

Economía azul y soluciones basadas en la naturaleza en los gradientes costeros

*C. Vázquez-González, P. Moreno-Casasola, J. A. Martínez-Vargas,
M. A. López Ramírez, M. E. Hernández, L.A. Peralta*

Resumen

El concepto de las soluciones basadas en la naturaleza (sbn) surgió en la mitad de la primera década del presente siglo, y desde sus inicios concibió tanto los aspectos sociales como los ecológicos. Surgió a partir de la adaptación basada en las comunidades (abc), y de la adaptación basada en los ecosistemas (abe). En ambos casos, se concibe a los ecosistemas como infraestructura verde y su mediación con la ingeniería ecológica. Más tarde, la economía azul (ea) surgió en la conferencia de Río+20 derivada del concepto de la economía verde (en tierra) y el mejoramiento del bienestar y la equidad social, sobre todo, con el objetivo de reducir los riesgos ambientales y los daños ecológicos. Luego, se publicaron los objetivos del desarrollo sostenible (ods) con la finalidad de enfocarse y mediar entre los aspectos sociales, económicos, ecológicos y culturales. Sin embargo, actualmente existe una presión importante sobre los ecosistemas costero-marinos y los océanos debido a la necesidad de responder a los ods como el hambre cero (2), la salud y bienestar (3), y la energía asequible y no contaminante (7), las cuales son necesidades humanas para el desarrollo de la sociedad como la concebimos. No obstante, también existen las limitaciones de los

ecosistemas, las cuales implican una necesidad vital por el cumplimiento de los ODS como la acción por el clima (13), la vida submarina (14) y los ecosistemas terrestres (15). El objetivo del presente apartado es mostrar las políticas y programas internacionales y nacionales en materia de la EA y las SBN, y desarrollar una descripción general de una propuesta integral de líneas de acción para el manejo de los humedales de agua dulce y los manglares.

Palabras clave: adaptación, humedales-lagunas interdunarias-manglares, servicios ecosistémicos.

Abstract

The concept of nature-based solutions arose in the middle of the first decade of this century, and from its beginnings, it conceived both social and ecological aspects. On the one hand, based on community-based adaptation, and on the other, ecosystem-based adaptation. In both cases, ecosystems are conceived as green infrastructure and their mediation with ecological engineering. On the other hand, the blue economy in Rio+20 derived from the green economy (on land) and the improvement of well-being and social equity, with the objectives of reducing environmental risks and ecological damage. Later, the Sustainable Development Goals (SDGs) were published to focus on and mediate between social, economic, ecological, and cultural aspects. However, there is currently significant pressure on coastal-marine ecosystems and oceans due to the need to respond to SDGs such as zero hunger (2), health and well-being (3), and affordable and clean energy (7), which are human needs for the development of society as we conceive it. However, there are also the limitations of ecosystems, which imply a vital need for compliance with the SDGs, such as climate action (13), underwater life (14), and terrestrial ecosystems (15). Due to its importance at a global, national, and local level, the objective of this section is to show the international and national policies and programs on the subject and, due to the limited nature of the latter, to develop a general description of a comprehensive proposal of lines of action for the management of freshwater wetlands and mangroves in the context of nature-based solutions, the blue economy and the sustainable development goals.

Keywords: adaptation, environmental services, wetlands- dune lakes-mangroves

Introducción

La economía azul (EA) es un concepto que surgió a partir de la conferencia de Río+20 derivado del enfoque de la economía verde y el mejoramiento del bienestar y la equidad social, así como de la reducción de los riesgos ambientales y los daños ecológicos (UNEP *et al.*, 2012). Desde la economía verde (ecosistemas terrestres) hacia la EA (costas, mares y océanos), se ha resaltado la importancia de la protección de las costas, los mares y los océanos debido a que son la base para el manejo sostenible de la zona costera (Patil *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2020), ya que brindan servicios ecosistémicos de provisión y soporte (Moreno-Casasola, 2016a), de regulación (Moreno-Casasola *et al.*, 2017) y culturales (Millennium-Ecosystem-Assessment, 2005). Por esta razón, estos ecosistemas son cruciales en la consecución de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), específicamente: hambre cero (ODS 2) (Funk y Brown, 2009), salud y bienestar (ODS 3) (Borja *et al.*, 2020), energía asequible y no contaminante (ODS 7) (Quirapas y Taeihagh, 2021), y la acción por el clima (ODS 13) (Galland *et al.*, 2012). Sin embargo, esto generalmente supone un costo de oportunidad con respecto a los ODS 14 y 15, vida submarina y vida de ecosistemas terrestres, respectivamente (Singh *et al.*, 2018). Tal y como lo señalaron investigaciones enfocadas al análisis de los impactos sociales (Vázquez-González y Bonilla Fernández, 2020) y ambientales ocasionados por la generación de energía eléctrica en las zonas costeras (Vázquez-González *et al.*, 2020a; Vázquez-González *et al.*, 2020b), y en los mares y océanos (Martínez *et al.*, 2021).

La EA es producto de las interrelaciones entre los seres humanos y los sistemas costero-marinos y océanos; por esta razón, se enfrenta a una disyuntiva entre ponderar los ODS antropocéntricos o los ecosistémicos (ODS 14 y 15). El cumplimiento de ambos enfoques implica la necesidad de establecer acciones y estrategias enfocadas a la planificación costero-marina, con la finalidad de basarse en una gestión sostenible de los recursos a través de actividades que promuevan no sólo el desarrollo económico, sino también la mejora de los medios de vida, y preserven, al mismo tiempo, la riqueza de la biodiversidad. Estas acciones y estrategias pueden ser generadas a partir de la aplicación del marco analítico de las soluciones basadas en la naturaleza (SBN), las cuales se refieren a las acciones-políticas para restaurar, proteger y manejar los ecosistemas prístinos o modificados, y de esta forma, enfrentar y adaptarse a amenazas como la disponibilidad del agua, el riesgo de desastres por disturbios naturales y/o antropogénicos, los impactos del cambio climático, la pérdida de los ecosistemas y la biodiversidad, entre otros; y de forma simultánea, proveer bienestar a los seres humanos debido a los beneficios que proporciona la biodiversidad (Dumitru y Wendling, 2021).

Dentro de las SBN existen dos líneas estratégicas que son complementarias: 1) la adaptación basada en los ecosistemas (ABE) y 2) la adaptación basada en las comunidades (ABC). Mientras la primera se centra en el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos del cambio climático

(Hagenlocher *et al.*, 2018), la segunda se refiere a la integración del conocimiento tradicional para disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia, así como fortalecer las capacidades sociales para enfrentar el cambio climático, cuyas líneas de acción están orientadas a la organización social (Enamul Haque *et al.*, 2022; Roy *et al.*, 2022). Debido a que estas acciones son inspiradas y soportadas por y para la naturaleza, así como copiadas de ésta, se enfocan en la implementación de diversas características y procesos naturales, los cuales son eficientes en el uso de los recursos y se adaptan a diferentes ecosistemas. Asimismo, enfrentan desafíos sociales, ambientales y económicos, y de esta forma, sus objetivos están íntimamente ligados con los ODS (Somarakis *et al.*, 2019).

Tanto a nivel global como a nivel nacional es de suma importancia la alineación entre los objetivos de la EA y de las SBN (ABE y ABC) para la conservación de las costas, mares y océanos. Ello tiene la finalidad de generar acciones y estrategias enfocadas a la planificación costero-marina, y de esta forma, aterrizar el concepto de la economía azul, en términos del manejo de los sistemas costero-marinos, en particular, a los humedales costeros de agua dulce y manglares, debido a lo importante que resulta su conectividad para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que ofrecen

a la sociedad (LaPoint *et al.*, 2015; Vázquez-González *et al.*, 2017; Hagger *et al.*, 2022), los cuales son relevantes para sostener los medios de vida y los capitales-activos de los hogares costeros (Daw *et al.*, 2016).

El deterioro y la pérdida de los humedales de agua dulce (herbáceos, arbóreos y cuerpos de agua como las lagunas interdunarias) y los manglares, ha llevado a la pérdida parcial o total de los servicios ecosistémicos de provisión, regulación, soporte, culturales y de información (Moreno-Casasola, 2016a; Vázquez-González *et al.*, 2016). Debido a la importancia de mantener la interacción entre los ecosistemas costeros y los servicios de regulación que brindan a la sociedad y al sostenimiento de la EA de las costas y mares, el objetivo del presente apartado es mostrar las políticas y programas internacionales y nacionales en la EA y las SBN y desarrollar líneas de acción para el manejo de los humedales de agua dulce y los manglares en el contexto de las SBN. De esta forma, primero se muestran las propuestas internacionales que se están manejando en el tema de la EA, y segundo, se exponen las propuestas nacionales con un compendio con las medidas de los servicios de regulación de los ecosistemas costeros y un breve análisis de las SBN para mantener los servicios ecosistémicos de regulación.

Soluciones basadas en la naturaleza, economía azul y objetivos del desarrollo sostenible

El concepto de las SBN fue introducido por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y el Banco Mundial a finales de la primera década del siglo XXI (Pauleit *et al.*, 2017), mientras la

EA surgió en 2012 durante la conferencia de Rio+20 (UNEP *et al.*, 2012), y los ODS fueron lanzados en 2015 (Lee *et al.*, 2020). Por esta razón, su alineamiento resulta complejo y asimétrico, esto último para

términos prácticos en lo que se refiere a la protección y la conservación de los ecosistemas costero-marinos. Las SBN surgieron bajo dos ejes de acción: i) cambio climático debido al calentamiento global y 2) el impacto antropogénico sobre el planeta y sus efectos sobre la biodiversidad (UNEP, 2020). En el caso de la EA, ésta tiene un abanico de opciones más amplio; sin embargo, parte medular de sus acciones es enfocarse en actividades antropogénicas que puedan ser consideradas rentables en el mediano y largo plazo con la finalidad de obtener beneficios económicos por el carbono azul, tales como la restauración ecológica de humedales costeros de agua dulce y manglares (Benessaiah, 2012; Ebarvia, 2016; UNDP, 2018).

