USACE). 2012. U.S. Army Corps of Engineers. Engineering With Nature Fact Sheet. https://ewn.el.erdc.dren.mil/pub/EWNFactSheet_Final.pdf.

Valadez-Rocha V., Ortiz-Lozano, L.. 2013. Spatial and temporal effects of port facilities expansion on the surface area of shallow coral reefs. Environmental Management, 52: 250-260.

Valderrama-Landeros, L.H., Martell-Dubois, R., Ressl, R., Silva-Casarín, R., Cruz-Ramírez, C.J., Muñoz-Pérez, J. 2019. Dynamics of coastline changes in Mexico. *Journal of Geographical Sciences,* 29(10): 1637-1654.

Vázquez-Benavides J., López Rosas, H., Moreno-Casasola, P. 2020. Effect of the grass *Leersia hexandra* on the dispersal, seed germination and establishment of *Pachira aquatica* seedlings. *Freshwater Biology*, 65: 1702 -1717.

Velázquez-Salazar S., Rodríguez-Zúñiga, M.T., Alcántara-Maya, J.A., Villeda-Chávez,E., Valderrama-Landeros, L., Troche-Souza, C., Vázquez-Balderas, B., Pérez-Espinosa, I., Cruz-López, M.I., Ressl, R., De la Borbolla, D.V.G., Paz, O., Aguilar-Sierra, V., Hruby, F., Muñoa-Coutiño, J.H. 2021. Manglares de México. Actualización y análisis de los datos 2020. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México CDMX. Pp. 168

Vousdoukas M.I., Ranasinghe, R., Mentaschi, L., Plomaritis,T.A., Athanasiou, P., Luijendijk, A., Feyen, L. 2020.. Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature Climate Change,* 10, 260-263.

World FactBook. 2021. https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/coastline/

World Resource Institute. 2021. http://earthtrends.wri.org/text/coastal-marine/variable-61.html.

Zárate-Lomelí, D. 2004. Instrumentos para la Gestión y el Manejo de la Zona Costera de México En: Rivera Arriaga, E., G.J. Villalobos, I. Azuz Adeath, F. Rosado May. (Eds.) El Manejo Costero en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Enseñanza Técnica y Superior, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad de Quintana Roo. pp 39-50.