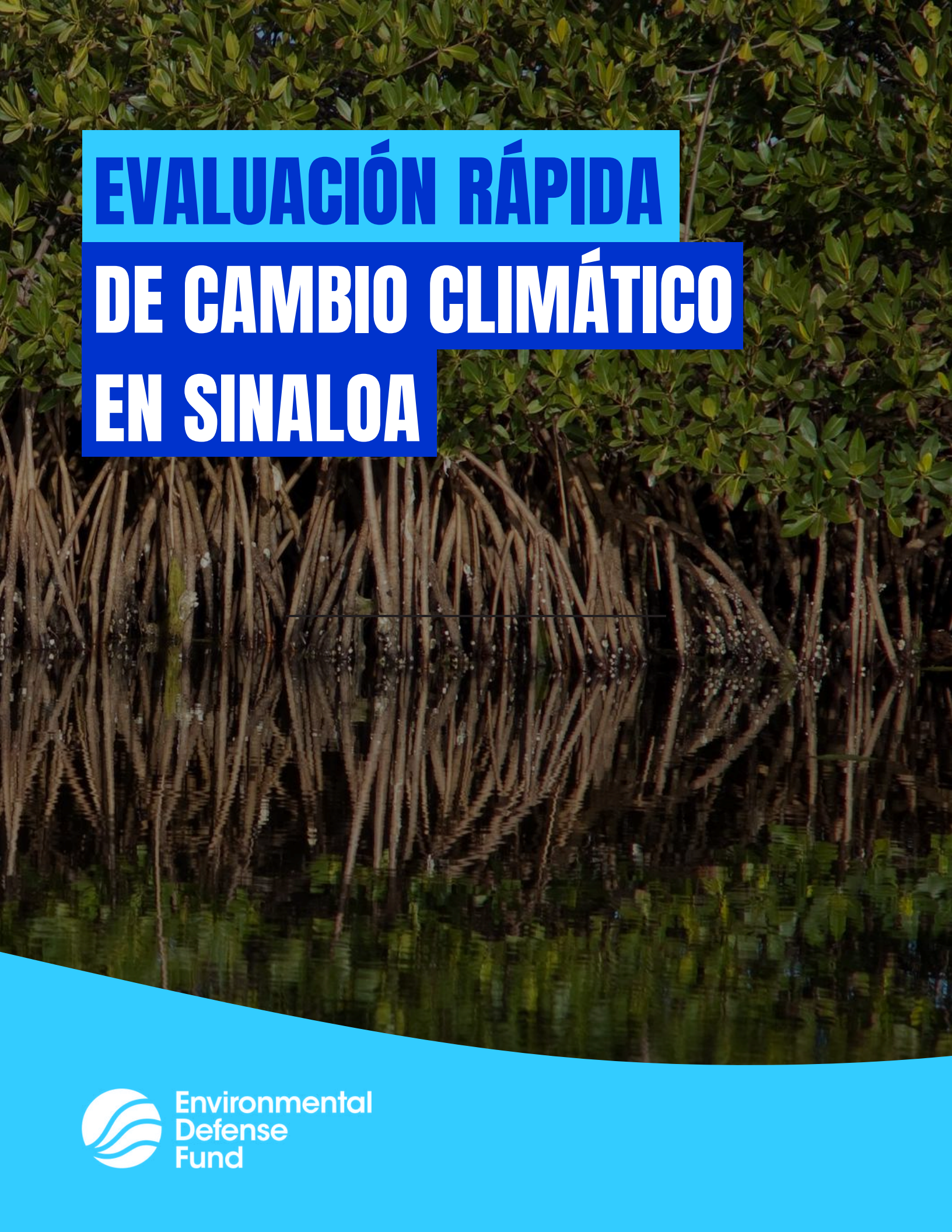


A photograph of a mangrove forest with dense green foliage and prominent prop roots extending into a body of water. The scene is reflected in the calm water.

EVALUACIÓN RÁPIDA DE CAMBIO CLIMÁTICO EN SINALOA



Environmental
Defense
Fund



SOBRE ESTE DOCUMENTO

Este documento compila los resultados de la Evaluación Rápida de Cambio Climático en Sinaloa, México. A través de un análisis, se identificaron amenazas climáticas actuales que dieron rumbo al consenso de acciones para reducir la vulnerabilidad en el estado.

