

***INVESTIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS  
NATURALES DEL NOROESTE DE MÉXICO,  
PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO***



***ALFREDO ORTEGA-RUBIO***

***Coordinador***

***INVESTIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS  
NATURALES DEL NOROESTE DE  
MÉXICO, PARA EL BIENESTAR  
COMUNITARIO***

***Alfredo Ortega-Rubio***

***Coordinador***

***CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL  
NOROESTE S.C. (CIBNOR) LA PAZ,  
B.C.S. MÉXICO, 2025***

***Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario.*** Ortega-Rubio Alfredo. (Coordinador). 2025. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, Baja California Sur. México. 547 pág: il; 55.

© Derechos Reservados

**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.**

Instituto Politécnico Nacional # 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur  
C.P. 23096. La Paz, Baja California Sur. México.

Todos los derechos reservados. El contenido de esta publicación se puede reproducir parcialmente únicamente con autorización previa por escrito de los autores de cada Capítulo y siempre y cuándo se den los créditos correspondientes a los mismos y al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Las opiniones expresadas por los autores (Textos, Tablas, Figuras y Fotografías) no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación.

Diseño Gráfico y Editorial. Alfredo Ortega-Rubio. Fotografía de la Portada. Rubén Andrade.

Primera Edición. Octubre 2025.

**ISBN: 978-607-7634-51-5**

Publicación de investigación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

### **Preparación de este documento:**

La edición del libro “***Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario***”, estuvo a cargo del Dr. Alfredo Ortega-Rubio. En este libro se describen las principales contribuciones que el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., (CIBNOR), ha aportado en la generación de conocimiento, formación de recursos humanos, y apropiación social del conocimiento científico, enfatizando su incidencia en el bienestar social.

### **Agradecimientos:**

El Coordinador de esta obra agradece a todas y todos las y los Coautores de esta obra, por compartir con la sociedad las aportaciones que en sus distintas actividades han generado para el bienestar de las comunidades humanas del noroeste de México, especialmente las más vulnerables. Asimismo, agradece al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste por la oportunidad de permitirnos generar, a través de los resultados de nuestras investigaciones científicas, alternativas viables con pertinencia social y ambiental, que realmente han sido aplicadas en beneficio de nuestra sociedad, quien es la que nos financia y a quien nos debemos.

### **Para citar esta obra:**

**Ortega-Rubio Alfredo. (Coordinador). 2025. *Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S. México. 547 pp.**

**INVESTIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS NATURALES  
DEL NOROESTE DE MÉXICO, PARA EL BIENESTAR  
COMUNITARIO**

**ÍNDICE**

**PRÓLOGO**

*María Elena Álvarez-Buylla Roces \** 1

**PREFACIO**

*José Alejandro Díaz Méndez \** 3

**SECCIÓN I  
INTRODUCCIÓN**

**CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

*José Alfredo Arreola Lizárraga \* y Alfredo Ortega-Rubio* 7

**SECCIÓN II  
PROGRAMAS ACADÉMICOS**

**CAPÍTULO 2. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA  
ACADÉMICO DE PLANEACIÓN AMBIENTAL Y  
CONSERVACIÓN AL BIENESTAR COMUNITARIO**

*Alejandro López Cortés \** 15

<b>CAPÍTULO 3. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE AGRICULTURA EN ZONAS ÁRIDAS AL BIENESTAR COMUNITARIO</b>	
<i>Luis Guillermo Hernández Montiel *</i>	39
<b>CAPÍTULO 4. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE ACUICULTURA Y SU IMPACTO EN EL BIENESTAR COMUNITARIO</b>	
<i>Carolina Casanova-Valero, Héctor Acosta-Salmon, Perla Sol Cervantes-Bernal y Danitzia Adriana Guerrero-Tortolero*</i>	55
<b>CAPÍTULO 5. APORTACIONES HISTÓRICAS DEL PROGRAMA DE ECOLOGÍA PESQUERA COMO VÍNCULO VITAL AL BIENESTAR SOCIAL</b>	
<i>Crisalejandra Rivera-Pérez *</i>	77

### **SECCIÓN III UNIDADES FORÁNEAS**

<b>CAPÍTULO 6. LA UNIDAD FORÁNEA GUERRERO NEGRO: HISTORIA, HUMANISMO Y VINCULACIÓN</b>	
<i>Raúl López Aguilar *, Rogelio Ramírez Serrano†, Rigoberto López Amador, Andrés Orduño Cruz y Marco Antonio Ramírez Mosqueda</i>	99
<b>CAPÍTULO 7. CONTRIBUCIÓN AL BIENESTAR COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA UNIDAD HERMOSILLO</b>	
<i>Juan Bautista Vega Peralta * y José Arturo Sánchez-Paz</i>	117
<b>CAPÍTULO 8. UNIDAD GUAYMAS: UNA TRAYECTORIA DE QUEHACER CIENTÍFICO CON COMPROMISO SOCIAL</b>	
<i>José Alfredo Arreola Lizárraga *</i>	133

**CAPÍTULO 9. APORTACIONES DE LA UNIDAD NAYARIT AL BIENESTAR COMUNITARIO**

*Alfonso Nivardo Maeda-Martínez \*, Rodolfo Navarro-Murillo, Ricardo García-Morales, Luis Daniel Espinosa-Chaurand, Rosa María Morelos-Castro y Rodolfo Garza-Torres*

149

**SECCIÓN IV  
CASOS DE ESTUDIO DEL PROGRAMA DE PLANEACIÓN AMBIENTAL Y CONSERVACIÓN**

**CAPÍTULO 10. VALORACIÓN ECONÓMICA DE RECURSOS GENÉTICOS ASOCIADOS A CONOCIMIENTOS TRADICIONALES EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

*Gerzaín Avilés-Polanco, Luis Felipe Beltrán-Morales\* y Alfredo Ortega-Rubio*

175

**CAPÍTULO 11. CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES DEL NOROESTE DE MÉXICO, PARA EL BIENESTAR COMUNITARIO**

*Patricia González-Zamorano\*, Giovanni Ávila-Flores, Blanca Estela Romero López, Jonathan Giovanni Ochoa-Gómez, Mercedes Marlenne Manzano-Sarabia, Joanna Acosta-Velázquez y José Alfredo Arreola-Lizárraga*

191

**CAPÍTULO 12. COSTAS DEL NOROESTE DE MÉXICO**

*Saúl Chávez López \* y Miguel Ángel Imaz Lamadrid*

221

**CAPÍTULO 13. AGROQUÍMICOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA**

*Gerardo Alfonso Anguiano Vega, Estela Ruiz Baca, Jesús Ricardo Parra Unda, Jaime Rendón von Osten, María Guadalupe Nieto Pescador y Celia Vázquez Boucard\**

243

**CAPÍTULO 14. APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL  
BORREGO CIMARRÓN, POR COMUNIDADES EJIDALES DE  
BAJA CALIFORNIA SUR.**

*Israel Guerrero-Cárdenas\*, Rafael Ramírez-Orduña, Gustavo  
Arnaud, Guillermo Romero-Figueroa, José Ángel  
Armenta-Quintana y Fany Reyes-Bolaños.*

261

**SECCIÓN V  
CASOS DE ESTUDIO DEL PROGRAMA DE  
ECOLOGÍA PESQUERA**

**CAPÍTULO 15. VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS PESQUEROS  
DEL NOROESTE DE MÉXICO**

*Julio Humberto Córdova Murueta, Norma Y. Hernández  
Saavedra y Crisalejandra Rivera Pérez\**

295

**CAPÍTULO 16. APROVECHAMIENTO DE LA MEDUSA BOLA DE  
CAÑÓN EN EL NOROESTE DE MÉXICO, LA PESQUERÍA Y  
SU DIMENSIÓN HUMANA EN EL CONTEXTO DE LA CRISIS  
DEL SECTOR RIBEREÑO**

*Juana López Martínez, Eloísa Herrera Valdivia, Cintya A.  
Nevárez López \*, Rufino Morales Azpeitia, Javier Álvarez  
Tello y Edgardo B. Farach Espinoza*

319

**CAPÍTULO 17. INVASIÓN DE ASCIDIAS SOBRE BANCOS DE  
HACHAS EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BCS**

*Moreno-Dávila Betzabé y Leonardo Huato-Soberanis\**

339

**CAPÍTULO 18. ESTUDIOS GENÉTICOS PARA LA CONSERVACIÓN  
Y MANEJO DE RECURSOS PESQUEROS EN EL NOROESTE  
DE MÉXICO: CASO DE ESTUDIO PESQUERÍA DE ABULÓN.**

*Jorge Alberto Mares-Mayagoitia, Carmen Elvira Vargas-Peralta,  
Paulina Mejía-Ruíz, Fabiola Lafarga-de-la-Cruz, Fausto  
Valenzuela-Quiñonez\**

363

<b>CAPÍTULO 19. IMPACTO SOCIAL DE LA PESCA EN LAS COMUNIDADES LITORALES DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA</b>	
<i>Eugenio Alberto Aragón-Noriega *</i>	385

<b>CAPÍTULO 20. LA PESCA COMO DETONANTE DEL BIENESTAR COMÚN DEL PUEBLO YAQUI.</b>	
<i>Edgar Alcántara-Razo*, Jesús Guadalupe Padilla-Serrato, Eugenio Alberto Aragón-Noriega y Guillermo Ismael Padilla-Serrato</i>	405

<b>CAPÍTULO 21. EL CALLO DE HACHA: BIOLOGÍA Y BASES PARA UN MANEJO SUSTENTABLE</b>	
<i>Mercedes Magali Gómez Valdez * y Lucía Ocampo</i>	431