Tanto las SBN como la EA y su planificación espacial tienen en común la protección y conservación de los ecosistemas costero-marinos, con la finalidad de mantener los medios de vida de las comunidades, así como su acceso a los servicios ecosistémicos. Ejemplo de esto, son los proyectos para conservar el carbono azul, los cuales se refieren al carbono orgánico que es capturado y almacenado por los océanos y los ecosistemas costeros, particularmente los pastos marinos, las marismas y los manglares (Mareadie, 2019; Spivak *et al.*, 2019; Kacem *et al.*, 2022), además del carbono almacenado por los humedales costeros de agua dulce (Hernandez *et al.*, 2015; Hernández y Moreno-Casasola, 2018; Sjögersten *et al.*, 2021), el cual no está incluido dentro del término de carbono azul. Los términos SBN y EA han seguido un desarrollo ontológico para integrarse en una construcción de mayor complejidad y conformar marcos analíticos y de trabajo, los cuales pueden ser aplicados para alcanzar, o bien, avanzar hacia los ODS, específicamente:

- **Hambre cero (ODS 2).** Tanneberger *et al.* (2021) mencionaron que las turberas (humedales de agua dulce) pueden asegurar comida y nutrición de calidad, el manejo natural y sustentable de los recursos costeros, así como fortalecer los sistemas agro pastoriles.
- **Salud y bienestar (ODS 3).** Hopkins *et al.* (2021) señalaron que la restauración de los ecosistemas y su biodiversidad puede disminuir dramáticamente la incidencia de enfermedades debido a la eliminación de diferentes fuentes y vectores de transmisión de enfermedades, lo que contribuye a la salud de las poblaciones y al bienestar de las comunidades y ciudades.
- **Agua limpia y saneamiento (ODS 6).** Al respecto, los ecosistemas costeros pueden contribuir a la depuración y obtención de agua apta para el consumo humano (Thorlund *et al.*, 2017; Ramírez-Agudelo *et al.*, 2020). Por ejemplo, los popales y los tulares pueden retener contaminantes en el suelo tales como la atrazina (Cejudo-Espinosa *et al.*, 2009), y disminuir su concentración en los cuerpos de agua superficial.
- **Energía asequible (ODS 7).** Las costas y mares son zonas que pueden ser aprovechadas para las fuentes renovables de generación de energía eléctrica con costos relativamente más bajos que las fuentes convencionales (Veerabhadrapa *et al.*, 2022); además, puede contribuir a la reducción de las emisiones de carbono debido a que la operación y el mantenimiento implican una menor cantidad total de emisiones (Ampuno *et al.*, 2021).
- **Ciudades y comunidades resilientes (ODS 11).** Los centros urbanos con mayor cobertura de hábitats que proveen

servicios ecosistémicos muestran una mayor resiliencia en su configuración socio-ecológica, es decir, los habitantes adaptan sus espacios y hogares con la finalidad de preservar y conservar los beneficios de los ecosistemas (Pan *et al.*, 2021). En este sentido, los ecosistemas costeros, tales como los humedales de agua dulce, los manglares y estuarios proveen servicios como el hábitat para especies de interés comercial en las pesquerías (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008; Vázquez-González *et al.*, 2015) y la protección contra tormentas (Costanza *et al.*, 2008; Vázquez-González *et al.*, 2019). Este ODS ha avanzado hasta constituir las llamadas ciudades esponja (Li *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021), que desde 2014 se conformaron como una política de urbanismo en China, y están basadas en la reducción de la cantidad de superficies duras, así como en aumentar la cantidad de tierra absorbente —en particular los espacios verdes—, en usar sistemas eficientes de canalización y almacenamiento para contrarrestar la frecuencia de la escasez de agua en las ciudades, y en constituir centros de recreación y educación para la población.

- **Acción por el clima (ODS 13).** Los humedales de agua dulce y los manglares capturan y almacenan carbono en el suelo (Hussain y Badola, 2008; Campos *et al.*, 2011), lo que tiene un valor en el mercado con base en las metodologías del Protocolo de Kyoto y REDD+ (Vázquez-González *et al.*, 2017), y actualmente, es impulsado por diferentes organizaciones a nivel global, cuyos objetivos no sólo están dirigidos a la protección, conservación y recuperación de los ecosistemas a través de la restauración para la captura de carbono, sino también al mejoramiento de los medios de vida de las comunidades costeras que habitan en las zonas de restauración.
- **Vida submarina (ODS 14) y vida de ecosistemas terrestres (ODS 15).** Los ecosistemas costeros terrestres son críticos para la conservación de la biodiversidad de las costas y mares debido a los flujos biogeoquímicos y a la conectividad entre la tierra y el mar (Carlson *et al.*, 2021). Por ejemplo, una gran cantidad de especies se desarrollan tanto en los ecosistemas costeros (en tierra) como en el mar (UNEP *et al.*, 2012; UNEP, 2020).

Programas internacionales relacionados con la economía azul

Costo-beneficio de las defensas basadas en la naturaleza

Los objetivos del programa intitulado “*The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-Based Defences*” (Narayan *et al.*, 2016) están enfocados a la reducción del riesgo por desastres a través de la inversión en la naturaleza como

infraestructura verde. Por ejemplo, desde la perspectiva de la ingeniería ecológica, Cheong *et al.* (2013) expusieron el uso de diferentes aproximaciones de adaptación costera como una estrategia integral-combinada para el aprovechamiento de los humedales de agua dulce y los manglares con la finalidad de utilizarlos para reducir

el pico de inundaciones tanto por causas fluviales como por el oleaje. En el mismo sentido, Morris *et al.* (2018) resaltaron la importancia de los ecosistemas costero-marinos (humedales de agua dulce, manglares y dunas costeras), así como la necesidad de realizar y tomar en cuenta los análisis de costo-beneficio (económicos y sociales) para evaluar el portafolio completo de servicios ecosistémicos provistos con la finalidad de sopesar entre las obras de ingeniería gris y las de ingeniería ecológica. Un ejemplo de esto son las “costas vivas” que han demostrado tener la capacidad de absorción de la energía del oleaje, lo que favorece al aumento en la abundancia y la diversidad de especies económicamente importantes y la disminución de la erosión costera (Scyphers *et al.*, 2011; Christianen *et al.*, 2018). Reto tecnológico azul

El programa “*Blue Tech Challenge*” es conocido por proporcionar asistencia técnica, así como financiamiento para oportunidades en el desarrollo de negocios de EA. Es uno de los instrumentos tanto en América Latina y en el Caribe que puede ser aprovechado con el objetivo de restaurar y conservar ecosistemas costero-marinos y océanos para el mantenimiento del carbono azul y de acciones concretas y específicas para la mitigación del cambio climático. Al respecto, Lovelock y Duarte (2019) apuntaron sobre la importancia de los manglares, los humedales costeros de agua dulce y los pastos marinos en la remoción de las emisiones de carbono. De esta forma, Nakamura (2022) resaltó el establecimiento de proyectos de créditos por compensación de carbono para favorecer no sólo a la conservación, sino también a la restauración de los ecosistemas costeros, así como a la mitigación del cambio climático, y generar los beneficios económicos en las comunidades

a nivel global e integrar los ODS, y en particular, los objetivos dos y ocho, hambre cero y trabajo digno, respectivamente.

Reto tecnológico azul

El programa “*Blue Tech Challenge*” es uno de los instrumentos tanto en América Latina y en el Caribe que puede ser aprovechado para restaurar y conservar ecosistemas costero-marinos y océanos, para el mantenimiento del carbono azul, así como para acciones concretas y específicas para la mitigación del cambio climático. Al respecto, Lovelock y Duarte (2019) apuntaron sobre la importancia de los manglares, los humedales costeros de agua dulce y los pastos marinos en la remoción de las emisiones de carbono. Asimismo, Nakamura (2022) resaltó el establecimiento de proyectos de créditos por compensación de carbono para favorecer no sólo a la conservación, sino también a la restauración de los ecosistemas costeros, así como a la mitigación del cambio climático, y generar los beneficios económicos en las comunidades a nivel global e integrar los ODS, y en particular, los objetivos dos y ocho, hambre cero y trabajo digno, respectivamente. Sin embargo, en muchos países abundan los ecosistemas costeros de agua dulce (denominados carbono verde azul), los cuales requieren ser incluidos en esta iniciativa para fortalecerla.

Iniciativa de economía azul sostenible

Derivado del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por su acrónimo en inglés), en 2019 y sin un horizonte de tiempo definido, se estableció la iniciativa de la EA sostenible, la cual a diferencia de programas antecesores, incluyó no sólo las estrategias y decisiones a nivel macro de las políticas económicas y públi-

cas, sino también las acciones específicas como la administración del espacio oceánico y sus recursos, así como el enfoque de los ODS y la ABE tales como la restauración y conservación de los hábitats costero-marinos, con la finalidad de mantener un estado saludable y sostener actividades como las pesquerías (tabla 1).

Estrategia para la economía azul en Barbados

Lanzada en 2019, la “*Strategic Roadmap for the Blue Economy in Barbados*” está dentro de los primeros documentos sobre la EA en América Latina y el Caribe. Esta estrategia establece la necesidad de desarrollar un

marco de política integrada y un plan de acción estratégico para una EA. Sus líneas específicas son: concienciar a los sectores privado y público sobre la importancia de la economía azul y liderar los esfuerzos destinados a expandir la contribución de la economía azul. Dentro de los principales puntos están el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas y recursos marinos y de los océanos. Al respecto, los Estados del Caribe agrupados en la Comunidad del Caribe (CARICOM), son una muestra de la organización a nivel institucional, cuyos objetivos van más allá de los aspectos diplomáticos tradicionales y han trascendido a la esfera de la EA; sin embargo, existen diver-

Tabla 1. Nombre y objetivo general de los planes o programas en materia de economía azul, soluciones basadas en la naturaleza y objetivos del desarrollo sostenible).

| Nombre | Año | Objetivo general | Referencia |
|---|------------|---|------------------------------|
| The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-Based Defenses | 2016 | Es menester de este programa demostrar la efectividad de las SBN con relación a la protección contra los peligros costeros y el aumento del nivel del mar. Por esta razón, es necesario: 1) analizar las áreas de estudio para la reducción del oleaje dentro de los hábitats costeros y la variación de los parámetros, y 2) mapear y conjuntar la información de diferentes proyectos de defensa o protección basados en la naturaleza. | Narayan <i>et al.</i> (2016) |
| Blue Tech Challenge | 2018 | Proporcionar asistencia técnica, así como financiamiento para oportunidades en el desarrollo de negocios de EA. | GFL (2022) |
| Iniciativa de Economía Azul Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente | 2019 | Adoptar decisiones sobre la EA sostenible, cartografiar, evaluar y valorar los ecosistemas marinos y costeros y sus servicios, establecer las vías de políticas económicas para el uso circular y eficiente de los recursos y estrategias de reducción de la contaminación, utilizar de forma óptima el espacio oceánico y sus recursos, 5) financiar la EA sostenible, y construir las capacidades y puesta en práctica de los conocimientos técnicos. | UN (2019) |
| Strategic Roadmap for the Blue Economy in Barbados | 2019 | Desarrollar un marco de política integrada y plan de acción estratégico para una economía azul. | Compete-Caribbean (2019) |
| Declaración de Nairobi sobre la Economía Azul Sostenible | 2020 | Desarrollar las líneas guía y de acción para construir el camino hacia la economía azul y la planificación de las costas, mares y océanos. | UNESCO (2020) |
| Estrategia a Mediano Plazo 2018-2021 | 2016 | Mantener y restaurar la biodiversidad, el funcionamiento de los ecosistemas, y el suministro de bienes y servicios para 2030 | UNEP (2016) |
| Marco Global de Biodiversidad Kunming-Montreal | 2022 | Proteger y restaurar la naturaleza para las generaciones presentes y futuras garantizando un uso sostenible de los recursos. | ONU-CDB (2022) |

gencias importantes entre los diferentes Estados miembros y su forma de abordar este concepto, así como los aspectos relevantes de los beneficios sociales, económicos y ecológicos de los ecosistemas costero-marinos (Hassanali, 2020 y 2022).

Declaración de Nairobi sobre la Economía Azul Sostenible

Además de la presente declaración (tabla 1), se han concretado acciones internacionales para lograr una transición hacia una EA a partir de estrategias que llenen las lagunas entre lo económico, social y ecológico. Por ejemplo, en el caso de los aspectos de la integración social como la gobernanza de los sistemas pesqueros y su relación con el comercio ilegal de los recursos marinos, se han diseñado programas de inclusión e integración de las comunidades pesqueras, los cuales no sólo mejoran el estado y la disponibilidad de las especies comerciales, sino también promueven las mejoras de las condiciones ecosistémicas, y muchas veces los aspectos relacionados con la resiliencia climática.