El estudio fue financiado por Environmental Defense Fund de México y elaborado por Vladimir Pelcastre Campos, Ivo García Gutiérrez y Yanett Castro Medina. Edición literaria de Jacqueline Yared Cortina Aguilera.

Mayo 2024

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento integra los resultados de la Evaluación Rápida de Cambio Climático en el estado de Sinaloa, con perspectiva de cuenca en los hábitat pelágico, bosque de mangle y estuario. Engloba el marco legal de atención al cambio climático en Sinaloa, la descripción de la metodología utilizada, el contexto biofísico y social, proyecciones climáticas, análisis de vulnerabilidad con estimaciones a los próximos 10 años basado en la predicción RPC 4.5.

Los resultados indican una vulnerabilidad Media-Alta de los ecosistemas costeros en Sinaloa, debido a la combinación de factores biofísicos y socioeconómicos. Esto derivó en la identificación de áreas críticas como la infraestructura costera, la disponibilidad de recursos hídricos en calidad y cantidad, así como en la seguridad alimentaria, en términos de pesquerías y acuacultura. Para atender las áreas críticas, se proponen acciones concretas, consensuadas con expertos, funcionarios de gobierno, integrantes de la sociedad civil organizada y líderes del sector pesquero de los municipios costeros del estado. Predomina la necesidad de crear y operar el Sistema Estatal de Cambio Climático, con miras a elaborar, ejecutar y evaluar la política estatal en materia de cambio climático bajo mecanismos de gobernanza. Finalmente, el reporte ofrece un marco comprensivo para hacer frente al cambio climático, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones y la planificación estratégica en la zona costera de Sinaloa.



ÍNDICE

Introducción.....	5
Marco legal de atención al cambio climático en Sinaloa.....	8
Metodología de intervención.....	12
Contexto biofísico de los sistemas costero lagunares en Sinaloa.....	19
Contexto social del sistema costero lagunar en Sinaloa.....	40
Proyecciones climáticas Sinaloa en el contexto del cambio climático.....	47
Análisis de vulnerabilidad.....	63
Sugerencias de acción y recomendaciones con base en la planeación.....	94
Conclusiones y recomendaciones.....	103
Literatura citada.....	109
Anexos.....	112
Resumen ejecutivo.....	118



INTRODUCCIÓN





Pesca de camarón en La Reforma,
Angostura Sinaloa. Archivo Fuego Verde

El Cambio Climático (CC) representa una de las mayores amenazas ambientales de nuestro tiempo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) lo define como un cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (IPCC, 2021).

El origen del cambio climático es incierto, puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o causas antropogénicas. Lo cierto es que en las últimas décadas, la humanidad ha atestiguado fenómenos muy intensos y fuera de lo normal, como el impacto de los huracanes, las ondas extremas de calor o de frío, las sequías severas y las lluvias torrenciales incluyendo granizadas inusuales, inundaciones, entre otros fenómenos más (IPCC, 2021).

Estas perturbaciones plantean riesgos significativos para las poblaciones, por lo que su atención y comprensión es un hecho irrefutable. La observación de variables como las temperaturas globales del aire en superficie y de los océanos indican claramente que la Tierra se está calentando, cambiando los patrones climáticos conocidos, exacerbando eventos hidrometeorológicos y alterando consigo los sistemas biofísicos y sociales, algo de difícil comprensión y predicción (Martínez-López y García, 2015).

Un gran primer paso para entender el CC es discernir entre los cambios de origen natural y los antrópicos. Actualmente, existe consenso respecto de que los cambios observados en la atmósfera a nivel global durante las últimas décadas muestran características que no se explican a partir de causas naturales exclusivas.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) el punto de inflexión se da posterior a la revolución industrial y es donde la emisión de gases de efecto invernadero se incrementa exponencialmente, alterando los patrones climáticos a nivel mundial (IPCC, 2021).

Los efectos del CC son reales y tangibles. Las proyecciones del clima para las próximas décadas reportadas en el Sexto Reporte de Evaluación del IPCC sugieren que estas alteraciones tendrán un impacto significativo sobre la disponibilidad en los recursos vinculados estrechamente con el bienestar humano. Resultando en procesos económicos precarios para las poblaciones de los países en desarrollo (IPCC, 2023).