## **SECCIÓN VI**

### **CASOS DE ESTUDIO DEL PROGRAMA DE AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS**

<b>CAPÍTULO 22. CULTIVANDO EL FUTURO DE LAS ETNIAS DEL NOROESTE DE MÉXICO CON CIENCIA AGRÍCOLA Y BIENESTAR COMUNITARIO</b>	
<i>Gracia Alicia Gómez Anduro *, David Raúl López Aguilar, Julio Antonio Hernández, Efraín Payan Cázares y José Manuel Melero Astorga</i>	455

<b>CAPÍTULO 23. MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS SISTEMAS AGROACUÍCOLAS</b>	
<i>Yenitze Elizabeth Fimbres Acedo y Rodolfo Garza Torres *</i>	471

**CAPÍTULO 24. RECURSOS VEGETALES EMERGENTES PARA LA  
AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS ANTE EL  
AGOTAMIENTO HÍDRICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

*Joselyn Seminario Peña, Alejandra Nieto Garibay \*, Enrique  
Trovo Diéguez y Bernardo Amador Murillo*

505

**SECCIÓN VII  
CONCLUSIONES**

**CAPÍTULO 25. CONCLUSIONES**

*Luis Felipe Beltrán Morales \* y Alfredo Ortega Rubio*

531

## **PRÓLOGO**

Este libro integra investigaciones de diversos sistemas socioecológicos en ambientes terrestres, marinos y costeros del Noroeste de México. Refleja la calidad, diversidad y profundidad de las investigaciones que se llevan a cabo en uno de los más importantes Centros de Investigación de la Región: el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. CIBNOR, coordinado por el CONAHCYT.

Un grupo destacado de investigadores de este Centro Público del CONAHCYT resume sus resultados de sistemas agrícolas, de explotación de algunos recursos marinos, de manglares, hasta de microorganismos, entre otros. Todas las investigaciones reseñadas en este libro se han desarrollado con un claro compromiso social y se han desarrollado con rigor científico. Los resultados de los estudios integrados en este volumen son relevantes para la conservación, uso, manejo y aprovechamiento de importantes recursos naturales de la región Noroeste. El CIBNOR ha sido un faro de conocimiento y catalizador para el avance de las ciencias socio-ambientales en la Región y en el país.

Algunos de los resultados sintetizados en este libro, se podrán usar para elaborar propuestas más concretas de mayor incidencia en diversas comunidades a favor de la conservación de sus ecosistemas, de la biodiversidad regional, y también de la calidad de vida de sus comunidades, sobre todo, las más vulnerables. A partir de los estudios resumidos acá, se podrán, por ejemplo, elaborar planes de manejo, de explotación o conservación relevantes para la Región, en colaboración con las comunidades locales y los distintos niveles de gobierno.

**Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces**

**Directora General del CONAHCYT.**

**Cd. de México, a 16 de junio, 2024**

# PREFACIO

A casi medio siglo de su creación, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C (Cibnor-Conahcyt) ha mostrado su compromiso no solo con la generación de conocimiento de alto rigor y la formación de especialistas científicos, sino con la atención de problemáticas sociales y ambientales orientadas a la conservación y aprovechamiento de recursos naturales, por el sector social y productivo del Noroeste de México, impulsando también, desde uno de los territorios más aislados, la conciencia social sobre el cuidado de medio ambiente.

En el trabajo que han desarrollado a lo largo de los años, las y los investigadores del Cibnor, encontramos bosquejos de lo que en la nueva Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, se garantiza como derecho humano a la ciencia, con el fin de que toda persona goce de los beneficios del desarrollo científico y tecnológico y de otros derechos humanos facilitados por el ejercicio de las humanidades, ciencias, tecnologías e innovación, con un enfoque centrado en la persona, que incluya la preservación y protección del ambiente, pues es de esta forma, como el pueblo de México puede acceder al bienestar.

Este libro que nos entrega el Cibnor, arroja luz sobre el excepcional trabajo llevado a cabo por las y los investigadores de este Centro Conahcyt, a lo largo de su historia. En sus líneas se encontrará como lugar común el diálogo de saberes, y con diferentes actores sociales que enriquecen el quehacer científico desarrollado en muchas ocasiones en el territorio, como el lugar de encuentro natural. La obra es más que un compendio de aportes y resultados de investigación, son testimonio del compromiso incansable de su personal científico, tecnológico y administrativo que han convertido a Cibnor-Conahcyt en una referencia nacional, indiscutible, en ciencias biológicas y en el uso, manejo y preservación de los recursos naturales.

Asimismo, esta obra es un homenaje a las Unidades Foráneas de Cibnor-Conahcyt que han nacido en varias ciudades de nuestro país convirtiéndose en motores que impulsan la búsqueda de respuestas a las preguntas más apremiantes de su entorno socio-ecológico relacionado con problemáticas regionales y locales. Temas comunes son el agua; la alimentación; la producción y el impacto ambiental de las actividades productivas como la agrícola, pecuaria y pesca; el valor de los conocimientos tradicionales; el impacto del cambio climático en los ecosistemas, entre otros temas, que se cruzan con los Programas Nacionales Estratégicos del Conahcyt, en la búsqueda de soluciones integrales que tengan incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades y el bienestar de las personas.

Desde Conahcyt reconocemos el trabajo que se realiza en el Cibnor-Conahcyt y deseamos que esta obra contribuya a la reflexión del bien que representa la ciencia, cuando su interés es el bien público, el bien común.

**Dr. José Alejandro Díaz Méndez**

**Titular de la Unidad de Articulación Sectorial y Regional, CONAHCYT.**

**Cd. de México, a 16 de junio, 2024**

## **CAPÍTULO 11**

### **Contribuciones de los manglares del noroeste de México, para el bienestar comunitario.**

Patricia González-Zamorano\*, Giovanni Ávila-Flores, Blanca Estela Romero López, Jonathan Giovanni Ochoa-Gómez, Mercedes Marlenne Manzano-Sarabia, Joanna Acosta-Velázquez y José Alfredo Arreola-Lizárraga

zamorano04@cibnor.mx

#### **Resumen**

Los manglares están considerados entre los ecosistemas más importantes de la Tierra debido a su alta productividad y amplia gama de servicios ecosistémicos (SE). El objetivo de este capítulo fue analizar las contribuciones de los manglares del noroeste de México a partir sus servicios culturales (SEC) y de regulación y mantenimiento (SERM), asimismo se identificaron los principales factores de riesgo. Para ello, se realizó una revisión documental y un análisis geoespacial empleando diferentes bases de datos.

Los manglares del noroeste de México, constituyen el límite de distribución mundial en el Pacífico Nororiental donde confluyen manglares de clima subhúmedo tropical y árido subtropical. Se identificaron tres categorías de SEC: 1) Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y la educación; 2) Patrimonio cultural, experiencia espiritual y sentido de pertenencia; y 3) Recreación, Salud y Turismo; y tres de SERM: 1) Regulación climática global, 2) Estabilización y protección costera y 3) Regulación de nutrientes y biorremediación de contaminantes. Las contribuciones en el bienestar comunitario impactan en la seguridad y sanidad alimentaria, economía, salud, contexto sociocultural, seguridad y protección ante amenazas climáticas. Las contribuciones en la naturaleza influyen en la salud de la

## **CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES**

biodiversidad, calidad del agua en ambientes lagunares y oceánicos adyacentes, en la calidad de la atmósfera y la regulación climática local y global. Los factores de riesgo estuvieron asociados al cambio climático y a la influencia humana. Se sugiere establecer una red de monitoreo permanente, considerando la variabilidad espacio temporal, diferentes configuraciones geomorfológicas y métodos estandarizados; reforzando las líneas de: 1) regulación climática con reservas de carbono profundas, 2) riesgo por contaminación y efectos en la salud y 3) riesgo, vulnerabilidad y estrategias de mitigación ante el cambio climático.

**Palabras clave:** manglares áridos, servicios ecosistémicos, noroeste de México, humedales, manejo costero, cambio climático.

### **Abstract**

Mangroves are considered among the most important ecosystems on Earth because of their high productivity and wide range of ecosystem services (ES) that contribute to human well-being and the health of the natural system. The objective of this chapter was to analyze the contributions of mangroves in northwestern Mexico, based on cultural services (CES) and regulation and support services (SERM), as well to identify the main risk factors. For this purpose, a documentary review was carried out, as well as a geospatial analysis using different databases.

The mangroves of northwestern Mexico constitute the limit of the global distribution in the northeastern Pacific, where mangroves of subhumid-tropical and arid-subtropical climates converge. Three categories of CES were identified: 1) Aesthetic appreciation and inspiration for culture, art and education; 2) Cultural heritage, spiritual experience and sense of belonging and 3) Recreation, health and tourism; and three SERM: 1) Global climate regulation, 2) Coastal stabilization and protection and 3) Nutrient regulation and bioremediation of pollutants. Contributions to community well-being impact food security and sanitation, economy, health, socio-

cultural context, safety and protection from climate hazards. Contributions in nature influence the health of biodiversity, water quality in adjacent lagoon and oceanic environments, atmospheric quality and global climate regulation. The risk factors identified were associated with climate change and human influence. It is suggested to establish a permanent regional monitoring network considering different geomorphological configurations, spatial-temporal variability and standardized methods; reinforcing the lines of: 1) climate regulation with deep blue carbon stocks, 2) pollution risk and health effects, and 3) risk, vulnerability and climate change mitigation strategies.