La presente declaración retoma los aspectos de las actividades económicas responsables en los océanos, así como la inversión en éstos, y, sobre todo, en la incorporación de los ecosistemas costero-marinos debido a los beneficios directos que tienen en la sociedad. Esto se suma a la inclusión de sectores y grupos en estado de vulnerabilidad y mayor grado de marginación, con la finalidad de integrarlos en las cadenas de valor asociadas a las actividades de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Como parte de las iniciativas a nivel mundial para lograr una transición hacia economías más sostenibles, organizaciones como la ONU han desarrollado programas de financiamiento para incentivar a los

países a invertir en actividades económicas que estén alineadas con el ODS 14. Uno de estos programas es la Iniciativa de Financiamiento de la Economía Azul Sostenible, la cual busca la intersección de las finanzas privadas con la salud del océano en la comunidad global (UN, 2020b). Sin embargo, aun cuando se implementen los esfuerzos antes mencionados, una situación que ha resaltado es lo complejo de la coordinación a nivel regional-global para el cuidado de los océanos, ya que cada Nación tiene sus particularidades en términos de la gobernanza, y de los recursos financieros que pueden destinar, del área oceánica que les pertenece y de las actividades marinas prioritarias, etc. Esto ha llevado a que los planes mundiales sean adaptados para cada región (eg. Mediterráneo, Caribe, Asia Oriental, Pacífico Noroccidental), como en el caso de los Convenios y Planes de Acción de Mares Regionales (UNEP, 2020), o bien, a cada país, tal y como sucede con el programa “Go Blue” desarrollado en Kenia (EU, 2022).

Acciones globales para construir una economía oceánica sostenible

Las SBN surgieron en la primera década del presente siglo (UNEP, 2020), mientras que la EA surgió en 2012 (Ivanova *et al.*, 2017) y los ODS fueron publicados en 2015 (UN, 2019). Como resultado, se han elaborado y propuesto líneas de acción con la finalidad de construir una economía oceánica sostenible, o bien, un uso y aprovechamiento sostenible de los recursos costero-marinos y oceánicos en el marco de los documentos antes mencionados. Este es el caso del programa intitulado “Cinco Acciones Globales para Construir una Economía Oceánica Sostenible”:

- **Promover sustitutos materiales menos contaminantes para el océano.** Existen diferentes investigaciones que han alertado sobre la actual contaminación oceánica, sobre todo en puntos específicos del globo, y en particular, debido a eventos globales, tal y como ocurrió con la generación de una mayor cantidad de residuos plásticos utilizados en el sector salud debido a la pandemia por COVID-19 (Stoett, 2022).
- **Firmar y aplicar un acuerdo global para regular las subvenciones a la pesca.** Esta alternativa es de suma importancia debido a los diferentes efectos directos tanto económicos como sociales, y a los efectos indirectos ecológicos que pueden tener los subsidios, tales como la pérdida de hábitats y ecosistemas por el incremento de las artes de pesca no sostenibles y que son generalmente financiadas por las empresas con mayor capacidad de calado (Rickard, 2022; Ayilu *et al.*, 2023).
- **Abordar la inclusión de todos los sectores sociales y la distribución equitativa de los recursos.** Este punto resulta de vital importancia ya que existe una asociación entre la degradación de los ecosistemas costero-marinos y la inequidad social relacionada con la zonificación espacial. Al respecto, Dickert y Sorensen (1974) mencionaron que los programas de desarrollo económico y protección ambiental suelen fallar en otorgar una amplia consideración tanto a la equidad como a los valores sociales. Por ello, generalmente las políticas de administración y protección de los ecosistemas resultan ser regresivas en términos de la equidad social. En este sentido, diferentes autores han señalado la necesidad de considerar la inclusión

de todos los sectores no sólo en la distribución equitativa de los recursos, sino también en la definición y construcción de instrumentos de protección, tales como los ordenamientos ecológicos del territorio y las Áreas Naturales Protegidas costero-marinas (Oldekop *et al.*, 2016; Anaya y Espíritu-Santo, 2018).

En general, las acciones propuestas tanto por el Grupo de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, como por los diversos programas de cada nación y/o región, están dirigidas específicamente a los ODS 8 y 14, tanto implícita como explícitamente. Por lo que, la mayoría de los programas no consideran los ecosistemas tierra adentro, situación que dificulta el establecimiento de una política integral de reducción de la contaminación. Al respecto, Pedersen Zari *et al.* (2019) resaltaron la importancia del restablecimiento de los servicios ecosistémicos a partir de la restauración de los ecosistemas terrestres y costero-marinos debido a su conectividad con los ecosistemas oceánicos, así como la conectividad que implica la contaminación desde tierra hasta los océanos. De la misma forma, la Geneva Environment Network estableció una serie de lineamientos y objetivos específicos para catalizar el compromiso entre los tomadores de decisiones de diferentes niveles y los sectores de la economía, y de esta manera, conjuntar esfuerzos hacia la implementación de un marco de trabajo para la biodiversidad global, el cual estará dirigido con una visión de “vivir en armonía con la naturaleza”. Por esta razón, este marco de trabajo ofrece alternativas que integran agendas como la de cambio climático en la UNFCCC, la reducción del riesgo por desastres (UNDRR, 2015), la desertificación (UNCCD, 2021) y los ODS (UN, 2020a), y se enfoca en la conservación y

la restauración de los ecosistemas desde la parte terrestre hasta la interacción con los sistemas costero-marinos.

Una de las pocas iniciativas que contemplan los ecosistemas terrestres y marinos para una adecuada gestión es la “Estrategia a Mediano Plazo 2018-2021” de la UNEP a través del subprograma “Ecosistemas Sanos y Productivos”. De la misma forma, una de las estrategias más recientes es el “Marco Global de Biodiversidad Kunming-Mon-

real” (2022) que tiene por objetivo proteger y restaurar la naturaleza para las generaciones presentes y futuras garantizando un uso sostenible de los recursos. De manera específica, considera la restauración, conservación y gestión del 30% de los ecosistemas terrestres y costeros que se encuentran degradados para el 2030, abordando las problemáticas consecuencia del cambio climático desde el punto de vista de las SBN (tabla 1).

Programas nacionales

La República Mexicana tiene 12 018 km de extensión litoral, de los cuales 3 051 km corresponden al territorio (INEGI, 2020). Esto supone una connotación espacial en términos político-administrativos, ya que actualmente se tienen considerados 263 municipios costeros. De éstos, 150 son considerados municipios interiores adyacentes con influencia costera media y alta, y una porción insular representada por las islas nacionales con base en la definición de la Política Nacional de Mares y Costas de México (DOF, 2018). El crecimiento poblacional en las zonas costeras ha presionado al cambio de uso del suelo en el ambiente costero-marino a partir del incremento poblacional, el crecimiento de las ciudades costeras y el desarrollo de infraestructura física para las actividades antropogénicas, tales como los desarrollos portuarios (Hosain *et al.*, 2021), los turísticos de gran escala (Saha y Paul, 2021) y los habitacionales (Pasquali y Marucci, 2021). Este crecimiento ha llevado al deterioro y/o la pérdida de ecosistemas costeros tales como los humedales de agua dulce (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012), las ciénegas, los

manglares y estuarios, así como las dunas y playas (Martínez *et al.*, 2014).

El deterioro y la pérdida de los humedales de agua dulce (herbáceos, arbóreos y cuerpos de agua) y los manglares ha llevado a la reducción y degradación de los servicios ecosistémicos de provisión, regulación, soporte y culturales y de información (Moreno-Casasola, 2016a; Vázquez-González *et al.*, 2016). Debido a la importancia de mantener la interacción entre los ecosistemas costeros y los servicios de regulación que brindan a la sociedad y al sostenimiento de la EA de las costas y mares, se muestran los planes, programas y/o acciones nacionales que han sido impulsadas con la finalidad de atender los problemas relacionados con el manejo de las costas, mares, océanos, en el contexto de la EA y las SBN (Ver Capítulo 2 del presente Libro).

Ley General de Cambio Climático

La ley General de Cambio Climático que tiene como objetivo “*garantizar el derecho a un medio ambiente sano..., para la adaptación al cambio climático...*” (tabla 2), surge

Tabla 2. Programas, leyes y proyectos nacional relacionados con la economía azul.

| Nombre del programa | Año | Objetivos | Referencia |
|--|------------|---|-----------------------------|
| NOM-022-SEMAR-NAT-2003 | 2003 | <ul style="list-style-type: none"> • Establece las especificaciones que regulen la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar con el fin de mantener sus funciones hidrológicas, de contigüidad, mantenimiento de la biodiversidad y estabilización costera. | DOF (2003) |
| Ley General de Cambio Climático | 2012 | <ul style="list-style-type: none"> • Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases. | Congreso de la Unión (2014) |
| Estrategia Nacional de Cambio Climático | 2013 | <ul style="list-style-type: none"> • Conducir la política nacional en el mediano y largo plazo para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono, así como describir los ejes estratégicos y líneas de acción para orientar las políticas públicas. | SEMARNAT (2013) |
| Soluciones basadas en la naturaleza: Áreas Naturales Protegidas | 2014 | <ul style="list-style-type: none"> • Atender la emergencia climática actual y exponer las acciones que para garantizar la continuidad de las medidas de mitigación y adaptación impulsadas en el terreno por el proyecto Resiliencia. | SEMARNAT e INECC (2021) |
| Soluciones basadas en la naturaleza para la resiliencia hídrica | 2017 | <ul style="list-style-type: none"> • Reducir la vulnerabilidad hídrica en comunidades y en sus medios de vida en cuencas prioritarias para contribuir a la resiliencia y seguridad hídrica en el contexto de cambio climático. | PNUD-México (2017) |
| Conservación de cuencas hidrográficas costeras en el contexto de entornos cambiantes | 2019 | <ul style="list-style-type: none"> • Promover la conservación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y apoyar la agrosilvicultura sostenible a través de una mejor gestión de las cuencas hidrográficas costeras que las rodean, desde un enfoque inclusivo que aborde la deforestación y la pérdida de especies. | GEF (2019) |
| Desafío de Bonn – Barómetro de la Restauración en México | 2019 | <ul style="list-style-type: none"> • Rastrear los avances en restauración de ecosistemas terrestres y los beneficios climáticos, de biodiversidad y socioeconómicos que tienen las áreas restauradas. • Restaurar 8,468 280 ha al 2030 con ayuda de la CONAFOR. | Dave <i>et al.</i> (2019) |
| Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales | 2020 | <ul style="list-style-type: none"> • Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, para mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población. • Fortalecer la acción climática para transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes. • Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes y eficientes para lograr un ambiente sano y donde una sociedad participativa en su gestión. • Promover un entorno libre de contaminación del agua, aire y suelo para contribuir al pleno derecho a un ambiente sano. • Fortalecer la gobernanza a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las políticas públicas, y asegurar el acceso a la justicia ambiental con un enfoque territorial y de derechos humanos. | SEMARNAT (2020) |
| Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024 | 2020 | <ul style="list-style-type: none"> • Contribuir como actividad de pesca y acuicultura a la seguridad alimentaria prioritariamente a la población ubicada en las zonas rurales. • Mejorar el ingreso y reducir la pobreza de las comunidades pesqueras y acuícolas. • Garantizar el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas de interés comercial. | CONAPESCA (2020) |

para dar respuesta a los nuevos retos y desafíos que se plantearon los reportes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). En el Artículo 2do se establece de forma detallada su objeto, el cual está centrado en la reducción de las emisiones de carbono a la atmósfera en todos los sectores de la economía, así como en disminuir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país ante el cambio climático. Por esta razón, la Ley estableció las competencias legales y administrativas a cada uno de los niveles y órdenes del Gobierno, las disposiciones generales para el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), las disposiciones en materia de la evaluación del cumplimiento de la reducción de emisiones, los principios generales de la formulación de la Política Nacional de Cambio Climático, así como los criterios de la adaptación y mitigación, y del Sistema Nacional de Cambio Climático. En el capítulo II “Adaptación”, Artículo 29, Fracción IV, se establece como acciones de adaptación los programas de manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, en especial en zonas costeras, marinas, de alta montaña, semiáridas, desérticas, etc. Al respecto, las SBN establecen como uno de sus objetivos prioritarios la restauración de los ecosistemas con la finalidad de disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de las poblaciones y comunidades, al mismo tiempo que se restablecen la salud de los ecosistemas (Pauleit *et al.*, 2017, Hughes, 2021).