En este contexto, es innegable el hecho de hacer algo al respecto. Los expertos del panel IPCC han generado información suficiente para establecer predicciones climáticas, también han diseñado estrategias para hacer frente al CC. Sin embargo, sus análisis son globales, por lo que es imperativo generar información y propuestas de acción a escala regional y local.

Por lo anterior, este documento representa un esfuerzo generado desde la sociedad civil para desarrollar e impulsar procesos de cambio en materia de CC en México, a partir de la interrelación en las escalas regional y local. Es así que, el objetivo primordial consistió en proporcionar un análisis rápido sobre la vulnerabilidad costera de Sinaloa en el contexto del cambio climático, tomando como referencia a la vulnerabilidad, entendida como la susceptibilidad de los sistemas naturales o humanos a los impactos del cambio climático, incluyendo la exposición, sensibilidad y capacidad limitada para adaptarse a las alteraciones climáticas (IPCC, 2007). Para ello, se identificaron y analizaron factores climáticos naturales y antrópicos que influyen en la vulnerabilidad regional, tales como: el aumento del nivel del mar, la erosión costera, los eventos hidrometeorológicos extraordinarios, la pesca, la acuacultura, el turismo, entre otros.

Finalmente, el documento muestra un análisis rápido de vulnerabilidad de la zona costera de Sinaloa, mismo que se articula con propuestas de acción y recomendaciones de política pública generadas desde la comunidad de Sinaloa.

MARCO LEGAL DE ATENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN SINALOA





México ha firmado diversos acuerdos internacionales para abordar el CC y de los cuales emana la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Desde 1992, forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que establece las bases para la acción internacional conjunta en cuanto a mitigación y adaptación al cambio climático. También, ha firmado y ratificado el Acuerdo de París en 2016 y el Protocolo de Kioto, donde adquiere compromisos específicos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. De igual manera, adopta la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como estrategia orientada hacia indicadores de sostenibilidad (ONU, 2015).

En el contexto nacional, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), que rige jurídicamente al país y define las relaciones entre los tres órdenes de gobierno establece disposiciones relacionadas con el CC:

- **Artículo 4:** Reconoce el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y establece la obligación del Estado de preservarlo y restaurarlo.
- **Artículo 25:** Establece que corresponde al Estado planear y regular el uso de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sustentable.

Asimismo, a través de leyes, reglamentos e instrumentos de política pública, se dictan medidas de mitigación y adaptación nacionales frente al CC:

- **Ley General de Cambio Climático (LGCC):** Define el marco jurídico para la política nacional de cambio climático, estableciendo objetivos, estrategias y acciones para su mitigación y adaptación.

- **Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA):** Regula la protección y gestión del medio ambiente, incluyendo disposiciones sobre cambio climático.
- **Ley General de Salud (Artículos 118 III Bis y 119 I Bis):** Formulan la evaluación de riesgos sanitarios relacionados con fenómenos naturales originados por el cambio climático y la implementación de medidas para proteger la salud pública en situaciones de emergencia climática.
- **Ley de Transición Energética:** Promueve el uso de energías limpias y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energético.
- **Reglamento de la Ley General de Cambio Climático:** Detalla disposiciones específicas para la aplicación de la LGCC.
- **Reglamento de la LGEEPA:** Establece criterios y lineamientos para la protección ambiental, incluyendo medidas relacionadas con el CC.
- **Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC):** Define los lineamientos y objetivos estratégicos para la mitigación y adaptación al cambio climático en México.
- **Visión 10 – 20 – 40:** Establece metas ambiciosas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Programa Especial de Cambio Climático (PECC):** Detalla las acciones específicas a implementar para lograr los objetivos de la ENCC.
- **Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC):** Coordina las acciones entre diferentes órdenes de gobierno, sectores y actores involucrados en el combate al cambio climático.

El marco legal de CC para el estado de Sinaloa se fundamenta en la Ley Estatal de Cambio Climático (LECC). De acuerdo con la LECC, las autoridades responsables de la aplicación de la política pública en materia de CC incluyen a:

- La persona titular del Poder Ejecutivo del Estado de Sinaloa.
- La Secretaría de Bienestar y Desarrollo Sustentable del Estado de Sinaloa.
- Los ayuntamientos.