**Keywords:** arid mangroves, ecosystem services, northwestern Mexico, wetlands, coastal management, climate change.

## **Introducción**

Los manglares están considerados entre los ecosistemas más importantes de la Tierra (FAO 2023). Su importancia ecológica, económica y social ha sido ampliamente documentada, ya que brindan diversos servicios ecosistémicos (SE) esenciales para el bienestar humano y de la naturaleza. Se identifican tres grupos: 1) Aprovechamiento: principalmente de alimentos procedentes de la pesca, combustibles y fibra, 2) Regulación y mantenimiento: como la regulación climática global y local, estabilización y protección de la costa y mejoramiento de cuerpos de agua adyacentes a través de la remoción de nutrientes y contaminantes; y 3) Culturales: como los servicios de recreación, educación, o de valor espiritual y paisajístico (Nagelkerken et al. 2008, UNEP 2014, Friess et al. 2020).

México es el cuarto país con mayor extensión de manglar (905,086 ha). La región noroeste representa la segunda más importante del país, con una extensión de 181,036 ha (CONABIO 2022). Constituye el límite septentrional de distribución mundial en el Pacífico Nororiental y representa una zona de transición donde

## **CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES**

convergen manglares tropicales de relevancia nacional, como la Reserva de la Biósfera “Marismas Nacionales” en Nayarit; así como el 98 % de los manglares más áridos del continente americano (Beck et al. 2018, Bunting et al. 2018). Estos últimos son raros, son poco representados en las evaluaciones globales y altamente sensibles al impacto antrópico o natural. Los ambientes geomorfológicos en los que se desarrollan los manglares son diversos y en ocasiones únicos (Ruiz-Luna et al. 2010, González-Zamorano 2012, González-Zamorano 2013, Ezcurra et al. 2016, Adame et al. 2021). A pesar de su importancia, se ha reportado la pérdida del 8.5 % de su extensión (1970-2020), ocasionadas principalmente por actividades antrópicas (Thomas et al. 2017, Goldberg et al. 2020, CONABIO 2022,). Un componente de afectación adicional es el cambio climático, donde los manglares están considerados entre los más vulnerables del mundo (IPCC 2023); un tema relevante si se considera que el 30 % de la población en México se concentra en la zona costera (Martínez et al. 2007).

Las investigaciones realizadas de los SE de los manglares del noroeste de México, son relevantes para la comprensión y valoración de estos ecosistemas, fundamentales para el establecimiento de estrategias de conservación, rehabilitación y de manejo ante el impacto antrópico y del cambio climático. Si bien, actualmente existen diferentes investigaciones acerca de los SE en la región, los SE culturales de los manglares son muy poco abordados debido a que frecuentemente son intangibles (Queiroz et al. 2017). En contraste los SE de aprovisionamiento y de regulación y mantenimiento son más estudiados, pero dentro de éstos últimos han surgido nuevas investigaciones como la biorremediación de contaminantes emergentes (Hossain et al. 2022). Asimismo, los tipos de SE frecuentemente son generalizados y comprender que diferentes tipos de ambientes podrían proveer diferentes tipos de servicios coadyuvaría a establecer estrategias de manejo y conservación específicas o bien establecer medidas de mitigación ante el cambio climático (Thom 1984, Woodroffe 1992, Ewel et al. 1998). Finalmente, contar con mayor información de los manglares del noroeste de México

coadyuvaría a valorar, identificar y diferenciar los SE que éstos brindan y reconocer la contribución de éstos en el bienestar comunitario.

En este trabajo se presentan las contribuciones de los manglares del noroeste de México a partir de los servicios ecosistémicos culturales (SEC) y de regulación y mantenimiento (SERM). Asimismo, se detectan algunos factores de riesgo para orientar los esfuerzos de investigación, conservación y manejo. Para ello, se realizó una revisión y análisis documental, para la caracterización del área de estudio se realizó un análisis geoespacial empleando diferentes fuentes cartográficas y tabulares bajo la plataforma del programa *QGIS Madeira* (QGIS.org, 2024).

## **Área de estudio**

### **Dimensión física:**

El litoral del noroeste, conformado por los estados de Baja California (BC), Baja California Sur (BCS), Sonora (Son.), Sinaloa (Sin.) y Nayarit (Nay.), es el más extenso del país (5,751 km, 52 %), incluye el 50 % de lagunas costeras (Lankford 1977) (Fig. 1). La topografía puede variar de formaciones abruptas con acantilados y costas rocosas o mixtas; a zonas con pendiente plana o suaves con costas arenosas. El clima al sur de Sinaloa y Nayarit es tropical de tipo subhúmedo cálido (Aw) con precipitación total anual de 600 a 1500 mm; el resto de la región presenta clima subtropical de tipo muy árido (Bw) o árido-semiárido (Bs) con precipitación <600 mm (Fig. 31a) (García y CONABIO 1998).

### Dimensión ecológica:

A nivel de paisaje se identifican tres patrones de distribución y abundancia (Fig. 1a): 1) los manglares más extensos (174,529 ha) y continuos, desarrollados en llanuras deltaicas como el Delta del Río Grande y Santiago, Sin.-Nay. (71,465 ha, 39.5 %), Deltas de Sonora y Sinaloa (71,231 ha, 39.3 %), Llanos de Magdalena, BCS (21,655 ha, 12 %) y Llanura de Mazatlán (10,178 ha, 5.6 %); con franjas paralelas a la costa de ~1 a 3.5 km de ancho; 2) manglares de extensión media (3,552 has) y distribución moderadamente discontinua en franjas estrechas (0.3 - 1 km), ubicados en el desierto de San Sebastián Vizcaíno, BCS, y 3) numerosos manglares pequeños con distribución altamente discontinua (2,986 ha), conformando franjas muy estrechas  $\leq 0.5$  km asociados a lomeríos o bajadas de sierras en la costa oriental de BC, BCS y norte de Sonora (González-Zamorano 2012, CONABIO 2021).

Las especies son: *Avicennia germinans* (L.) Stearn, *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaert, F. y *Conocarpus erectus* (L.), las cuales conforman bosques y matorrales mixtos o monoespecíficos (Flores-Verdugo et al. 1992, Whitmore et al. 2005, Torres et al. 2022).

La estructura forestal en Sinaloa y Nayarit (clima tropical) presentan árboles de hasta 15 m de altura y matorrales de 3 a 5 m; en BC, BCS, Sonora y Sinaloa (clima árido) predominan arbustos chaparros de 0.5 a 4 m de altura y árboles de hasta 7 m.

## INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO

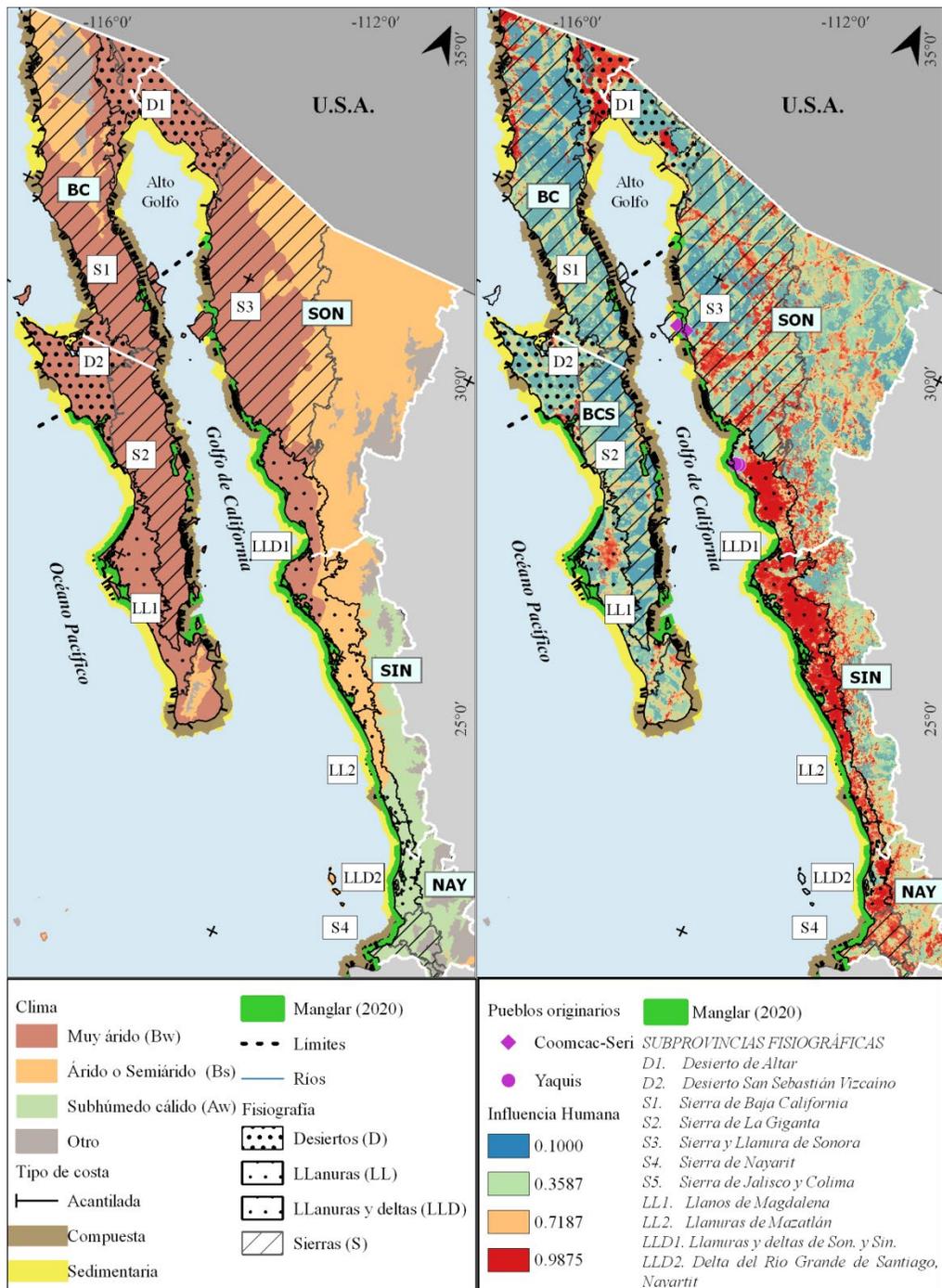


Figura 1. Izquierda (1a): Distribución de manglar en el noroeste de México, clima, tipo de costa y subprovincias fisiográficas. Derecha (1b): Índice de Influencia Humana (IHI) y pueblos originarios. Elaboró: González-Zamorano P. Fuentes: García y CONABIO 1998, INEGI 2001, Coll-Hurtado 2007, CONABIO 2019, 2021.