Estrategia Nacional de Cambio Climático

Este documento fue publicado en 2013 y tiene como objetivo conducir la política nacional en el mediano y largo plazo para enfrentar los efectos del cambio climático y

transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono, así como describir los ejes estratégicos y líneas de acción con base en la información disponible del entorno presente y futuro para orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno, y fomentar la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad (SEMARNAT, 2013). Dentro de sus principales objetivos específicos y/o metas están:

- La sostenibilidad en el aprovechamiento de los ecosistemas.
- La corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad.
- La precaución ante la incertidumbre.
- Prevención de los daños al ambiente y preservación del equilibrio ecológico.
- Adopción de patrones de producción y consumo sostenibles.
- Integralidad y transversalidad en el enfoque de coordinación y cooperación entre órdenes del gobierno y los sectores social, público y privado.
- Participación ciudadana efectiva.
- Responsabilidad ambiental.
- Transparencia, acceso a la información y a la justicia.
- Compromiso con la economía y el desarrollo económico sin vulnerar la competitividad frente a los mercados internacionales.

Soluciones basadas en la naturaleza para la resiliencia hídrica

Como parte del Programa Estratégico 2017-2021, el PNUD se planteó promover las soluciones basadas en la naturaleza para atender la problemática relacionada con el estrés hídrico, esto con el objetivo de reducir la vulnerabilidad hídrica de las comunidades y sus medios de vida en cuencas

prioritarias y contribuir a la resiliencia y a la seguridad hídrica en el contexto del cambio climático. Para ello se estructuraron tres objetivos específicos (UN, 2017):

- Delimitar y focalizar zonas prioritarias de servicios ecosistémicos hidrológicos para las comunidades locales y sus medios de vida en las cuencas bajo escenarios de cambio climático.
- Promover el co-diseño e implementación piloto de las SBN para la gestión sostenible del agua en las cuencas, con apego a criterios de sostenibilidad, inclusión y gobernanza.
- Fortalecer los instrumentos y mecanismos de gobernanza territorial para la gestión sostenible del agua, incorporando criterios de resiliencia climática y seguridad hídrica con la participación social y el enfoque de derechos.

Como resultado, se espera contar con estrategias de planeación territorial para la gestión sostenible del agua en las cuencas hidrológicas prioritarias, lo que favorecerá el incremento de los servicios ecosistémicos de provisión y reabastecimiento, así como el fortalecimiento de la gobernanza territorial con base en la incorporación de criterios de inclusión y resiliencia y sus externalidades en la zona costera (UN, 2017).

Soluciones basadas en la naturaleza:

Áreas Naturales Protegidas

Esta propuesta forma parte del documento “*Resiliencia. Áreas Naturales Protegidas: Soluciones naturales a retos globales*” publicado en 2014 y tiene como objetivo atender la emergencia climática actual y exponer las acciones para garantizar la continuidad de las medidas de mitigación y adaptación impulsadas por el proyecto. Para lograrlo se

expusieron los siguientes objetivos específicos:

- Reducir la vulnerabilidad climática de las personas con un enfoque de ABE.
- Mejorar la efectividad de la gestión del territorio ante dichos escenarios.
- Planificación y gestión de la información para orientar la toma de decisiones bajo escenarios de cambio climático.
- Certificar e implementar medidas de adaptación en el territorio.

Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT)

Este programa surgió en 2020 a raíz del aumento en la crisis climática, que en México significó la pérdida de hábitats por el cambio de uso del suelo y la contaminación de otros, incluidas las reservas hídricas. Estas últimas se consideran primordiales para el funcionamiento nacional, pues su mal estado repercute desde lo local hasta el Producto Interno Bruto (PIB) del país. En este sentido, el PROMARNAT 2020-2024 está dividido en cinco objetivos primordiales, los cuales están enfocados principalmente en la seguridad hídrica para construir un modelo viable de desarrollo económico, ordenamiento político e inclusión de todos los sectores sociales (tabla 2):

- Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas.
- Fortalecer la acción climática para transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes.
- Promover el agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces

que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.

- Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.
- Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública.

Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024

Considerando que México cuenta con una flota pesquera de 76 036 embarcaciones mayores, 74 286 embarcaciones menores registradas, y una producción de peso vivo de 2.1 millones de toneladas en 2017 con un valor de 40 mil millones de pesos mexicanos (\$MXN), lo que equivale al 0.08 % del PIB nacional, se desarrolló el Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024. Este programa busca coadyuvar en la consecución de los objetivos nacionales tales como la autosuficiencia alimentaria, el impulso de la reactivación económica, la detonación del crecimiento económico, y la incorporación de la ciencia y la tecnología mediante los siguientes objetivos prioritarios (CONAPESCA, 2020):

- Contribuir como actividad a la seguridad alimentaria, prioritariamente a la población ubicada en zonas rurales.
- Mejorar el ingreso y reducir la pobreza de las comunidades pesqueras y acuícolas.
- Garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros y acuícolas de interés comercial.

Desafío de Bonn- Barómetro de la Restauración en México

El Desafío de Bonn fue lanzado a nivel mundial en 2016 con la finalidad de rastrear los avances en materia de restauración de ecosistemas terrestres y sus beneficios climáticos, en la biodiversidad y en los factores socioeconómicos que tienen las áreas restauradas (Dave *et al.*, 2019). En México, el compromiso fue restaurar 8 468 280 ha al 2030 con ayuda de la CONAFOR. Como resultado, se tienen contabilizados los avances a partir del año 2011 con 5 219 986 ha restauradas, es decir, 61 % de la meta del desafío. Dentro de este avance se considera la restauración en zonas costeras y de manglar, con un aporte de 6 219 ha intervenidas a lo largo de 33 proyectos, lo que representa sólo el 0.12 % del avance. Por otro lado, el desafío no sólo considera a la restauración, sino también a las actividades que sean incluyentes de todos los grupos sociales y comunidades vulnerables, que promuevan la generación de empleos, que aumenten la captación de CO₂ (Hernández-Castán *et al.*, 2022).

Conservación de cuencas hidrográficas costeras en el contexto de entornos cambiantes

El objetivo de este proyecto del 2013, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Banco Mundial, fue promover la conservación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y apoyar la agrosilvicultura sostenible a través de una mejor gestión de las cuencas hidrográficas costeras que las rodean, desde un enfoque inclusivo que aborde la deforestación y la pérdida de especies. En etapas posteriores se contempló la intervención de la CONANP, la CONAFOR y el INECC para promover la

resiliencia climática, el uso sostenible de la tierra y los medios de vida sustentables para las comunidades locales. Los logros del proyecto abarcan más de 1.75 millones de ha de ANP costeras bajo el manejo sustentable, además de 16 000 habitantes capacitados en resiliencia, y 35 784 ha con apoyos por pago de servicios ecosistémicos, y el desarrollo e introducción de Planes de Acción Integrados de Cuencas Costeras para Tuxpan, Antigua, Jamapa, Baluarte, San Pedro y Vallarta (GEF, 2019).

NOM-022-SEMARNAT-2003

Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones que regulen la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar con el fin de mantener sus funciones hidrológicas, de contigüidad, de mantenimiento de la biodiversidad y de estabilización costera. Para ello se contempla el desarrollo de un orde-

namiento y una valoración apropiada de los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas, para mantener su valor ecológico, económico directo e indirecto, cultural, científico y recreativo (DOF, 2003).

Adicional a las leyes, reglamentos, normas y programas desarrollados tanto por el Gobierno como por las organizaciones civiles se han detectado áreas de oportunidad que favorecen a la EA. Una de éstas es el ecoturismo con tiburones, la cual deja una derrama económica anual de 12.4 millones de USD (dólares americanos) debido al atractivo de estas especies en diversas regiones del país. De esta forma, el conjugar el ecoturismo con la educación y la conservación, puede contribuir a un modelo de economía azul, ya que se generan empleos dentro de las comunidades costeras locales, mismas que desarrollan la actividad de manera social, económica y ecológicamente sostenible (Cisneros-Montemayor *et al.*, 2020).

Acciones regionales y locales

Los ecosistemas costeros reducen significativamente la altura de las olas (Monty *et al.*, 2017). Los arrecifes de coral y las marismas saladas son los más efectivos; éstos causan una reducción del 70 %, seguidos por los lechos de algas (33 %) y pastos marinos (36 %) y los manglares (31 %). En 52 sitios que aprovecharon estos ecosistemas en proyectos de defensa costera, las SBN fueron de dos a cinco veces más rentables en alturas de olas más bajas y profundidades de agua mayor en comparación con las estructuras diseñadas como defensa artificial de las costas (Narayan *et al.*, 2016). Otro de los atributos de los ecosistemas costero-mari-

nos como los manglares, las marismas y las praderas marinas, es que son considerados sumideros de carbono o ecosistemas de carbono azul debido a su capacidad de absorción de carbono, la cual es superior a los bosques terrestres (Adame *et al.*, 2013), aunque no se debe olvidar la gran cantidad de carbono que también almacenan los humedales costeros de agua dulce (Sjögersten *et al.*, 2021).