Además, la LECC establece la creación del Sistema Estatal de Cambio Climático, que es el conjunto de órganos, instancias e instrumentos interdependientes que tienen como objetivo principal elaborar, ejecutar y evaluar la Política Estatal en materia de cambio climático a través de planes, programas, estrategias, coordinación entre los distintos órdenes de gobierno, y una gestión pública suficientemente concertada a partir de decisiones consensuadas, y bajo enfoques y mecanismos de gobernanza.

Por ello, la LECC considera la creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático y del Consejo Técnico de Cambio Climático. Sin embargo, dichos órganos no operan en la actualidad.

Además, Sinaloa cuenta con 9 de los 17 instrumentos normativos sugeridos por el gobierno mexicano para contribuir a la mitigación del CC, los cuales son:

1. Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021.
2. Ley Estatal de Cambio Climático.
3. Reglamento de la Ley Estatal de Cambio Climático de Sinaloa.
4. Ley de Residuos del Estado de Sinaloa.
5. Reglamento de la Ley de Residuos del Estado de Sinaloa.
6. Plan Estatal de Cambio Climático de Sinaloa.
7. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.
8. Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Sinaloa 2018-2027.
9. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Sinaloa, México
10. Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de Sinaloa.

Por otra parte, a nivel municipal, únicamente Escuinapa cuenta con un Plan de Ordenamiento Ecológico Municipal alineado a la normativa estatal para contribuir directamente a la mitigación del CC.



METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN



LA EVALUACIÓN RÁPIDA DE VULNERABILIDAD

La Evaluación Rápida de Vulnerabilidad (ERV) es una herramienta analítica desarrollada para identificar de manera eficiente las vulnerabilidades clave en los sistemas humanos y ecológicos ante los impactos del cambio climático (Moss *et al.* 2014). Proporciona una evaluación inicial de las amenazas climáticas, la exposición, sensibilidad y la capacidad de adaptación de un área o sector determinado.

El objetivo de la ERV es orientar el proceso de toma de decisiones al resaltar las vulnerabilidades prioritarias que requieren de una evaluación más profunda, así como de acciones de adaptación (Marin, 2010). Esta evaluación es sumamente útil cuando los recursos son limitados y se necesita una comprensión rápida de los riesgos relativos al cambio climático.

La ERV consta de cuatro pasos clave: 1) definir el alcance y recopilar datos existentes, 2) evaluar amenazas climáticas actuales, 3) evaluar la vulnerabilidad para cada amenaza, y 4) sintetizar y priorizar los resultados (Swart *et al.* 2012). Se utilizan métodos de análisis cualitativos y cuantitativos, así como puntuaciones relativas y matrices de exposición de sensibilidad (PIK, 2022).

La ERV ha sido aplicada en diversos contextos, desde comunidades locales hasta sectores económicos nacionales (Hammill *et al.* 2013). Sin embargo, tiene limitaciones, incluyendo su naturaleza de alto nivel técnico de información y la potencial subjetividad en la puntuación de vulnerabilidades (GIZ, 2014). A pesar de ello, la ERV se mantiene como una herramienta valiosa y ágil para comprender las vulnerabilidades climáticas y priorizar las acciones de adaptación cuando los recursos son escasos (PIK, 2022).

Para esta intervención, utilizamos la metodología de ERV desarrollada por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 2017). En el siguiente esquema describimos la ruta crítica de los cuatro pasos de la metodología y las precisiones efectuadas para los alcances de esta consultoría.

1 Definir el alcance espacio temporal

Por geografía

Nuestro espacio de análisis se dio en el contexto de la convocatoria de EDF: el estado de Sinaloa. Nos ceñimos a establecer el análisis al estado pero considerando un espacio de influencia en el Golfo de California y estados circunvecinos.

Por hábitat

Para agilizar el análisis, se designaron tres tipos de hábitat:

- **Pelágico:** como el espacio inmediato a la línea más alta de marea con influencia directa en la pesca ribereña, incluyendo las dunas costeras.
- **Bosque de mangle:** como el espacio donde se desarrollan los mangles y su vegetación asociada.
- **Estuario:** como el espacio y columna de agua, su sedimentación y flujos hidrológicos de agua dulce y salina.

Por tiempo

Nuestro horizonte de análisis fue apegado a las predicciones del cambio climático RPC 4.5 para los próximos 10 años. La metodología sugiere que 10 años es un periodo de tiempo adecuado para planear y ejecutar estrategias de acción en el marco de política pública.