## **Dimensión socioeconómica:**

La población asociada a la zona costera (<200 m), dentro de los límites de distribución latitudinal del manglar asciende a ~4,660,419 hab. (CONABIO 1990, 2012, 2021). La mayor concentración ocurre en Sinaloa (56 %) y Sonora (22 %), mientras que en BCS (12 %), Nayarit (10 %) y BC (<1 %) la población es menor. Las principales actividades productivas son la pesca, agroindustria, ganadería y turismo. La acuicultura es relevante en Sinaloa y Sonora; y la minería se desarrolla en Sonora y BCS. La región representa el 11 % del PIB nacional, en particular Sinaloa registra el mayor promedio anual de crecimiento económico (3.9 % en el 2022) (Becerril 2023).

De acuerdo al Índice de Influencia Humana (IIH = 0 a 1) (CONABIO 2019), la afectación humana promedio en las Llanuras y Deltas de Sonora y Sinaloa, Llanura Costera de Mazatlán, Sinaloa y en el Delta del Río Grande de Santiago, Nayarit es alta (0.8); mientras que en los Llanos de Magdalena, BCS, Desierto de San Sebastián Vizcaíno, BCS y en las bajadas de sierras y lomeríos de BCS y Sonora es de moderada a baja ( $\leq 0.4$ ) (Fig. 1b)

## **Resultados**

### **Servicios Ecosistémicos Culturales**

Los SEC se definen como “*beneficios no materiales derivados de los ecosistemas y abordan aspectos relacionados con las creencias, valores, identidades y experiencias estéticas de las comunidades humanas*” (Hirons et al. 2016). Estos incluyen inspiración estética, identidad cultural, sentido de pertenencia, turismo, recreación, investigación, experiencias espirituales conexas con el entorno natural y patrimonio cultural (MEA 2005). La comprensión de los SEC puede ser desafiante

y difícil de estimar, pero sin duda fundamental para el bienestar humano (UNEP 2014).

### ***1.1. Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y la educación***

La apreciación de los manglares a mediados del siglo XX ha originado opiniones divergentes. Un ejemplo de esta dicotomía se evidencia en las palabras de Steinbeck (1941) durante su visita a La Paz, BCS, donde mencionó que la *"combinación de mal olor y la impenetrabilidad de las raíces de los manglares generaba aversión a estos lugares"*. En contraste, Jordán (1951) describió a Bahía Magdalena, BCS, como: *"el litoral se ve de un bello color verde, de esmeralda, que le da la línea cerrada de los manglares"*.

En los últimos años se ha reconocido el valor paisajístico de los manglares. En las redes sociales se exhiben fotografías de habitantes y visitantes con el fondo escénico de manglares, en Áreas Naturales Protegidas (ANP), como Balandra (BCS), Bahía de Los Ángeles (BC), El Soldado (Sonora) y Marismas Nacionales (Nayarit). La interconexión entre arte-cultura se manifiesta en las tres ediciones del "Festival del Manglar" (2020-2023) llevadas a cabo en La Paz, BCS. Durante estos eventos, se destaca la exhibición de murales-exposiciones, entre otras actividades culturales. El uso de murales inspirados en los manglares han sido una estrategia importante en temas de educación ambiental.

### ***1.2. Patrimonio cultural, experiencia espiritual y sentido de pertenencia***

El concepto patrimonio cultural no se limita únicamente a monumentos arquitectónicos, obras de arte y objetos antiguos; incluye también celebraciones, saberes, sistemas de significado, destrezas y formas de expresión simbólica (Bonfil-

## **CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES**

Batalla 2004). Considerando lo anterior, en los manglares es posible encontrar ejemplos de SEC de tipo patrimonio cultural. Un ejemplo son los “concheros”, éstos son depósitos de conchas de moluscos de diferentes especies, los cuales aportan información sobre las costumbres de los pobladores durante la época prehispánica (Rosales-López y Sánchez-García 2018). Grave-Tirado (2010) comenta que en la Pirámide “El Calón”, en las inmediaciones de laguna “Agua Grande”, Sinaloa se realizaban rituales vinculados a la fertilidad, no enfocados en la tierra, sino dirigidos a las aguas salobres de la laguna. Otro caso es el conchero del manglar “El Conchalito” en La Paz, BCS, donde se utilizaron conchas como ofrendas.

Un caso sobre experiencia espiritual se observa en Isla Tiburón, Sonora (incluida en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO). Donde los indígenas Comca'ac (seris) consideran a la isla, incluyendo los manglares, como territorio sagrado (Luque-Agraz y Doode-Matsumoto 2009). De acuerdo con Alberto Mellado, (conservacionista Comca'ac) *“La gente corría hacia dentro de los manglares porque los disparos de los arcabuces españoles impactaban en la madera y no alcanzaban sus cuerpos, era una manera de escapar”. “No todos lo conseguían, pero nuestros antepasados se salvaron de esa forma y de ahí venimos nosotros”* (Arellano 2022). Con relación al sentido de pertenencia, hay numerosos ejemplos, la Misión de Nuestra Señora de Loreto Conchó en ciudad de Loreto, BCS emplea el vocablo *conchó*, de la lengua Monqui que significa “mangle colorado”, el cual se utilizaba para designar al asentamiento indígena de esta zona.

### **1.3. Recreación, Salud y Turismo**

Las zonas costeras han sido utilizadas para el desarrollo de diversas actividades lúdicas realizadas con el objetivo de ocio, descanso y mejoramiento del estado de salud física y emocional (Morales-Zarate et al. 2019). En este sentido, los residentes locales utilizan estos sitios en búsqueda de sombra, descanso, actividades físicas como caminata, pesca de orilla y consumo de alimentos (Ávila-Flores 2021). En el ANP Estatal “Estero El Soldado”, ubicado a 12 km de Guaymas, Son., se desarrollan

## **INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO**

diversas actividades recreativas alrededor del manglar, como caminata, ciclismo de montaña, kayak y senderismo, siendo este sitio visitado principalmente por habitantes locales (CEDES 2023)

De acuerdo con Lauterio-Martínez et al. (2016) algunas actividades recreativas realizadas en manglares son: avistamiento de aves, ciclismo, senderismo, pesca de orilla y observación de flora y fauna. Si bien, algunas de estas actividades pueden ser consideradas como recreativas, al ser realizadas por turistas, también implican una derrama económica derivada de los gastos de alojamiento, alimentos, transportes, pago de derechos y de las actividades turísticas. En los manglares de La Tovar, Municipio de San Blas, Nayarit se realizan diversas actividades ecoturísticas, en donde destaca el paseo en lancha donde se pueden observar aves, cocodrilos y la vegetación circundante. De acuerdo con Sanjurjo-Rivera y Welsh-Casas (2005) el sitio generó ganancias netas de ~265 mil dólares al año.

### **1. Servicios ecosistémicos de regulación y mantenimiento**

Los SERM son el resultado de la interacción de procesos ecológicos, biológicos y ciclos biogeoquímicos en diferentes escalas; ejemplo de ello son: la regulación climática, estabilización y protección costera, así como el mejoramiento de la calidad del agua mediante la remoción de contaminantes y nutrientes que pueden causar desequilibrio en los ecosistemas (Hernández-Félix et al. 2017, Friess et al. 2020)

#### **1.1 Regulación climática global**

Los manglares son reconocidos como ecosistemas de carbono azul (CA) debido a su alto potencial para capturar y secuestrar de la atmósfera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uno de los principales gases de efecto invernadero; de ahí su relevancia para reducir los efectos del cambio climático. En consecuencia, la restauración y conservación de estos ecosistemas es una estrategia internacional a largo plazo,

## **CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES**

tal como se establece en el Acuerdo de París, del que México forma parte (Lovelock y Duarte 2019, UNFCCC-2022). Las emisiones de CO<sub>2</sub> (1981-2015) generadas por la deforestación de manglar en México han disminuido, no así las generadas por degradación; las mayores emisiones se produjeron en la Península de Yucatán y en la región del Pacífico Sur (Adame 2018)

El carbono de la biomasa aérea (hojarasca, leña, material muerto) tiene diferentes destinos. Una parte de este carbono queda almacenada de manera subterránea (CS) por largos periodos de tiempo bajo condiciones anóxicas (baja descomposición), a este proceso se le llama secuestro de carbono (carbono azul). Otros destinos son la transferencia a tramas tróficas detritívoras a través del detritus dentro del sistema de manglar o la exportación como carbono orgánico disuelto o particulado a sistemas adyacentes. La vía que toma el carbono depende de procesos biogeoquímicos/microbiológicos del suelo, la dinámica hidrológica, la geomorfología y el grado de impacto antrópico (Ochoa-Gómez et al. 2019).