A pesar de la cantidad de superficie de estos ecosistemas que cubre el territorio nacional, todavía no se cuenta con una legislación específica para la conservación de los sumideros de carbono azul, así como

los mecanismos e instrumentos económicos para volver atractiva y rentable su conservación. Aun cuando se ha avanzado en las iniciativas y en los compromisos ambientales que el país ha hecho a nivel internacional, los instrumentos económicos como el mercado voluntario de carbono se encuentran en ciernes (DOF, 2019). Como resultado, en diferentes ocasiones el sector académico, la iniciativa privada y las instituciones del Gobierno han destacado la importancia del carbono azul e incluso, se ha señalado el camino a recorrer para que la legislación nacional lo contemple en sus metas ambientales (SEMARNAT, 2015). Esta falta de instrumentos específicos en la materia, ha llevado a que los programas que se realizan en el país sean desarrollados por organizaciones civiles (tabla 3):

- **San Crisanto, Sanchite, Yucatán.** Este es considerado como un programa pionero y caso de éxito. El primer paso fue restaurar el manglar, y después se vendieron los bonos de carbono azul. Como resultado, la comunidad obtuvo un beneficio económico que les permitió continuar con las labores de restauración y mantenimiento de los beneficios que los manglares proveen, tales como los servicios ecosistémicos.¹
- **Proyecto Carbono Azul de Costa Salvaje del 2018.** El objetivo fue proteger un total de 33 891 ha de manglares en el golfo de California, a partir de un fondo de conservación accesible a las comunidades locales para protegerlas de los impactos del cambio climático. Los

objetivos específicos de éste incluyeron: acuerdos de destino para la protección del manglar, el cálculo de emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y la generación de créditos de carbono.²

- **The Nature Conservancy en América Latina.** Organización cuyo proyecto pone a prueba los Créditos de Resiliencia de Carbono Azul con los cuales busca atraer inversión mediante su venta, y de esta forma, compensar las emisiones de carbono (Herr y Landis, 2016).
- **The Ocean Foundation.** En colaboración con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) se encuentran en fase inicial con un proyecto en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, el cual busca aumentar la resiliencia mediante acciones de restauración, cuyo objetivo a largo plazo es vender créditos de carbono azul para generar ingresos más sustentables a la comunidad indígena local (UNEP *et al.*, 2009).
- **Semilla Azul.** En 2022 la organización EcoAct lanzó el objetivo de restaurar 5,000 ha de manglares en la Península de Yucatán, con la finalidad de remover 4 millones de toneladas de CO₂ de la atmósfera. Derivado de esto, se realizarán acciones inclusivas para apoyar la sostenibilidad de los medios de vida en el mediano y largo plazo, y de esta manera, mejorar la resiliencia de las comunidades ante el cambio climático, así como asegurar los servicios ecosistémicos que proporciona el manglar.³

¹ Ver <https://ipsnoticias.net/2022/07/pioneros-mexicanos-del-carbono-azul-avanzan-pese-a-falta-de-apoyo-publico/>

² Ver <https://sonoranjv.org/es/carbono-azul-proteccion-manglares/>

³ Ver <https://eco-act.com/es/compensacion-emisiones/ecoact-desarrolla-proyectos-de-carbono-azul-muy-prometedores/>

Por último, en el sector académico también se han registrado estudios de caso de restauración con propósitos de compensación por bonos de carbono. Por ejemplo, en el Estero de Urías, Estado de Sinaloa, los autores estimaron un valor económico de los inventarios de carbono entre 0.1-5.3 millo-

nes de \$USD/año. Esto se considera, además, como un dato conservador, ya que no se contabiliza el metano, el cual es 34 veces más abundante y tiene un potencial de calentamiento global 21 veces mayor que el CO₂ (Aldana-Gutiérrez *et al.*, 2021).

Servicios ecosistémicos y soluciones basadas en la naturaleza: aproximación a la costa veracruzana

La zona costera en México, específicamente en Veracruz, se encuentra amenazada debido a la combinación de factores tanto naturales como antropogénicos (Moreno-Casasola, 2005 y 2016b). Por esta razón, para poder lograr los planteamientos de la EA descritos en la primera parte de este trabajo, se requieren políticas públicas integrales de la zona costera desde un enfoque de sistemas socio-ecológicos a partir de las funciones y procesos ecológicos, los cuales dan paso a los servicios ecosistémicos. A pesar de los diferentes problemas detallados en la literatura académica, también existen alternativas de solución; sin embargo, no existe una política diseñada para atender la problemática de los ecosistemas como una serie de elementos ligados, en donde dos grandes sistemas —la tierra y sus cuencas, y el mar profundo—, interactúan dentro de la celda costera.

La integración de la celda costera es importante para los ecosistemas costeros sobre todo las playas y dunas. La conservación de estos ecosistemas junto con las lagunas costeras, manglares, arrecifes, pastos marinos, selvas inundables costeras y popales y tulares costeros resulta crítica para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar humano. Además, proporcionan múltiples beneficios y servicios ecosistémicos, entre

ellos, la protección contra tormentas y huracanes (Costanza *et al.*, 2008), tsunamis (Kathiresan y Rajendran, 2005; Alongi, 2008), el aumento del nivel medio del mar, la prevención de la erosión costera (Koch *et al.*, 2009), la depuración y el mejoramiento de la calidad del agua (Gautier *et al.*, 2001), la reducción de los picos de inundaciones (Mazda *et al.*, 2005; Campos *et al.*, 2011), el reciclaje de nutrientes (Bouillon *et al.*, 2008) y la provisión de hábitats para especies comerciales (Yulianto *et al.*, 2016), y otras que forman parte de la biodiversidad.

En el Estado de Veracruz, específicamente en Tuxpan, se han desarrollado programas que buscan aplicar una estrategia de ABE costeros por medio del estudio, priorización, monitorización y evaluación de las medidas de adaptación, sobre todo a partir del carbono azul. El análisis de costo-beneficio utilizó la suma de los flujos anuales para un periodo de 20 años y una tasa de descuento del 10 %. Como resultado, el valor económico para la conservación de los manglares fue de 48 a 1 196 millones de \$MXN, aproximadamente. Los valores estimados por cada servicio ecosistémico fueron los siguientes: i) protección costera; con 2 m de exposición de 234 a 662 millones de \$MXN, y con 3 m de 351 a 992

millones de \$MXN, ii) soporte a la pesquería; 10.79 millones de \$MXN, iii) recursos maderables (leña y postes), de 3.96 a 19.78 millones de \$MXN para leña y de 15.33 y 76.63 millones de \$MXN para postes, y iv) recreación, de 27 a 266 millones de \$MXN, y de 369 y 3,692 millones de \$MXN si se consideran todas las actividades recreativas (SEMARNAT y INECC, 2021).

Opresión costera

Los humedales costeros de agua dulce y los manglares no sólo se encuentran entre los ecosistemas más valiosos del mundo, sino también entre los más amenazados (Moreno-Casasola, 2016b), debido a la elevación del nivel del mar, lo que ha causado un aumento significativo en la intrusión salina en diferentes sistemas costeros a nivel global (Herbert *et al.*, 2015). De esta forma, la salinización de los mantos freáticos provoca la migración de los humedales costeros tierra adentro, fenómeno que se conoce como opresión costera (Borchert *et al.*, 2018). Como resultado, los humedales costeros de agua dulce contiguos a los salinos son los más vulnerables; en contraste, los humedales salinos pueden adaptarse al aumento del nivel del mar migrando tierra adentro, y a menudo ocurren a expensas de valiosos humedales de agua dulce, tierras de cultivo agrícola, terrenos de bosques y pastizales (Leo *et al.*, 2019). Por ejemplo, los manglares que están en la orilla del estuario avanzan sobre los nuevos terrenos salinos y sustituyen a los humedales menos tolerantes a la salinidad (López-Rosas *et al.*, 2021). Este proceso ocurre sucesivamente hasta encontrar una barrera que no permite que los ecosistemas costeros continúen avanzando. Tanto el desarrollo costero como las estructuras de protección o la elevación de la topografía constituyen barreras físicas para la migración natural hacia el

interior de los hábitats costeros. Esto trae cambios en las condiciones hidrológicas, en la conectividad y se reducen las entradas de sedimentos y el potencial de acreción vertical (Leo *et al.*, 2019).

Las diferencias en la topografía y en la urbanización costera inciden en las diferencias significativas de la capacidad de adaptación a las migraciones de los humedales. Las zonas urbanas más bajas pueden limitar la migración y provocar la pérdida de humedales –la opresión de la costa–, especialmente en donde los humedales existentes no pueden seguir el ritmo del aumento del nivel del mar a través de ajustes verticales. Así, el potencial de opresión costera es mayor en los estuarios que contienen importantes áreas que se extienden hacia tierras bajas (Borchert *et al.*, 2018, Osland *et al.*, 2022). Si bien, la infraestructura es necesaria para proteger y proporcionar los servicios ecosistémicos requeridos por los seres humanos, no obstante, existe la necesidad de mirar hacia la infraestructura verde costera, que tiene como objetivo respetar y trabajar con los procesos naturales, y es una respuesta factible para mitigar o evitar las consecuencias de la opresión costera. Al respecto, Chávez *et al.* (2021) propusieron cuatro categorías, según el grado de naturalidad del proyecto: i) recuperación de la naturaleza, ii) ecosistemas diseñados, iii) ingeniería ecológicamente mejorada y iv) desingeniería/reubicación

Las cuatro categorías mencionadas por Chávez *et al.* (2021), están integradas en los objetivos y estrategias de la economía azul. Por ejemplo, Smith-Godfrey (2016) enfatizó la necesidad de que las industrias emergentes demuestren la transferencia del conocimiento y la tecnología a través de instrumentos como la transacción de bonos de carbono azul, lo que haría factible la

protección de los humedales costeros como hábitat, así como su rehabilitación y restauración. Por un lado, se obtendrían beneficios por ser infraestructura verde-natural, y por el otro, las industrias emergentes podrían comercializar los bonos de carbono.

Conectividad hidrológica

En las zonas tropicales se ha documentado la conectividad y los flujos de nutrientes como el carbono y los organismos en diferentes etapas de su desarrollo en los humedales de agua dulce, los manglares, los pastos marinos y los arrecifes (García *et al.*, 2017). No obstante, hay mucho menos información sobre la conectividad entre los humedales costeros de agua dulce y los manglares, así como acerca de la dependencia que tienen los servicios ecosistémicos del gradiente y de la conectividad, ya que existe un flujo no sólo hidrológico, sino también de sedimentos, nutrientes, y en algunos casos, organismos (Unsworth *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2013). Estos flujos mantienen un sistema estrechamente integrado y conectado: los sedimentos arenosos sub litorales, las playas arenosas y las dunas de arena ofrecen protección para una gran cantidad de áreas y actividades de importancia ambiental y económica en el interior (Hanley *et al.*, 2014); los arrecifes y manglares reducen la fuerza del oleaje y la energía que golpea en la costa, sobre todo durante marejadas y tormentas (Guannel *et al.*, 2016); la descomposición de la materia orgánica que se produce en los humedales costeros de agua dulce y en los manglares fluye hacia las lagunas y el mar, enriqueciendo los sistemas y formando la base de las pesquerías (Saenger *et al.*, 2013), los humedales mencionados filtran y limpian el agua, almacenándola en los poros y filtrándola lentamente al manto freático, de esta forma, por un lado, contribuyen a la

reducción de los picos de inundación, y por el otro, a la disponibilidad y calidad del agua (Acreman y Bullock, 2003; Fisher y Acreman, 2004; Bolaños Benítez *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2011; Martelo y Lara, 2012).

Las actividades productivas como la agricultura, la ganadería, el turismo y la urbanización alteran la conectividad entre los ecosistemas costeros (Jahanishakib *et al.*, 2021; Pasquali y Marucci, 2021), ya que modifican los flujos a lo largo de todo el gradiente y reducen su capacidad para proporcionar los servicios ecosistémicos (Li *et al.*, 2021). Debido a que los ecosistemas costeros se establecen a lo largo de gradientes bajo diversas condiciones de inundación y de salinidad (López-Rosas *et al.*, 2021), el manejo del paisaje integrado en las zonas costeras debe incluir la conectividad hidrológica. Como resultado, los distintos tipos de humedales costeros deben analizarse de forma integrada —holística—. Un paisaje costero conectado a través de los flujos de agua superficiales y subterráneos brinda protección ante el cambio climático y provee los servicios hidrológicos que la sociedad requiere. Por esta razón, un paisaje costero funcionalmente conectado es una mejor SBN, es decir, cinco ecosistemas costeros conectados —humedales de agua dulce, lagunas interdunarias, manglares, estuarios, playas y dunas— son mejor que uno, ya que proveen los servicios ecosistémicos la sociedad demanda.