2 Identificación de amenazas climáticas actuales

Literatura

Se realizó una búsqueda de información científica, técnica, y periodística respecto a los parámetros identificados en el punto número 1. La técnica de búsqueda fue mediante el análisis sistemático de literatura (Kitchenham, 2004) y en la plataforma Research Rabbit.

Actores clave en CC

Se elaboró un mapeo de actores clave en el tema de CC en el estado. La búsqueda se focalizó en técnicos, investigadores y funcionarios públicos. Mediante la estrategia de bola de nieve (Newing, 2011) se identificaron actores relevantes. Posteriormente, se realizaron entrevistas semiestructuradas en modalidad presencial o virtual. Al final, 9 académicos, 4 funcionarios públicos y 3 actores de organizaciones no gubernamentales aportaron sus conocimientos a la evaluación.

2 Identificación de amenazas climáticas actuales (continúa)

Actores clave
en pesca y
acuacultura

Mediante el mapeo de actores clave en el tema de pesca y acuacultura fue posible ubicar cooperativas pesqueras en tres regiones costeras: norte, centro y sur de Sinaloa. Se contactó a líderes de cooperativas y se logró establecer enlace con más de 40 pescadores y pescadoras del estado, de los cuales 30 accedieron a responder una entrevista. La entrevista se ejecutó en modalidad virtual, a través de la plataforma google forms o vía llamada telefónica.

Agrupamiento de
la información

A) A partir de análisis del contenido y estadística descriptiva, la información de las entrevistas a actores clave en CC se concentró en cuatro tópicos:

- Visión general sobre el conocimiento en CC en el estado.
- Aproximación de acciones a nivel cuenca o regional.
- Indicadores necesarios para determinar vulnerabilidad.
- Acciones en materia de política pública.

B) Mediante las entrevistas a pescadores y acuacultores se agruparon ideas en cinco ejes principales:

- Perfil sociodemográfico.
- Perfil socioeconómico alrededor de la pesca y acuacultura.
- Indicadores de vulnerabilidad social.
- Equidad de género en el mar.
- Visión general sobre los impactos de CC en su comunidad.

Finalmente, se conjugaron tres grandes grupos o factores de información; cada uno integra información con variables o indicadores de diferente corte y origen, que aglutinados en un análisis cualitativo, como el que sugiere la metodología, permiten determinar la vulnerabilidad.

Grupo 1

Factores de estrés climático

Indicadores que refieren procesos propios de la dinámica climática del planeta, pero que en condiciones de CC se exacerban. P.ej. el aumento de temperatura en el agua, eventos hidrometeorológicos extraordinarios, entre otros.

Grupo 2

Factores de presión antrópica

Indicadores que refieren procesos propios de las actividades humanas y que en consecuencia, intensifican el CC. P.ej el crecimiento poblacional, infraestructura, uso de combustibles fósiles, entre muchos más.

Grupo 3

Factores de adaptación

Indicadores que refieren procesos propios del socioecosistema para adaptarse a las condiciones cambiantes producto del CC. P.ej. procesos de conectividad ecológica, salud del sistema, gobernanza, normatividad, etc.

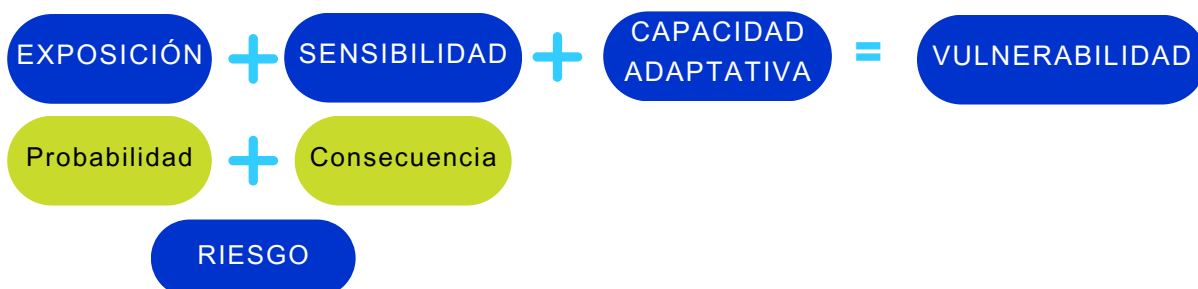
3 Evaluación de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se compone de tres elementos: la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