La región noroeste, constituye la segunda reserva de carbono total (aéreo y subterráneo con profundidad  $\leq 1\text{m}$ ) en México (49 Tg C); la primera reserva se encuentra en la Península de Yucatán (221 Tg C), el mayor porcentaje es almacenado en suelos (Adame et al. 2018). Los estudios de reservas profundas ( $\geq 1\text{ m}$ ) en la región noroeste, ponen en evidencia que los manglares áridos en Bahía Magdalena BCS y Balandra, BCS han acumulado turba por un periodo de  $\sim 2,000$  años, con valores promedio de  $1,130 \pm 128\text{ Mg C ha}^{-1}$ , mayores a los observados en manglares de clima subhúmedo (con mayor desarrollo estructural) ubicados en Marismas Nacionales, Nayarit, con valores promedio de  $300\text{ Mg C ha}^{-1}$ ,  $\leq 1.6\text{ m}$  (Ezcurra et al. 2016). Las reservas promedio de CS (profundidad  $\leq 0.5\text{ m}$ ), muestran un patrón similar; los manglares áridos de BCS ( $122\text{ Mg C ha}^{-1}$ ) y Sonora ( $122\text{ Mg C ha}^{-1}$ ) muestran valores ligeramente mayores a los de Sinaloa ( $119\text{ Mg C ha}^{-1}$ ) (Ochoa et al. 2020, Torres et al. 2023); en Nayarit se han reportado valores muy bajos, de  $36\text{ Mg C ha}^{-1}$  ( $\leq 20\text{ cm}$ ) en San Blas-Laguna de Mexcaltitlán (Agraz-Hernández et al. 2020).

Se evidencio que, los manglares con reservorios extremadamente altos de carbono azul (Ezcurra et al. 2016, Adame et al. 2018), como Balandra en BCS (o los petenes en la Península de Yucatán), se desarrollan en configuraciones carbonatadas, donde los procesos dominantes, responsables del transporte y depositación del sedimento son la marea y el oleaje (Thom 1984, Woodroffe 1992); mientras que manglares desarrollados en configuraciones terrígenas, con predominancia de procesos fluviales, como las llanuras deltaicas de Sinaloa y Nayarit (Agraz-Hernández et al. 2020, Ochoa et al. 2020) presentan valores de carbono menores, sin embargo, hay que destacar que éstos también son importantes exportadores de carbono y otros nutrientes a los cuerpos de agua adyacentes. Otro factor de variación en los valores de carbono es el grado de influencia humana, manglares con menor grado de influencia presentan mayores reservas de carbono que aquellos con mayor grado de influencia humana y degradación.

En este sentido, se sugiere establecer líneas de investigación que consideren tanto el tipo de configuración geomorfológica como el grado de influencia humana o deterioro de los manglares.

## ***2. Estabilización y protección costera***

La estructura y fisonomía de los manglares, en particular el sistema de raíces (denso y profundo), ayudan a reducir la erosión y estabilización de la costa, reducen la velocidad del flujo de agua, fomentan el depósito, acumulación y aglutinación de sedimentos (acreción), así como la formación de suelo (Friess et al. 2020, Del Valle et al. 2023). Asimismo, constituyen una barrera de protección natural a las comunidades e infraestructura costera, ya que absorben el impacto del viento y del oleaje de tormenta; mitigan la erosión, y reducen la inundación marina, durante tormentas y huracanes (World Bank 2016, Friess et al. 2020). Se ha reportado, que la altura de las olas disminuye del 13 al 66 % cuando existen franjas de manglar de

## **CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES**

100 m de ancho o más, y del 50 al 100 % si las franjas son  $\geq 500$  m. Asimismo, los niveles máximos de agua por inundación se reducen entre 5 y 50 cm cuando las franjas son  $\geq 1$  km, lo que significa una gran diferencia en daños a la propiedad y pérdidas de vida (World Bank 2016). Se estima que sin los manglares, 18 millones de personas sufrirían el impacto por inundación; y con su protección, Vietnam, China, Filipinas, Estados Unidos y México ahorran 57,000 millones de dólares en daños a la propiedad (World Bank 2016).

Se reconoce que el principal factor de cambio de los ambientes costeros es la variabilidad climática en sus diferentes escalas espacio-temporales, es. En el corto plazo, las tormentas y huracanes modifican el patrón de oleaje (energía y dirección), corrientes litorales, así como la cantidad y variabilidad de sedimentos descargados al litoral por ríos y arroyos; por lo que la interacción de estos tres factores determina el avance o retroceso de la línea de costa en las que se desarrollan los manglares (Nava et al. 2012, Herrera-Silveira et al. 2022). En la región noroeste, la mayor incidencia e intensidad de huracanes (1970-2010) se presentó en BCS (36) y Sinaloa (29), por lo que se esperaría mayor afectación costera en estos estados; a diferencia de Sonora (10), BC (3) y Nayarit (2), donde la incidencia fue menor (Farfán et al. 2014, González-Rodríguez et al. 2021). Estos procesos se verán intensificados debido al incremento de la frecuencia e intensidad de huracanes, generado por el cambio climático, alterando los patrones de sedimentación, erosión y subsidencia, así como la distribución, ampliación o desaparición de ambientes costeros (Nava et al. 2012, Del Valle et al. 2020).

Otro factor de cambio, son las actividades humanas. En playa Las Glorias, al sur de la laguna de Macapule, Sinaloa, se han reportado procesos de erosión y acreción debido a obras civiles, con pérdida de áreas  $\geq 300$  m (Jiménez-Illescas et al. 2019). Asimismo, la erosión costera en conjunto con la reducción de aporte sedimentario terrígeno acelera los procesos de sobrelavado, cambios en el perfil de playas y procesos de migración de islotes y barreras (Escobar 2002, Herrera-

## ***INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO***

Silveira et al. 2022), como se ha observado en manglares de la laguna Santa María-La Reforma, Sinaloa (Manzano-Sarabia et al. 2019).

Actualmente, existe evidencia de que el cambio climático está induciendo cambios en los procesos costeros y que estos pueden constituir una amenaza para los ecosistemas costeros, como los manglares y para las comunidades adyacentes. Los procesos más importantes son el ascenso al nivel medio del mar, incremento de la erosión costera y variaciones de descargas de sedimento al litoral; a su vez estos pueden generar o modificar otros procesos (Nava et al. 2012). De acuerdo a la evaluación de vulnerabilidad y riesgo en la zona costera Mexicana propuesto por Nava et al. (2012), el nivel más alto de impacto asociado al ascenso del nivel medio del mar y cambio climático (inundación marina, retroceso de la línea de costa y erosión costera durante sequías) se presentará en la Planicie Costera del Golfo de California (norte de San Felipe BC, Sonora, Sinaloa y Nayarit), donde el grado de influencia humana es alto y se ubica aproximadamente el 90 % de la población, así como actividades económicas como la acuacultura y la agricultura (INEGI 2019, Becerril 2023). Si bien, esta zona están protegidas por extensos manglares (152,875 ha, 85 %) (CONABIO 2021) la integridad ecológica es moderada (CONABIO 2019, Equihua et al. 2021) afectando posiblemente la capacidad adaptativa del manglar y por ende la calidad del SE de estabilización y protección costera.

Por el contrario, la costa de la Península de Baja California (BC, BCS), el impacto de peligros asociados al incremento del nivel medio del mar y cambio climático es bajo o muy bajo, exceptuando el flujo de escombros y flujos aluviales, que presenta valores altos en la costa oriental de la península (Nava et al. 2012). De acuerdo con Marín-Monroy et al. (2020) esta área presenta una vulnerabilidad socio-ecológica relativamente alta debido a ciclones tropicales. La influencia humana en la península es baja y la integridad ecológica de ambientes costeros es alta (CONABIO 2019, Equihua et al. 2021)

## **CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES**

Fernández-Díaz et al. (2022) pronosticó una pérdida de 175,099 ha de manglar en México derivado del incremento del nmm (+0.84 m) para el periodo del 2081-2100. En el manglar de Magdalena, BCS se ha reportado un patrón de erosión en la línea de costa y expansión tierra adentro, derivado por el incremento del nmm y las anomalías de la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur (López-Medellín et al. 2011), evidenciando la capacidad adaptiva del manglar ante cambios graduales del nmm ( $\leq 7 \text{ mm año}^{-1}$ ) tal como lo señala Saintilan et al. (2020).

### **2.1 Regulación de nutrientes y biorremediación de contaminantes**

Los manglares son reconocidos por su capacidad de mejorar la calidad de los cuerpos de agua costeros mediante la remoción de contaminantes y nutrientes que pueden causar desequilibrios en los ecosistemas acuáticos (Friess et al. 2020). La regulación de nutrientes está determinada por el flujo bidireccional entre cuerpos de agua de la zona marítimo-terrestre, el cual varía en función de factores hidrológicos, cantidad de aportes pluviales, concentración de nutrientes, amplitud de marea, etc. (Adame y Lovelock 2011)

Estos servicios ecosistémicos son relevantes, si se considera que el 30 % de la población en México se asienta en zonas costeras (Martínez et al. 2007). Por otro lado, la creciente acumulación de contaminantes sugiere un riesgo potencial para la biodiversidad, la salud del manglar y de los sistemas adyacentes (marino y terrestre), así como para la salud humana (e. g. por consumo de moluscos y peces contaminados) y la economía (pesca, acuicultura, turismo) (Páez-Osuna et al. 2017, Ivorra et al. 2021, Hossain et al. 2022).