Retención, filtración y depuración de agua

Al llover, el agua de la precipitación llega a la superficie del suelo, se infiltra por gravedad y llena progresivamente todos los poros del suelo, grietas y fisuras; de esta forma, el suelo alcanza su contenido máxi-

mo de agua, y esto ocurre si y solo si no existen barreras físicas que lo impidan, o que el suelo esté saturado de agua. De esta manera, el agua se infiltra entre el material poroso que constituye el suelo, y se mueve y almacena dentro de la red conectada de poros (grietas y fisuras) formados por la fracción sólida del suelo. Cabe señalar que, la fuerza de atracción de la matriz del suelo es la que determina la capacidad del suelo para retener el agua; al respecto, Campos *et al.* (2016) explicaron la capacidad de almacenamiento de agua a través del contenido máximo de agua en el suelo saturado. Más importante, mostraron que la materia orgánica desempeña una función directa en la capacidad del suelo para retener el agua, lo que favorece a la infiltración y circulación del agua en el suelo por medio de la estabilización de los agregados, mientras que el agua fluye desde el perfil del suelo hasta el acuífero en un proceso de infiltración continua. En este sentido, Campos *et al.* (2011) y Campos *et al.* (2016) estimaron que los humedales costeros de agua dulce almacenan entre 7 y 9 veces su peso en agua, y los manglares entre 7 y 8 veces. Esto significa que almacenan una gran cantidad de agua en los poros del suelo orgánico, lo que ayuda a mitigar los picos de inundación en las planicies costeras y a contener la intrusión del agua salina, tal y como fue descrito por Barbier (2020). Además, es necesario apuntar que estos almacenes de agua se forman por la filtración de agua de lluvia, de agua superficial y por los flujos de agua subterránea, los cuales al estar en contacto con las raíces de las plantas y las comunidades de los microorganismos asociados permiten la depuración del agua y alimentan el manto freático.

Regulación climática

Es ampliamente reconocido que el secuestro y almacenamiento de carbono en la vegetación y en el suelo de los ecosistemas costeros (carbono azul) es una fuente clave para las estrategias de mitigación y enfrentar el cambio climático (Zeng *et al.*, 2021). Esto se debe a la alta productividad de los manglares (Mitsch y Gosselink, 2007), ya que almacenan grandes cantidades de carbono en el suelo, sobre todo bajo condiciones de inundación (Bouillon *et al.*, 2008), al igual que los pastos marinos y los arrecifes (Watanabe y Nakamura, 2019). Sin embargo, aunque no han sido considerados dentro del carbono azul —con excepción de las selvas inundables—, los humedales costeros de agua dulce también almacenan grandes cantidades de carbono en el suelo. En estos humedales existen diferencias significativas en la magnitud del almacenamiento de carbono; por un lado, lugares en donde es sumamente alto —humedales herbáceos en Pantanos de Centla, Tabasco— (Sjögersten *et al.*, 2021); y por el otro, sitios con muy bajo almacenamiento de carbono (Hernández y Moreno-Casasola, 2018).

Recientemente, Cejudo *et al.* (2022) analizaron la producción de hojarasca en cinco localidades con manglares y selvas inundables contiguas y conectadas (excepto en un caso); como resultado, sólo encontraron diferencias significativas en un sitio. Más importante, concluyeron que estas diferencias podrían estar asociadas con diferentes factores, tales como la conectividad e interdependencia entre los diferentes tipos de humedales. Además, estos resultados reafirman que el almacenamiento de carbono y de agua en el suelo de los humedales del gradiente costero inevitablemente debe ser considerados dentro de las SBN para reducir

la cantidad de CO₂ en la atmósfera y de esta forma mitigar el cambio climático. Por esta razón, uno de los beneficios sociales y económicos asociados pueden ser la implementación de los proyectos de restauración y rehabilitación de los humedales costeros

de agua dulce y los manglares con la finalidad de generar ingresos en el corto, mediano y largo plazo, así como los esquemas de rentabilidad económica a los inversionistas y financiadores de este tipo de proyectos.

Consideraciones finales

En conclusión, existe un costo de oportunidad en el cumplimiento de los diferentes objetivos de desarrollo sostenible, por un lado, los objetivos enfocados a la conservación natural, y por el otro, los direccionados a las necesidades y perspectivas antropogénicas. Por ejemplo, las SBN necesarias para prevenir y mitigar el proceso físico conocido como opresión costera suponen una contraparte con el crecimiento urbano, desde un aspecto tradicional y no planificado; sin embargo, si es dirigido a partir de instrumentos como los ordenamientos ecológicos del territorio y las características ambientales costeras, la SBN pueden no sólo prevenir y mitigar la opresión costera y lograr las ciudades y comunidades resilientes (ODS 11), sino también compaginar aspectos como la satisfacción de la demanda de vivienda digna, y la reducción de las desigualdades (ODS 10) a partir de la generación de espacios públicos adecuados en donde se compaginen las necesidades sociales y las limitantes ecológicas. Más importante, al planificar adecuadamente el crecimiento urbano y el cambio de uso del suelo de los ecosistemas costeros se pueden mantener sus servicios ecosistémicos e incidir en los objetivos de acción por el clima (13), vida submarina (14) y vida de ecosistemas terrestres (15).

La conectividad hidrológica es una de las alternativas para ser consideradas en

las SBN, ya que puede incidir, entre otras cosas, en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos interconectados en los diferentes ecosistemas costeros (humedales de agua dulce, manglares, estuarios, dunas y playas). Sin embargo, es necesario articular las Leyes, los Planes y los Programas estratégicos con un enfoque analítico de ecosistema y de integración del paisaje, y de esta forma, ensamblar las características y restricciones ecológicas de cada ecosistema. También, es imprescindible incluir las necesidades y metas sociales y económicas de las localidades, ciudades o regiones en donde se implementen las SBN. Al igual que en el caso de la opresión costera, en la conectividad hidrológica puede incidir en los objetivos de desarrollo sostenible, más específicamente en los ODS 6, 11, 13, 14 y 15. No obstante, es necesario considerar el costo de oportunidad social, económico y ecológico de las SBN a implementar.

Dentro de los servicios ecosistémicos más analizados y con foco de atención por parte de los programas de Gobierno son los servicios hidrológicos, los cuales están enfocados a preservar la capacidad de retención, infiltración y depuración de agua en el suelo. Tal es el caso del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) implementado en México por la CONAFOR. Aun cuando las reglas de operación de ProÁrbol han pasado por una serie de

modificaciones a través de los años, algunos de estos cambios están relacionados con los conceptos de apoyo a los propietarios; sin embargo, se requiere de un enfoque más aterrizado, y de una retabulación en los montos que refleje, por lo menos, el valor en el mercado de las características hidrológicas y la biodiversidad, y de los sistemas agroforestales y la captura de carbono.

Por último, las funciones y procesos ecológicos relacionados con la regulación climática son propuestos como una SBN sombrilla debido al foco de atención sobre la captura y el almacenamiento de carbono azul. Entre otras cosas, es necesario incorporar a los humedales costeros de agua dulce que tienen una interacción con los manglares y estuarios para ser considerados dentro de los sumideros de carbono azul, ya que su composición y estructura forman parte del paisaje costero; además, como se mencionó en el apartado de los servicios

ecosistémicos, éstos juegan un papel fundamental en la conectividad hidrológica costera, sobre todo en los Sistemas Lagunares que se encuentran a lo largo del golfo de México, tal es el caso de Tecolutla, Sistema Lagunar de Alvarado, Coatzacoalcos, entre otros, en Veracruz, y en pantanos de Centla, Tabasco y Laguna de Términos, Campeche. Sin embargo, es necesario reconsiderar desde los Acuerdos, Planes y Programas a nivel tanto nacional como internacional, así como las Leyes y Reglamentos locales con la finalidad de generar una verticalidad consensuada y una transversalidad eficiente para la conservación, protección y restauración de los ecosistemas costeros bajo un enfoque de paisaje. De esta forma, se podrán analizar en términos del costo-beneficio los objetivos de desarrollo sostenible y tomar la mejor decisión en términos tanto ecológicos como antropogénicos.

Agradecimientos

A los proyectos: PRONACE PRONAIH-CONACYT 318956: Eco hidrológica para la sustentabilidad y gobernanza del agua y cuencas para el bien común, y PRONACE

PRONAIH-CONACYT 317526: Medidas integrales de adaptación al cambio climático para la seguridad alimentaria en la costa central del golfo de México.

Referencias

- Aburto-Oropeza, O., *et al.* 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(30), pp. 10456–10459. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.0804601105>.
- Acreman, M., Bullock, A. .2003. The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(3): 358–389.
- Adame, M.F., *et al.* 2013. 'Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean', *PLoS ONE*, 8(2). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056569>.
- Aldana-Gutiérrez, G., *et al.* 2021. Flujos e inventarios de carbono azul en manglares asociados a una laguna costera antropizada. *Geofísica Internacional*, 60(1): 13–30.

- Alongi, D.M. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1): 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.024>.
- Ampuno, G., Lata-García, J., Jurado, F. 2021. Modeling of a solar thermal power generation plant for the coastal zones through the TRNSYS program. *Electrical Engineering*, 103(1): 125–137. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00202-020-01037-z>.
- Anaya, F.C., Espíritu-Santo, M.M. 2018. Protected areas and territorial exclusion of traditional communities: Analyzing the social impacts of environmental compensation strategies in Brazil. *Ecology and Society*, 23(1): 13. Available at: <https://doi.org/10.5751/ES-09850-230108>.
- Ayilu, R.K., et al. 2023. Blue economy: industrialisation and coastal fishing livelihoods in Ghana. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11160-022-09749-0>.
- Barbier, E.B. 2020. Estuarine and Coastal Ecosystems as Defense Against Flood Damages: An Economic Perspective. *Frontiers in Climate*, 2(December): 28. Available at: <https://doi.org/10.3389/fclim.2020.594254>.
- Benessaiah, K. 2012. Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets. *Ecological Economics*, 77: 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.022>.
- Bolaños Benítez, S.V., Casas Zapata, J.C., Aguirre Ramírez, N.J. 2008. Análisis comparativo de la remoción de un sustrato orgánico. *Gestión y Ambiente*, 11(2): 39–48. Available at: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/13975/14773>.
- Borchert, S.M., et al. (2018). Coastal wetland adaptation to sea level rise: Quantifying potential for landward migration and coastal squeeze. *Journal of Applied Ecology*, 55(6): 2876–2887. Available at: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13169>.
- Borja, A., et al. 2020. Moving Toward an Agenda on Ocean Health and Human Health in Europe. *Frontiers in Marine Science*, 7(February). Available at: <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00037>.
- Bouillon, S., et al. 2008. Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(2). Available at: <https://doi.org/10.1029/2007GB003052>.
- Campos, A., et al. 2011. Soil water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico. *Hydrological Sciences Journal*, 56(8): 1388–1406. Available at: <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.629786>.
- Campos, A., Pale Pale, J., Juárez Eusebio, A. 2016. Servicios hidrológicos de los suelos de humedal: la capacidad de almacenamiento de agua. En: P. Moreno-Casasola (ed.) Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz. Xalapa-Veracruz, México: INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, pp. 130–142. Available at: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Servicios_Ecosostemicos_de_las_selvas_y_bosques_costeros.pdf.
- Carlson, R.R., et al. 2021. Synergistic benefits of conserving land-sea ecosystems. *Global Ecology and Conservation*, 28. e01684. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01684>.
- Cejudo-Espinosa, E., et al. 2009. Short-term accumulation of atrazine by three plants from a wetland model system. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 56(2): 201–208. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00244-008-9193-7>.
- Cejudo, E., et al. 2022. Leaf litter production and soil carbon storage in forested freshwater wetlands and mangrove swamps in Veracruz, Gulf of Mexico. *Mires and Peat*, 28: 29. Available at: <https://doi.org/10.19189/MaP.2020.OMB.StA.1994>.
- Chávez, V., et al. 2021. Coastal green infrastructure to mitigate coastal squeeze. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 2(1): 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1186/s43065-021-00026-1>.
- Cheong, S.M., et al. 2013. Coastal adaptation with ecological engineering. *Nature Climate Change*, 3(9): 787–791. Available at: <https://doi.org/10.1038/nclimate1854>.
- Christianen, M.J.A., et al. 2018. Return of the native facilitated by the invasive? Population composition, substrate preferences and epibenthic species richness of a recently discovered shellfish reef with native European flat oysters (*Ostrea edulis*) in the North Sea. *Marine Biology Research*, 14(6): 590–597. Available at: <https://doi.org/10.1080/17451000.2018.1498520>.