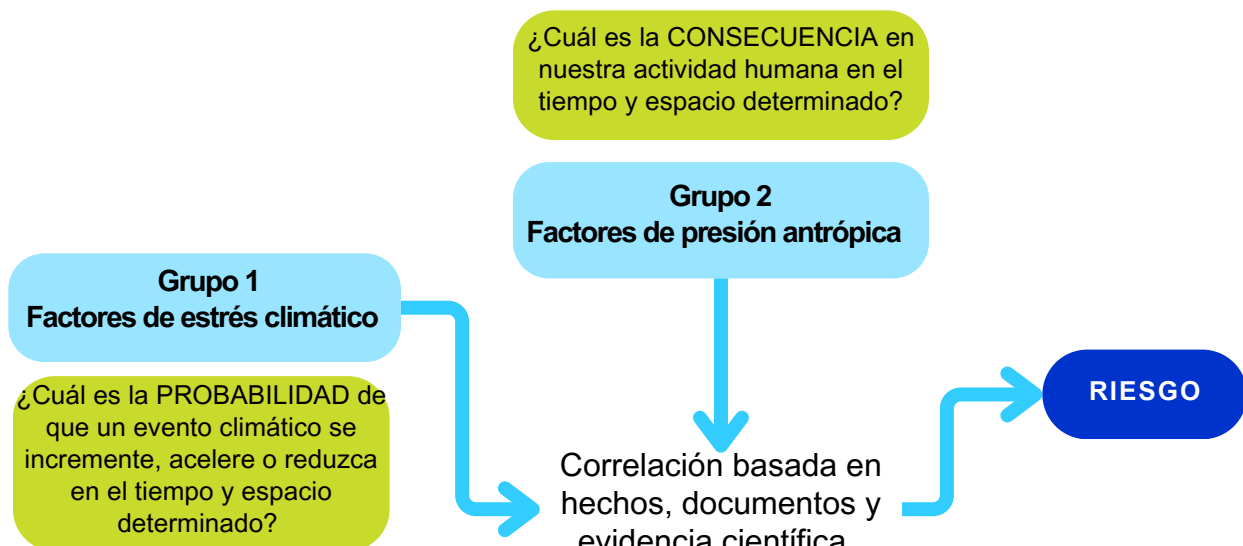


La exposición comprendida como el grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas. La sensibilidad como el grado en que un sistema resulta afectado por estímulos relacionados con el clima. Y la capacidad adaptativa como la habilidad de ajustarse al cambio climático para moderar daños potenciales o aprovechar oportunidades beneficiosas (IPCC, 2001).

La metodología de la CCA (2017) sugiere determinar la Exposición con la Probabilidad de que un fenómeno climático ocurra y la Sensibilidad con las posibles Consecuencias de un fenómeno en determinado espacio. Al conjunto de Probabilidad y Consecuencia se le denomina Riesgo.