En el Golfo de California, la contaminación en agua y sedimentos generada principalmente por la expansión e intensificación de actividades agrícolas, acuícolas, minería y turismo se considera de baja a moderada. Sin embargo,

## **INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO**

algunas lagunas costeras ubicadas al sur de Sonora y Sinaloa pueden presentar mayor grado de contaminación. Asimismo, se ha proyectado que durante los próximos 25 años los problemas de contaminación se exacerbarán (Páez-Osuna et al. 2017). Los principales contaminantes son metales y metaloides en regiones con incidentes de derrames mineros recientes, así como nutrientes y plaguicidas en humedales que reciben descargas acuícolas de camarón y escurrimientos de agricultura intensiva (Páez-Osuna et al. 2017). Por tanto, la pérdida y degradación de los manglares tiene efectos multidimensionales y de largo plazo debido a la acumulación de metales en el noroeste de México.

Los ecosistemas de manglar, en particular los árboles y arbustos así como el sedimento, pueden remover contaminantes mediante su captura, enterramiento, almacenamiento o biotransformación (Friess et al. 2020). Los mangles acumulan metales y con ello disminuyen la difusión a los ambientes adyacentes (terrestres y marinos), por ello se les considera idóneos para la fitorremediación de aguas y sedimentos en zonas costeras (Hossain et al. 2022), incluso se han propuesto cómo bioindicadores de exposición a ciertos metales, en ambientes semiáridos de Sinaloa (González-Ocampo et al. 2023). Asimismo, las partículas de materia orgánica y el sedimento presente en el cuerpo de agua remueven contaminantes por adsorción, tal como se ha reportado remoción de plaguicidas organoclorados en la Laguna Altata-Pabellón, Sinaloa (González-Farías et al. 2006). En el suelo, las raíces de mangle y su microbiota interceptan y degradan contaminantes (Ivorra et al. 2021), sin embargo, esto aún no se ha evaluado en los manglares de México.

En el caso de nutrientes, principalmente nitrógeno (N) y fósforo (P), se ha demostrado que en manglares áridos de Bahía Lobos, Sonora, la escasez de precipitación y baja amplitud de marea restringen la disponibilidad e intercambio de nutrientes (Sánchez-Carrillo et al. 2009). La baja disponibilidad de P en el agua y sedimento de manglares de Sonora y BCS, genera gradientes de concentración que favorecen su importación hacia el interior de los manglares (Sánchez-Carrillo et al.

## **CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES**

2009) así como abundantes rizobacterias que solubilizan el P haciéndolo disponible para las plantas (Bashan y Holguin 2002).

Si bien, los manglares son conocidos como sumideros de carbono y nutrientes, esta capacidad puede alterarse por impacto antrópico, por lo que un aumento excesivo de nutrientes, puede causar eutrofización. En Guaymas, Sonora el análisis comparativo de sitios afectados por efluentes residuales orgánicos vs conservados, ha permitido detectar mayor flujo de nutrientes e incremento neto del metabolismo neto del ecosistema en sistemas perturbados (Medina-Galván et al. 2021). Asimismo, regulan la concentración de nutrientes al absorber N y P, importantes macronutrientes para las plantas. En estanques de camarón del Estero de Urías, Sinaloa, se ha reportado que los mangles *R. mangle* y *L. racemosa* pueden fitorremediar aguas eutrofizadas al remover cantidades significativas de amonio y nitratos (Moroyoqui-Rojo et al. 2012).

De acuerdo a lo anterior, es de esperarse que la capacidad de regulación de nutrientes y contaminantes disminuya con la deforestación o degradación del manglar. Por ello las áreas con mayor influencia humana en el noroeste de México, tales como las llanuras y deltas de Sonora, Sinaloa y Nayarit requieren mayor atención para incrementar los esfuerzos de rehabilitación.

## **Conclusiones**

Los beneficios de los SE analizados son diversos, tangibles e intangibles con repercusiones en el bienestar de la comunidad y del ecosistema. Las contribuciones en el bienestar comunitario impactan en la seguridad, sanidad alimentaria, economía, salud, contextos socioculturales, seguridad y protección ante amenazas climáticas. Las contribuciones en la naturaleza influyen en la salud de la biodiversidad, calidad del agua de ambientes lagunares y oceánicos adyacentes, así como en la calidad de la atmósfera y la regulación climática global.

## **INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO**

Se encontró evidencia que los manglares desarrollados en diferentes configuraciones geomorfológicas podrían estar brindando distintos tipos de SE, o bien los mismos, pero en diferente magnitud, consistente con el planteamiento de Ewel et al. (1998). En este sentido, se sugiere establecer líneas de investigación que consideren el tipo de configuración geomorfológica,

Se identificaron factores de riesgo asociados a la variabilidad climática, cambio climático e influencia humana, que podrían ocasionar la pérdida, deterioro o disminución de los manglares y de lo SE. Se reconocieron las llanuras deltaicas de Sonora, Sinaloa y Nayarit como áreas de mayor vulnerabilidad socio-ecológica. Asimismo, en Bahía Magdalena, BCS se registró un patrón de migración del manglar tierra adentro, bajo condiciones de incremento del nivel medio del mar; evidenciando una buena capacidad adaptativa. Sin embargo, esto fue posible debido al menos a dos condiciones: una tasa de incremento del nmm  $\leq 6$  mm/año y disponibilidad de ambientes sedimentarios óptimos con baja o nula alteración humana. Lo anterior, resalta la importancia de respetar y en su caso restaurar la franja de protección del manglar (100 m), establecida en la NOM-022-SEMARNAT-2003.

Finalmente, se requieren incrementar los esfuerzos coordinados para establecer una red permanente de monitoreo regional considerando la variabilidad espacio temporal y geomorfológica mayor representatividad de los manglares áridos y el uso de métodos estandarizados; reforzando las líneas de: 1) regulación climática con reservas de carbono azul profundas ( $> 1$ m), 2) riesgo por contaminación y efectos en la salud y 3) riesgo, vulnerabilidad y estrategias de mitigación ante el Cambio Climático. Asimismo, se espera que el conocimiento científico y la comprensión de la contribución de los manglares a la sociedad y a la naturaleza, genere mayor conciencia y participación comunitaria, así como un incremento en las acciones de protección, conservación y restauración.

### **Importancia social**

La evidencia presentada destaca la importancia social que tienen los manglares, incidiendo en diferentes ámbitos como: la seguridad y sanidad alimentaria, salud ecosistémica, protección ante efectos del cambio climático, recreación, salud mental y física de las personas e ingresos económicos, entre otros. Asimismo, estos ecosistemas poseen un valor cultural para las comunidades costeras debido a que forman parte de sus tradiciones, conocimientos locales y formas de vida, por lo que su conservación también implica la protección del patrimonio cultural.

### **Perspectivas**

Las perspectivas favorables para la gestión y conservación de los manglares del noroeste de México se fundamentan en el incremento de los esfuerzos de investigación científica mediante colaboraciones interinstitucionales para mejorar la comprensión de la estructura, procesos y funciones ecológicas, así como del mapeo y valoración de los diversos servicios ecosistémicos; considerando el gradiente existente de manglares áridos subtropicales a manglares subhúmedos tropicales. En la gestión, es importante evaluar las zonas de mayor presión antropogénica y vulnerabilidad derivada por el cambio climático, así como proponer acciones específicas de restauración y rehabilitación (o bien, fortalecerlas), promovidas conjuntamente por instituciones gubernamentales, académicas y organizaciones civiles. En este contexto, sería de gran utilidad adaptar a escala local la experiencia y resultados del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (<https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/smmm>) para caracterizar la distribución espacial y el grado de impacto humano, además de ampliar y actualizar la base de datos de la estructura forestal (densidad, biomasa, distribución de especies). Finalmente, es recomendable incrementar investigaciones con un

enfoque integral, reconociendo tanto el capital natural como el sociocultural y económico que éstos representan.

## **Literatura citada**

Adame, M.F., Brown, C.J., Bejarano, M., Herrera-Silveira, J.A., Ezcurra, P., Kauffman, J.B., y Birdsey, R. (2018). The undervalued contribution of mangrove protection in Mexico to carbon emission targets. *Conservation Letters*. 11(4). <https://doi.org/10.1111/conl.12445>

Adame, M.F. y Lovelock, C.E. (2011). Carbon and nutrient exchange of mangrove forests with the coastal ocean. *Hydrobiologia*, 663, 23-50. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0554-7>

Adame, M.F, Reef, R., Santini, N.S., Najera, E., Turschwell, M.P, Hayes, M.A, Masque, P. y Lovelock, C.E. (2021). Mangroves in arid regions: Ecology, threats, and opportunities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, (248), 106796. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106796>

Agraz-Hernández, C.M., Chan-Keb, C.A., Chávez-Barrera, J., Osti-Saénz, J., Expósito-Díaz, G., Alonso-Campos, V.A., Muñoz-Salazar, R., Ruiz-Fernández, A.C., Pérez-Bernal, L.B., Sánchez-Cabeza, J.A. y Rivera-Arriaga, E. (2020). Reserva de carbono en un ecosistema de manglar al norte de México: cambios ambientales durante 35 años. *Revista mexicana de biodiversidad*, 91. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2910>

Arellano, A. (27 de enero de 2022). Sembrar manglares en el desierto: la Nación Comcaac protege del cambio climático a la isla más grande de México. *Mongabay*. <https://es.mongabay.com/2022/01/mexico-sembrar-manglares-en-el-desierto-nacion-comcaac-cambio-climatico/>

Ávila-Flores, G. (2021). Evaluación Integral de los Manglares del Estado de Baja California Sur, México. [Tesis doctoral, UABCS]. Repositorio Institucional-UABCS.