- Cisneros-Montemayor, A.M., *et al.* 2020. Chapter Three - Shark ecotourism in Mexico: Scientific research, conservation, and contribution to a Blue Economy. p. 71–92. En: D. Lowry and S.E.B.T.-A. in M.B. Larson (eds) *Sharks in Mexico: Research and Conservation Part B*. Academic Press. Available at: <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2019.08.003>.
- CONAPESCA. 2020. Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024, Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México. Available at: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616554/PROGRAMA_Nacional_de_Pesca_y_Acuicultura_2020-2024baja.pdf https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609194&fecha=30/12/2020.
- Costanza, R., *et al.* 2008. The value of coastal wetlands for hurricane protection. *Ambio*, 37(4): 241–248. Available at: [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2008\)37\[241:TVO-CWF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2008)37[241:TVO-CWF]2.0.CO;2).
- Dave, R., *et al.* 2019. Second Bonn Challenge progress report. Application of the Barometer in 2018. Gland, Switzerland. Available at: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.06.en>.
- Daw, T.M., *et al.* 2016. Elasticity in ecosystem services: Exploring the variable relationship between ecosystems and human well-being. *Ecology and Society*, 21(2): 13. Available at: <https://doi.org/10.5751/ES-08173-210211>.
- Dickert, T., Sorensen, J. 1974. Social equity in coastal zone planning. *Coastal Zone Management Journal*, 1(2): 141–150. Available at: <https://doi.org/10.1080/08920757409361677>.
- DOF. 2003. NOM-022-SEMARNAT-2003. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Available at: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3281/1/nom-022-semarnat-2003.pdf>.
- DOF. 2018. Política Nacional de Mares y Costas de México. México. Available at: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5545511&fecha=30/11/2018#gsc.tab=0.
- Dumitru, A., Wendling, L. 2021. Evaluating the impact of Nature-Based Solutions: a handbook for practitioners. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, Healthy Planet-Climate and Planetary Boundaries. Available at: <https://doi.org/10.2777/1244577>.
- Ebarvia, M.C.M. 2016. Economic Assessment of Oceans for Sustainable Blue Economy Development', *Journal of Ocean and Coastal Economics*, 2(2): 31. Available at: <https://doi.org/10.15351/2373-8456.1051>.
- Enamul Haque, A.K., *et al.* 2022. Change and Community Resilience. Edited by A.K. Enamul Haque *et al.* Singapore: Springer Nature Singapore. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-0680-9>.
- Fisher, J., Acreman, M.C. 2004. Wetland nutrient removal: a review of the evidence. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(4): 673–685. Available at: <https://doi.org/10.5194/hess-8-673-2004>.
- Funk, C.C., Brown, M.E. 2009. Declining global per capita agricultural production and warming oceans threaten food security. *Food Security*, 1(3): 271–289. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12571-009-0026-y>.
- Galland, G., Harrould-kolieb, E., Herr, D. 2012. The ocean and climate change policy. 3062. Available at: <https://doi.org/10.1080/14693062.2012.692207>.
- Garcia, A.M., *et al.* 2017. Hydrologic pulsing promotes spatial connectivity and food web subsidies in a subtropical coastal ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 567: 17–28. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps12060>.
- Gautier, D., Amador, J., Newmark, F. 2001. The use of mangrove wetland as a biofilter to treat shrimp pond effluents: preliminary results of an experiment on the Caribbean coast of Colombia. *Aquaculture Research*, 32: 787–799.
- Guannel, G., *et al.* 2016. The Power of Three: Coral Reefs, Seagrasses and Mangroves Protect Coastal Regions and Increase Their Resilience. *PLoS ONE*, 11(7): e0158094. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158094>.
- Hagenlocher, M., *et al.* 2018. Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation. A guidebook for planners and practitioners. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Available at: https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=203.
- Hagger, V., Waltham, N.J., Lovelock, C.E. 2022. Opportunities for coastal wetland restoration for blue carbon with co-benefits for biodiversity, coastal fisheries, and water quality Opportunities for coastal wetland restoration for blue carbon with co-benefits for biodiversity, coastal fisheries. *Ecosystem Services*, 55(March): 101423. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101423>.

- Hanley, M.E., *et al.* 2014. Shifting sands? Coastal protection by sand banks, beaches and dunes. *Coastal Engineering*, 87: 136–146. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.10.020>.
- Hassanali, K.2020. 'CARICOM and the blue economy – Multiple understandings and their implications for global engagement. *Marine Policy*, 120(February): 104137. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104137>.
- Hassanali, K. 2022. 'Examining Institutional Arrangements toward Coordinated Regional Ocean Governance and Blue Economy Policy Development in the Caribbean Community (CARICOM). *Coastal Management*, 50(5): 385–407. Available at: <https://doi.org/10.1080/08920753.2022.2082835>.
- Herbert, E.R., *et al.* 2015. A global perspective on wetland salinization: Ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands. *Ecosphere*, 6(10): 1–43. Available at: <https://doi.org/10.1890/ES14-00534.1>.
- Hernández-Castán, J., *et al.* 2022. Aplicación del Barómetro de la Restauración en México. Progreso de la restauración de ecosistemas durante la década 2011-2020. Gland, Suiza. Available at: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2022-054-Es.pdf>.
- Hernandez, M.E., *et al.* 2015. Comparing soil carbon pools and carbon gas fluxes in coastal forested wetlands and flooded grasslands in Veracruz, Mexico. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 11(1): 5–16. Available at: <https://doi.org/10.1080/21513732.2014.925977>.
- Hernández, M.E., Moreno-Casasola, P. 2018. Carbon fluxes and stocks in freshwater wetlands in Mexico. *Madera y Bosques*, 24(Special Issue): e2401881. Available at: <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401881>.
- Hopkins, S.R., *et al.* 2021. 'How to identify win-win interventions that benefit human health and conservation. *Nature Sustainability*, 4: 298–304. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00640-z>.
- Hossain, T., Adams, M., Walker, T.R. 2021. Role of sustainability in global seaports. *Ocean & Coastal Management*, 202: 105435. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105435>.
- Hughes, A.D. 2021. Defining Nature-Based Solutions Within the Blue Economy: The Example of Aquaculture. *Frontiers in Marine Science*, 8(July). Available at: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.711443>.
- Hussain, S.A., Badola, R. 2008. Valuing mangrove ecosystem services: linking nutrient retention function of mangrove forests to enhanced agro-ecosystem production. *Wetlands Ecology and Management*, 16(6): 441–450. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11273-008-9080-z>.
- INEGI .2020. Censo General de Población y Vivienda 2020. Available at: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados> (Accessed: 24 October 2022).
- Ivanova, A., *et al.* 2017. The Blue Economy as Sustainability Pathway for Coastal Regions: The Case of Baja California Sur, Mexico. *Sociedad y Ambiente*, 5(14): 75–98.
- Jahanishakib, F., *et al.* 2021. Hydrological connectivity assessment of landscape ecological network to mitigate development impacts. *Journal of Environmental Management*, 296(June): 113169. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113169>.
- Kacem, H.A., *et al.* 2022. The Economic Benefit of Coastal Blue Carbon Stocks in a Moroccan Lagoon Ecosystem: a Case Study at Moulay Bouselham Lagoon. *Wetlands*, 42(2): 17. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13157-022-01533-x>.
- Kathiresan, K., Rajendran, N. 2005. Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65: 601–606. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.06.022>.
- Koch, E.W., *et al.* 2009. Non-linearity in ecosystem services: Temporal and spatial variability in coastal protection. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1): 29–37. Available at: <https://doi.org/10.1890/080126>.
- Landgrave, R., Moreno-Casasola, P. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental*, 4(1): 19–35. Available at: <https://biblat.unam.mx/es/revista/investigacion-ambiental-ciencia-y-politica-publica/articulo/evaluacion-cuantitativa-de-la-pérdida-de-humedales-en-mexico>.
- LaPoint, S, *et al.* 2015. Ecological connectivity research in urban areas. *Functional Ecology*, 29(7): 868–878. Available at: <https://www.jstor.org/stable/48577190>.