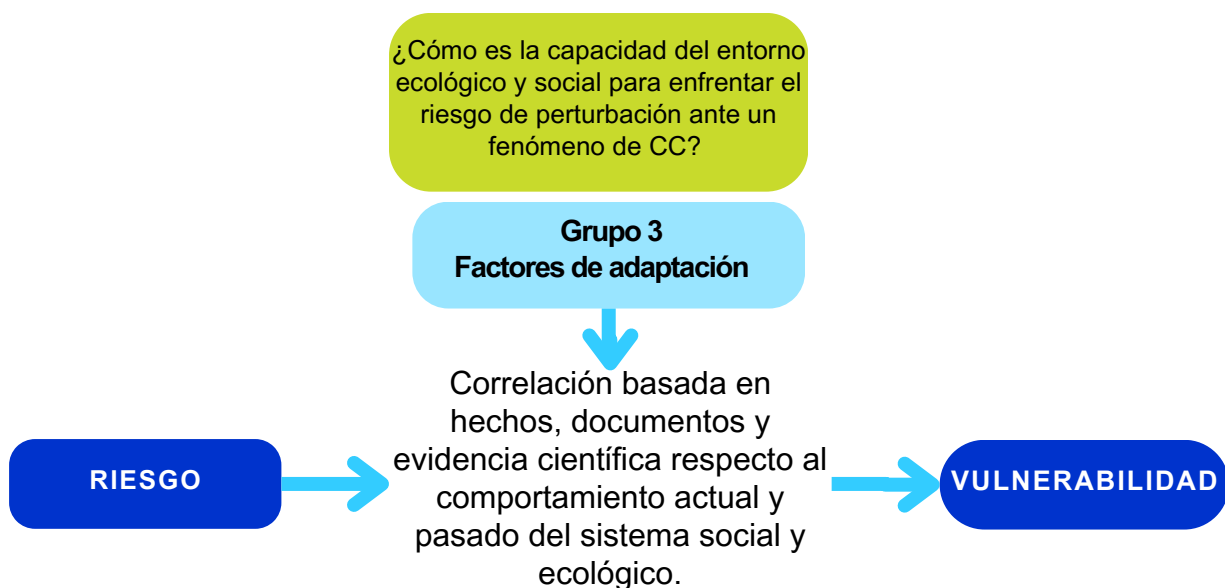


Para determinar el Riesgo, la metodología sugiere relacionar en cuadros comparativos los factores o indicadores identificados en el paso 2.



3 Evaluación de vulnerabilidad (continúa)

Una vez obtenido el riesgo, la metodología sugiere relacionar esta información con la capacidad adaptativa del sistema en el contexto ecológico y social.



Algo sumamente importante de precisar, es que las correlaciones se basan en evidencia técnica y científica, con múltiples valores numéricos que no son comparables directamente. La metodología se basa en tablas de interpretación y homologación de criterios para estandarizar cualitativamente la información. En el enlace <https://goo.su/blup> encontrarán los criterios y tablas de estandarización que la metodología propone utilizar. En el Anexo 1. la adecuación referida a este documento.

Para solventar el sesgo en la información por parte del evaluador, los indicadores o factores utilizados, así como su priorización de uso, fueron sometidos a un proceso de validación por medio de talleres participativos. La priorización y validación de indicadores se efectuó de manera consensuada en tres talleres de participación realizados en tres regiones del estado (Escuinapa, Mazatlán y Culiacán), donde actores académicos (n=6), funcionarios públicos (n=3), organizaciones no gubernamentales (n=4) y pescadores (8) mencionaron las razones de priorización de indicadores para evaluar la vulnerabilidad.

Por último, se compiló información para 35 indicadores de los tres grupos vinculados con el contexto de Sinaloa o Golfo de California, destacando el uso de 17 indicadores para el análisis final: 4 de estrés climático, 4 de presión antrópica y 9 de capacidad adaptativa. Cada factor se detalla en la sección de análisis.

4 Síntesis y priorización de resultados

Planeación



Producto de las 46 entrevistas a actores clave en el paso 2, se identificaron 7 líneas de trabajo para mejorar la vulnerabilidad ante el cambio climático en Sinaloa. De las cuales, se definieron acciones validadas a partir de los tres talleres regionales previamente mencionados.

Con todos los elementos de evaluación de vulnerabilidad y con las estrategias de trabajo que se mencionaron, se construyó este informe final.