Bashan, Y. y Holguin, G. (2002). Plant growth-promoting bacteria: a potential tool for arid mangrove reforestation. *Trees: Structure and Function*, 16, 159-166. <https://doi.org/10.1007/s00468-001-0152-4>

Becerril, I. (13 de noviembre 2023). Mar de Cortés, región con ventajas logísticas para el nearshoring. *El economista*. <https://www.economista.com.mx/estados/Mar-de-Cortes-region-con-ventajas-logisticas-para-el-nearshoring-20231113-0139.html>

## CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES

- Beck, H.E., Zimmermann, N.E., McVicar, T.R., Vergopolan, N., Berg, A. y Wood, E.F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Nature Scientific Data*, 5(180214). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Bonfil-Batalla, G. (2004). Pensar nuestra cultura. En: S. Bermúdez (Ed.), *Antología sobre cultura popular e indígena: Lecturas de Seminario Diálogos en la Acción. Primera Etapa* (pp. 117-134). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. <http://observatoriocultural.udgvirtual.udg.mx/repositorio/handle/123456789/120>
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R., Rebelo, L.M., Hilarides, L., Thomas, N., Hardy, A., Itoh, T., Shimada, M. y Finlayson, C.M. (2018). The Global Mangrove Watch—a New 2010 Global Baseline of Mangrove Extent. *Remote Sensing*, 10(10), 1669. <https://doi.org/10.3390/rs10101669>
- Coll-Hurtado, A. Coord. (2007). *Nuevo Atlas Nacional de México*. Instituto de Geografía-UNAM. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/154>
- Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. (27 de diciembre de 2023). *Estero el Soldado*. <https://cedes.sonora.gob.mx/index.php/visitanos/estero-el-soldado>
- CONABIO. (2019). Índice de impacto humano en la biodiversidad terrestre. MEXBIO 2.0 (2014), escala: 1:1,000,000. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/indihum14gw.html>
- CONABIO. (13 de enero de 2021). *Distribución de los manglares en México en 2020*, escala 1:50,000. [http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/mx\\_man20gw.html](http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/mx_man20gw.html)
- CONABIO. (2 de marzo del 2022). *Extensión y distribución de manglares*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/smmm/extensionDist>
- Del Valle, A.D., Eriksson, M., Ishizawa, A.O. y Miranda, J.J. (2020). Mangroves protect coastal economic activity from hurricanes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117, 265-270. <https://doi.org/10.1073/pnas.1911617117>
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL – SERIE Recursos Naturales e Infraestructura.
- Equihua, M. (20 de mayo de 2021). Índice de Integridad Ecosistémica 2018 a 250 m, escala: 1:250000. Instituto de Ecología, A.C. y CONABIO. [http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/ie2018\\_250mgw.html](http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/ie2018_250mgw.html)

## **INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO**

- Ewel, K.C., Twilley, R.R. y Ong, J.E. (1998). Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. *Global ecology and Biogeography Letters*, 7, 83-94. <https://doi.org/10.2307/2997700>
- Ezcurra, P., Ezcurra, E., Garcillán, P.P., Costa, M.T. y Aburto-Oropeza, O. (2016). Coastal landforms and accumulation of mangrove peat increase carbon sequestration and storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(16), 4404-4409. <https://doi.org/10.1073/pnas.1519774113>
- FAO. (27 de diciembre de 2023). Ecosystem Services & Biodiversity (ESB). Cultural Services. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/cultural-services/en/>
- Farfán, L.M., D'sa, E.J., Liu, K. y Rivera-Monroy, V.H. (2014). Tropical cyclone impacts on coastal regions: the case of the Yucatán and the Baja California Peninsulas, Mexico. *Estuaries and Coasts* 37, 1388-1402. <https://doi.org/10.1007/s12237-014-9797-2>
- Fernández-Díaz, V., Canul-Turriza, R.A., Kuc-Castilla, A. y Hinojosa-Huerta, O. (2022). Loss of coastal ecosystem services in Mexico: An approach to economic valuation in the face of sea level rise. *Frontiers in Marine Science* 9, 898904. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.898904>
- Flores-Verdugo, F., González-Farías, F., Zamorano, D.S. y Ramírez-García, P. (1992). Mangrove ecosystems of the Pacific coast of Mexico: distribution, structure, litterfall and detritus dynamics. En: U. Seeliger (Ed.), *Coastal plant communities of Latin America* (pp. 269-288). Academic Press.
- Friess, D.A., Yando, E.S., Alemu, J.B., Wong, L.W., Soto, S.D. y Bhatia, N. (2020). Ecosystem services and disservices of mangrove forests and salt marshes. En: S.J. Hawkin (Ed.), *Oceanography and Marine Biology: An Annual review* (pp. 107–142). CRC Press.
- García, E. y CONABIO. (1998). Climas (Clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/clima1mgw.html>
- Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N. y Fatoyimbo, T. (2020). Global declines in human-driven mangrove loss. *Global Change Biology* 26(10), 5844-5855. <https://doi.org/10.1111/gcb.15275>
- González-Farías, F.A., Hernández-Garza, M.D.R. y Díaz-González, G. (2006). Organic carbon and pesticide pollution in a tropical coastal lagoon-estuarine system in Northwest Mexico. *International Journal of Environment and Pollution*, 26(1-3), 234-253. <https://doi.org/10.1504/IJEP.2006.009109>

## CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES

- González-Ocampo, H.A., Parra-Olivas, M.C., Pérez-González, E. y Rodríguez-Meza, G.D. (2023). Rhizophora mangle as a Bioindicator of Environmental Exposure to Heavy Metals in the Navachiste Lagoon Complex, Sinaloa, Mexico. Preprints, 2023082014. <https://doi.org/10.20944/preprints202308.2014.v1>
- González-Rodríguez, E., Farfán, L.M., Montijo-Galindo, A., Ramos-Rodríguez, J.A. y Ruiz-Luna, A. (2021). Impacto de los ciclones tropicales en la región costera del noroeste de México. En: A. Cervantes-Escobar, R. Hernández-Guzmán y A. Montijo-Galindo (Eds.), Vulnerabilidad Costera en el Noroeste de México: Un Enfoque Multidisciplinario (pp. 63-83). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- González-Zamorano, P. (2012). Los manglares en la Península de Baja California, México: Patrones ecológicos y su relación con el factor geomorfológico. [Tesis doctoral-CICIMAR-IPN]. Repositorio Institucional-CICIMAR-IPN.
- González-Zamorano, P., Lluch-Cota, S.E. y Nava-Sánchez, E.H. (2013). Relation between the Structure of Mangrove Forests and Geomorphic Types of Lagoons of the Baja California Peninsula. Journal of Coastal Research, 29(1), 173-181 <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00044.1>
- Grave-Tirado, L.A. (2010). El Calón, un espacio sagrado en las marismas del sur de Sinaloa. Estudios Mesoamericanos, 1(8), 19–39. <https://revistas-filologicas.unam.mx/estudios-mesoamericanos/index.php/em/article/view/33>
- Herrera-Silveira, J.A., Teutli-Hernández, C., Secaira-Fajardo, F., Braun, R., Bowman, J., Geselbracht, L., Musgrove, M., Rogers, M., Schmidt, J., Robles-Toral, P.J., Canul-Cabrera, J.A. y Guerra-Cano, L. (2022). Hurricane damages to mangrove forests and post-storm restoration techniques and coasts. The Nature Conservancy.
- Hirons, M., Comberti, C. y Dunford, D. (2016). Valuing cultural ecosystem services. Annual Review of Environment and Resources, 41, 545-564. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085831>
- Hossain, M.B., Masum, Z., Rahman, M.S., Yu, J., Noman, M.A., Jolly, Y.N. y Arai, T. (2022). Heavy Metal Accumulation and Phytoremediation Potentiality of Some Selected Mangrove Species from the World's Largest Mangrove Forest. Biology, 11(8), 1144. <https://doi.org/10.3390/biology11081144>
- INEGI. (2001). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas. Escala 1:1000 000. <https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/#descargas>

## **INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO**

- INEGI. (2019). Localidades de la República Mexicana, 2019, escala: 1:250000. Edición: 1. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463674658>
- INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Ivorra, L., Cardoso, P.G., Chan, S.K., Cruzeiro, C. y Tagulao, K.A. (2021). Can mangroves work as an effective phytoremediation tool for pesticide contamination? An interlinked analysis between surface water, sediments and biota. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126334>
- Jiménez-Illescas, A.R., Zayas-Esquer, M.M. y Espinosa-Carreón, T.L. (2019). Integral management of the coastal zone to solve the problems of erosion in Las Glorias beach, Guasave, Sinaloa, Mexico. En: R.R. Krishnamurthy, M.P. Jonathan, S. Srinivasalu y B. Glaeser (Eds.), *Coastal Management* (pp. 141-163). Academic Press-ELSEVIER.
- Jordán, F. (1951). *El Otro México: Biografía de Baja California*. UABC-Instituto Subcaliforniano de Cultura.
- Lankford, R. (1977). Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. En: M. Wiley (Ed.), *Estuarine Processes* (pp. 182-215). Academic Press.
- Lauterio-Martínez, C.L., Urciaga-García, J.I. y Barrón-Arreola, K.S. (2016). Servicios culturales de los ecosistemas, reconocimiento, enfoque y perspectivas para el desarrollo del turismo en zonas costeras. En R. Espinoza-Sánchez, R.M. Chávez-Dagostino, y E.A. Andrade-Romo (Eds.), *Estudios turísticos en regiones de México* (pp. 77-105). Universidad de Guadalajara.
- López-Medellín, X., Castillo, A. y Ezcurra, E. (2011). Contrasting perspectives on mangroves in arid northwestern Mexico: Implications for integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 54(4), 318–329. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2010.12.012>
- Lovelock, C.E. y Duarte, C.M. (2019). Dimensions of blue carbon and emerging perspectives. *Biology Letters*, 15(3), 20180781. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0781>

## CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES

- Luque-Agraz, D. y Doode-Matsumoto, S. (2009). Los comcáac (seri): hacia una diversidad biocultural del Golfo de California y estado de Sonora, México. *Estudios Sociales*, 17(SPE), 273-301. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572009000300012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000300012&lng=es&nrm=iso)
- Manzano-Sarabia, M.M., Flores-Cárdenas, F., Millán-Aguilar, O.G., Rodríguez-Arredondo, L.E., López-Magaña, J.L., Hurtado-Oliva, M.A. y Grano-Maldonado, M.I. (2019). Impacto de la variabilidad climática en la estructura de manglares de Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias de Mar.
- Marín-Monroy, E.A., Hernández-Trejo, V., Romero-Vadillo, E. y Ivanova-Boncheva, A. (2020). Vulnerability and risk factors due to tropical cyclones in coastal cities of Baja California Sur, Mexico. *Climate*, 8, 144. <https://doi.org/10.3390/cli8120144>
- Martínez, M.L., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P. y Landgrave, R. (2007). The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, 63(2-3), 254-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.022>
- MEA. (2005). Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report. Island Press.
- Medina-Galván, J., Osuna-Martínez, C.C, Padilla-Arredondo, G., Frías-Espericueta, M.G., Barraza-Guardado, R.H. y Arreola-Lizárraga, J.A. (2021). Comparing the biogeochemical functioning of two arid subtropical coastal lagoons: the effect of wastewater discharges. *Ecosystem Health and Sustainability*, 7(1), 1892532. <https://doi.org/10.1080/20964129.2021.1892532>
- Morales-Zarate, M.B., Almendarez-Hernández, M.A., Sánchez-Brito, I. y Salinas-Zavala, C.A. (2019). Valoración económica del servicio ecosistémico recreativo de playa en Los Cabos, Baja California Sur (BCS), México: Una aplicación del Método de Costo de Viaje. *El Periplo Sustentable*, (36), 447-469. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193467104014>
- Moroyoqui-Rojo, L., Flores-Verdugo, F.J., Hernández-Carmona, G., Casas-Valdez, M., Cervantes-Duarte, R. y Nava-Sánchez, E.H. (2012). Remoción de nutrientes con dos especies de mangle (*Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*) en estanques experimentales de cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*). *Ciencias Marinas*, 38(2), 333-346. <https://doi.org/10.7773/cm.v38i2.1983>
- Nagelkerken, I.S., Blaber, J.M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L.G., Meynecke, J.O., Pawlik, J., Penrose, H.M., Sasekumar, A. y Somerfield, P.J. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 155-185. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.007>

## **INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO**

- Nava-Sánchez, E.H., Martínez-Flores, G., Murillo-Jiménez, J.M., Morales-Pérez, R.A. y Godínez-Orta, L. (2012). Vulnerabilidad y evaluación de riesgo en la zona costera mexicana. En: H. Ramírez-León, J.M. Navarro-Pineda y H.A. Barrios-Piña (Eds.), *Dinámica ambiental de ecosistemas acuáticos costeros. Elementos y ejemplos prácticos de diagnóstico* (pp. 139-156). IPN.
- Ochoa-Gómez, J.G., Lluch-Cota, S.E., Rivera-Monroy, V.H., Lluch-Cota, D., Troyo-Diéguez, B., Oechel, W. y Serviere-Zaragoza, E. (2019). Mangrove wetland productivity and carbon stocks in an arid zone of the Gulf of California (La Paz Bay, Mexico). *Forest ecology and management*, 442, 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.059>
- Ochoa-Gómez, J.G., Acosta-Velázquez, J., Yépez, E.A. y Martinetto, P. (2020). Potencial del almacenamiento de carbono en suelo de los manglares del noroeste de México. En: J.M. Hernández, M. Rojo, M. Fuentes, A. Velázquez y M. Bolaños (Eds.), *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2020* (pp. 210-215). Programa Mexicano del Carbono.
- Paéz-Osuna, F., Álvarez-Borrego, S., Ruiz-Fernández, A.C., García-Hernández, J., Jara-Marini, M.E., Bergés-Tiznado, M.E., Piñón-Gimate, A., Alonso-Rodríguez, R., Soto-Jiménez, M.F., Frías-Espericueta, M.G., Ruelas-Inzunza, J.R., Green-Díaz, C., Osuna-Martínez, C.C. y Sánchez-Cabeza, J.A. (2017). Environmental status of the Gulf of California: a pollution review. *Earth-Science Reviews*, 166, 181-205. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.01.014>
- QGIS.org (2024). Sistema de Información Geográfica QGIS. Proyecto de la Fundación Geoespacial de Código Abierto. <http://qgis.org>
- Queiroz, L.S., Rossi, S., Calvet-Mir, L., Ruiz-Mallén, I., García-Betorz, S., Salva-Prat, J. y Meireles, A.J.A. (2017). Neglected ecosystem services: Highlighting the socio-cultural perception of mangroves in decision-making processes. *Ecosystem Services*, 26(A), 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.013>
- Rosales-López, A. y Sánchez-García, L.C. (2018). Así morían los antiguos californios. *Arqueología Mexicana*, 26(154), 50-55.
- Ruiz-Luna, A., Cervantes-Escobar, A. y Berlanga-Robles, C. (2010). Assessing distribution patterns, extent, and current condition of northwest Mexico mangroves. *Wetlands* 30(4), 717-723. <https://doi.org/10.1007/s13157-010-0082-2>
- Saintilan, N., Khan, N.S., Ashe, E., Kelleway, J.J., Rogers, K., Woodroffe, C.D. y Horton, B.P. (2020). Thresholds of mangrove survival under rapid sea level

## CONTRIBUCIONES DE LOS MANGLARES

- rise. Science, 368(6495), 1118-1121. <https://doi.org/10.1126/science.aba2656>
- Sánchez-Carrillo, S., Sánchez-Andrés, R., Alatorre, L.C., Angeler, D.G., Álvarez-Cobelas, M. y Arreola-Lizárraga, J.A. (2009). Nutrient fluxes in a semi-arid microtidal mangrove wetland in the Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82(4), 654-662. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.03.002>
- Sanjurjo-Rivera, E. y Welsh-Casas, S. (2005). Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta Ecológica*, (74), 54-68. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907405>
- SEMARNAT (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas del manglar (acuerdo que adiciona la especificación 4.43 DOF, 07 de mayo del 2004), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/57522/NOM-022-SEMARNAT-2003-2013.pdf>
- Steinbeck, J. (1941). *The Log from the Sea of Cortez*. Viking Press.
- Thom, B.G. (1984). Coastal landforms and geomorphic processes. En: S.C. Snedeker, y J.G. Snedeker (Eds.), *The mangrove Ecosystem: Research Methods* (pp. 18-35). UNESCO.
- Thomas, N., Lucas, R., Bunting, P., Hardy, A., Rosenqvist, A. y Simard, M. (2017). Distribution and drivers of global mangrove forest change, 1996–2010. *PLoS one*, 12(6), e0179302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179302>
- Torres, J.R., Sánchez-Mejía, Z.M., Alcudia-Aguilar, A., Medrano-Pérez, O.R., Barraza-Guardado, R.H. y Suzuky-Pinto, R. (2023). Estimation of Mangrove Blue Carbon in Three Semi-arid Lagoons in the Gulf of California. *Wetlands*, 43(11). <https://doi.org/10.1007/s13157-023-01659-6>
- UNEP. (2014). *The Importance of Mangroves to People: A Call to Action*. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre.
- UNFCCC. (2016). Intended nationally determined contributions-Mexico. [https://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submission\\_s.aspx](https://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submission_s.aspx)
- Whitmore, R.C., Brusca, R.C., León-de-la-Luz, J.L., González-Zamorano, P., Mendoza-Salgado, R., Amador-Silva, E., Holguín, G., Galván-Magaña, F., Hastings, P.A., Cartron, J.L., Felger, R.S., Seminoff, J.A., y McIvore, C.C. (2005). The Ecological Importance of Mangroves in Baja California Sur. En: J.L.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (Eds.), *Conservation Implications*

## **INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO COMUNITARIO**

for an Endangered Ecosystem: Biodiversity, Ecosystems and Conservation in Northern Mexico (pp. 298-333). Oxford University Press.

Woodroffe, C.D. (1992). Mangrove sediments and geomorphology. En: A.I. Robertson y D.M. Alongi (Eds.), Tropical mangrove ecosystems. Coastal and Estuarine Studies (Series) (pp. 7-41). American Geophysical Union.

World Bank. (2016). Managing Coasts with Natural Solutions: Guidelines for Measuring and Valuing the Coastal Protection Services of Mangroves and Coral Reefs. Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services Partnership (WAVES).

### **Para citar esta obra:**

***González-Zamorano P\*, G. Ávila-Flores, B. E. Romero López, J. G.i Ochoa-Gómez, M. M. Manzano-Sarabia, J. Acosta-Velázquez y J. A. Arreola-Lizárraga. 2025. Contribuciones de los manglares del noroeste de México, para el bienestar comunitario. En: Ortega-Rubio A. (Coord.) Investigación sobre los recursos naturales del noroeste de México, para el bienestar comunitario. (pp. 191-219). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S. México. 547 pp.***