- Lee, K.H., Noh, J., Khim, J.S. 2020. The Blue Economy and the United Nations' sustainable development goals: Challenges and opportunities. *Environment International*, 137(January): 105528. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105528>.
- Leo, K.L., *et al.* 2019. Coastal habitat squeeze: A review of adaptation solutions for saltmarsh, mangrove and beach habitats. *Ocean and Coastal Management*, 175(May): 180–190. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.03.019>.
- Li, Y., *et al.* 2021. Refining the concept of hydrological connectivity for large floodplain systems: Framework and implications for eco-environmental assessments. *Water Research*, 195: 117005. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117005>.
- López-Rosas, H., Espejel-González, V.E. and 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(1): 1–21. Available at: <https://doi.org/10.19136/era.a8ni.2674>.
- Lovelock, C.E. and Duarte, C.M. 2019. Dimensions of blue carbon and emerging perspectives. *Biology Letters*, 15(3): 1–5. Available at: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0781>.
- Macreadie, P.I. 2019. The future of Blue Carbon science. pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11693-w>.
- Martelo, J. and Lara, J. 2012. Floating macrophytes on the wastewater treatment: a state of the art review. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15): 221–243. Available at: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/13975/14773>.
- Martínez, M.L., *et al.* 2014. Land use changes and sea level rise may induce a “coastal squeeze” on the coasts of Veracruz, Mexico. *Global Environmental Change*, 29: 180–188. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.09.009>.
- Martínez, M.L., *et al.* 2021. A systemic view of potential environmental impacts of ocean energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149:111332 Contents. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111332>.
- Mazda, Y., Kobashi, D., Okada, S. 2005. Tidal-scale hydrodynamics within mangrove swamps. *Wetlands Ecology and Management*, 13(6): 647–655. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11273-005-0613-4>.
- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. 2007. *Wetlands*. Fourth. New York: Wiley Online Library.
- Monty, F., *et al.* 2017. Ecosystems protecting infrastructure and communities. Lessons learned and guidelines for implementation. Gland, Switzerland. Available at: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-045.pdf>.
- Moreno-Casasola, P. 2005. Manejo Integral de la Zona Costera. pp. 21–50. En: P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa Rojas, and A.C. Travieso Bello (eds) Estrategia para el manejo costero integral: el enfoque municipal. Xalapa-Veracruz, México: Instituto de Ecología, A.C. Available at: http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/MANEJO_INTEGRAL.htm.
- Moreno-Casasola, P. 2016a. La zona costera y sus ecosistemas. pp. 18–36. En: P. Moreno-Casasola (ed.) Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz. Xalapa-Veracruz, México: Instituto de Ecología, A.C.,
- Moreno-Casasola, P. 2016b. Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz. E Instituto de Ecología, A.C. Available at: https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Servicios_Ecosistemicos_de_las_selvas_y_bosques_costeros.pdf?v=1475477873.
- Morris, R.L. *et al.* 2018. From grey to green: Efficacy of eco-engineering solutions for nature-based coastal defence. *Global Change Biology*, 24(5): 1827–1842. Available at: <https://doi.org/10.1111/gcb.14063>.
- Nakamura, F. 2022. Green Infrastructure and Climate Change Adaptation. Function, Implementation and Governance. Edited by F. Nakamura. Singapore: Springer. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-6791-6>.
- Narayan, S., *et al.* 2016. The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. *PLoS ONE*, 11(5): 1–17. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154735>.
- Oldekop, J.A., *et al.* 2016. A global assessment of the social and conservation outcomes of protected areas. *Conservation Biology*, 30(1): 133–141. Available at: <https://doi.org/10.1111/cobi.12568>.
- Osland, M.J. *et al.* 2022. Migration and transformation of coastal wetlands in response to rising seas. *Science advances*, 8(26): eabo5174.

- Available at: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abo5174>.
- Pan, H., *et al.* 2021. How ecosystems services drive urban growth: Integrating nature-based solutions. *Anthropocene*, 35: 100297. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ance.2021.100297>.
- Pasquali, D., Marucci, A. 2021. The Effects of Urban and Economic Development on Coastal Zone Management. *Sustainability*, 13: 6071. Available at: <https://doi.org/10.3390/su13116071> Academic.
- Patil, P.G., *et al.* 2018. Toward a Blue Economy: A Pathway for Bangladesh's Sustainable Growth. Washington, DC: The World Bank Group. Available at: <http://hdl.handle.net/10986/30014>.
- Pauleit, S., *et al.* 2017. Nature-Based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green. pp. 29–49. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>.
- Pedersen Zari, M., *et al.* 2019. Utilising nature-based solutions to increase resilience in Pacific Ocean Cities. *Ecosystem Services*, 38(June): 100968. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100968>.
- Quirapas, M.A.J.R., Taeliagh, A. 2021. Ocean renewable energy development in Southeast Asia: Opportunities, risks and unintended consequences, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 137, p. 110403. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110403>.
- Ramírez-Agudelo, N.A., *et al.* 2020. Nature-Based Solutions for Water Management in Peri-Urban Areas: Barriers and Lessons Learned from Implementation Experiences. *Sustainability Review*, 12: 9799. Available at: <https://doi.org/10.3390/su12239799>.
- Rickard, S.J. 2022. Interests, Institutions, and the Environment: An Examination of Fisheries Subsidies. *International Studies Quarterly*, 66(2). Available at: <https://doi.org/10.1093/isq/sqac003>.
- Roy, B., *et al.* 2022. Sea level rise induced impacts on coastal areas of Bangladesh and local-led community-based adaptation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73(March): 102905. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102905>.
- Saenger, P., Gartside, D., Funge-Smith, S. 2013. A review of mangrove and seagrass ecosystems and their linkage to fisheries and fisheries management. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at: <https://www.fao.org/3/i3355e/i3355e.pdf>.
- Saha, J., Paul, S. 2021. insight on land use and land cover change due to tourism growth in coastal area and its environmental consequences from West Bengal, India. *Spatial Information Research*, 29(4): 577–592. Available at: <https://doi.org/10.1007/s41324-020-00368-0>.
- Scyphers, S.B., *et al.* 2011. Oyster reefs as natural breakwaters mitigate shoreline loss and facilitate fisheries. *PLoS ONE*, 6(8). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022396>.
- SEMARNAT. 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Ciudad de México. Available at: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>.
- SEMARNAT. 2015. La importancia del carbono azul. Ciudad de México. Available at: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249455/Carbono_azul.pdf.
- SEMARNAT, INECC. 2021. Adaptación basada en ecosistemas costeros (Proyecto A 460). Cuenca Baja del Municipio de Tuxpan, Veracruz y Celestún, Yucatán. Ciudad de México. Available at: <http://189.240.101.244:8080/xmlui/handle/publicaciones/353>.
- Singh, G.G., *et al.* 2018. A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy*, 93(June 2017): 223–231. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.030>.
- Sjögersten, S., *et al.* 2021. Coastal wetland ecosystems deliver large carbon stocks in tropical Mexico. *Geoderma*, 403(April). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115173>.
- Smith-Godfrey, S. 2016. Defining the blue economy. *Maritime Affairs*, 12(1): 58–64. Available at: <https://doi.org/10.1080/09733159.2016.1175131>.
- Somarakis, G., Stagakis, S. Chrysoulakis, N. 2019. ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook. Edited by G. Somarakis, S. Stagakis, and N. Chrysoulakis. ThinkNature. Available at: <https://doi.org/10.26225/jerv-w202>.
- Spivak, A.C., *et al.* 2019. Global-change controls on soil-carbon accumulation and loss in coastal vegetated ecosystems. *Nature Geoscience*, 12: 685–692. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0435-2>.

- Stoett, P. 2022. Plastic pollution: A global challenge in need of multi-level justice-centered solutions. *One Earth*, 5(6): 593–596. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.05.017>.
- Tanneberger, F. et al. 2021. The Power of Nature-Based Solutions: How Peatlands Can Help Us to Achieve Key EU Sustainability Objectives. *Advance Sustainable Systems*, 5, p. 2000146. Available at: <https://doi.org/10.1002/adsu.202000146>.
- Thorslund, J. et al. 2017. Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management. *Ecological Engineering*, 108: 489–497. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2017.07.012>.
- UN. 2019. Sustainable Development Goals. Available at: <https://www.sdgfund.org/es/de-los-odm-los-ods> (Accessed: 15 November 2021).
- UN. 2020. The Sustainable Development Goals Report 2020. New York. Available at: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf>.
- UNDP. 2018. Blue Economy. Community Solutions. Edited by C. Dickson. New York: United Nations Development Programme (UNDP). Available at: <https://www.undp.org/publications/blue-economy-community-solutions>.
- UNDRR. 2015. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva. Available at: https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf.
- UNEP. et al. 2012. Green economy in a blue world: synthesis report. Geneva, Switzerland. Available at: www.unep.org/pdf/green_economy_blue.pdf.
- UNEP. 2020. The Economics of Nature-based Solutions: Current Status and Future. Nairobi. Available at: <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/04/nature-based-solutions-20110426.pdf>.
- Unsworth, R.K.F., et al. 2008. High connectivity of Indo-Pacific seagrass fish assemblages with mangrove and coral reef habitats. *Mar Ecol Prog Ser.*, 353: 213–224. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps07199>.
- Vázquez-González, C., et al. 2015. ‘Trade-offs in fishery yield between wetland conservation and land conversion on the Gulf of Mexico. *Ocean and Coastal Management*, 114: 194–203. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.020>.
- Vázquez-González, C., et al. 2016. Valor económico de los ecosistemas’, in P. Moreno-Casasola (ed.) *Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz*. Xalapa-Veracruz, México: INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, pp. 186–203. Available at: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Servicios_Ecosostemicos_de_las_selvas_y_bosques_costeros.pdf.
- Vázquez-González, C., et al. 2017. Mangrove and Freshwater Wetland Conservation Through Carbon Offsets: A Cost-Benefit Analysis for Establishing Environmental Policies. *Environmental Management*, 59(2): 274–290. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0790-3>.
- Vázquez-González, C., et al. 2019. The value of coastal wetland flood prevention lost to urbanization on the coastal plain of the Gulf of Mexico: An analysis of flood damage by hurricane impacts. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37: 101180. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101180>.
- Vázquez-González, C., et al. 2020. Costos ambientales y económicos no internalizados por la generación de energía eléctrica limpia: servicios ecosistémicos vs condicionantes ambientales. p. 315–330. En: E. Rivera-Arriaga et al. (eds) *Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre. Una Guía para Tomadores de Decisiones*. Campeche-Campeche, México: Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (epomex), Universidad Autónoma de Campeche, RICOMAR, Available at: <https://doi.org/10.26359/epomex.0120>.
- Vázquez-González, C., Bonilla Fernández, F.F. 2020. Evaluación del impacto social de los proyectos de generación de energía eléctrica: propuesta metodológica para la construcción de los índices de la línea base. p. 293–314. En E. Rivera-Arriaga et al. (eds) *Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre. Una Guía para Tomadores de Decisiones*. Campeche-Campeche, México: Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (epomex), Universidad Autónoma de Campeche, RICOMAR, Available at: <https://doi.org/10.26359/epomex.0120>.

- Vázquez-González, C., Moreno-Casasola, P., Jiménez Orocio, O. 2020. Energía limpia y uso del suelo en las costas mexicanas: escenarios y costo de oportunidad', p. 255–276. En: E. Rivera-Arriaga et al. (eds) *Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre. Una Guía para Tomadores de Decisiones*. Campeche-Campeche, México: Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (epomex), Universidad Autónoma de Campeche, RICOMAR, Available at: <https://doi.org/10.26359/epomex.0120>.
- Veerabhadrapa, K., et al. 2022. Power Generation Using Ocean Waves: A Review. *Global Transitions Proceedings*, 3(2): 359–370. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2022.05.001>.
- Watanabe, A., Nakamura, T. 2019. Carbon Dynamics in Coral Reefs. pp. 273–293. En: T. Kuwae and M. Hori (eds) *Blue Carbon in Shallow Coastal Ecosystems*. Springer, Singapore: Springer, Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-13-1295-3_10.
- Yang, S., et al. 2013. The salinity gradient influences on the inundation tolerance thresholds of mangrove forests. *Ecological Engineering*, 51: 59–65. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.049>.
- Yulianto, G., et al. 2016. The role of mangrove in support of coastal fisheries in indramayu regency, West Java, Indonesia. *AACL Bioflux*, 9(5): 1020–1029.
- Zeng, Y., et al. 2021. Global potential and limits of mangrove blue carbon for climate change mitigation. *Current Biology*, 31(8): 1737–1743. e3. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.01.070>.
- Zhang, Y., et al. 2021. The concept, approach, and future research of hydrological connectivity and its assessment at multiscales. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38): 52724–52743. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16148-8>.