Pesca de camarón en Marismas Nacionales.
Archivo Quadratín Sinaloa

CONTEXTO BIOFÍSICO DE LOS SISTEMAS COSTERO LAGUNARES EN SINALOA





UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE SINALOA

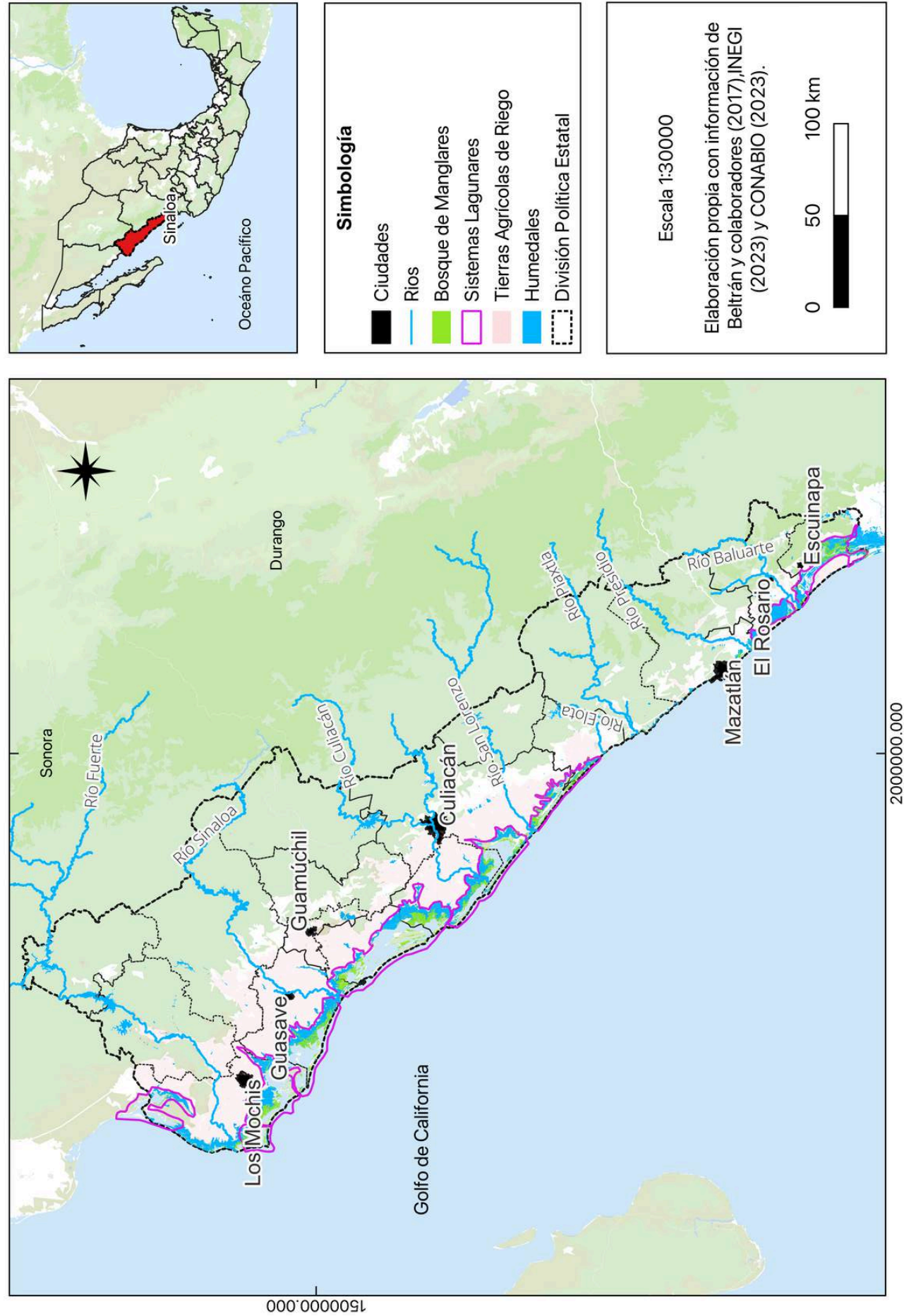
El estado de Sinaloa se sitúa en la región noroeste de México, en la costa del Pacífico, en la entrada al Golfo de California (Figura 1). Sus coordenadas geográficas próximas son: 22°30' a 25°30' latitud norte y 105°00' a 109°00' longitud oeste. El macizo continental tiene una extensión de 58,328 kilómetros cuadrados, lo que posiciona al estado, en términos de superficie, en el lugar número 18 entre las 32 entidades federativas de México. De litoral, se estima una extensión de poco más de 620 km, equivalente a 5.6% del total nacional (Tabla 1).

Sinaloa se distribuye en tres cuencas fisiográficas, las cuales vierten sus corrientes hacia el océano pacífico. La cuenca Sierra Madre Occidental se caracteriza por sus elevaciones montañosas y serranías; la cuenca Depresión del Río Culiacán que incluye el valle de Culiacán y las tierras bajas circundantes; y la cuenca Llanura Costera del Pacífico, que se extiende a lo largo de la costa del Océano Pacífico y se caracteriza por su topografía plana y su proximidad al mar.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el 76% de la población del estado reside en zonas urbanas localizadas en la región de la llanura costera (INEGI, 2020). En esta región se desarrollan las principales actividades económicas del estado. Sinaloa, a diferencia de otras entidades, se distingue por producir maíz, frijol, sorgo y hortalizas, conformando así el sector agrícola; también por comercializar atún, camarón, sardina y varias especies de escama, lo que constituye el sector pesquero-acuícola (INEGI, 2020).

Aunque el foco de atención de este estudio es la zona costera, es importante destacar que la dinámica de esta región se configura como producto de la fisiografía e hidrología de las cuencas.

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

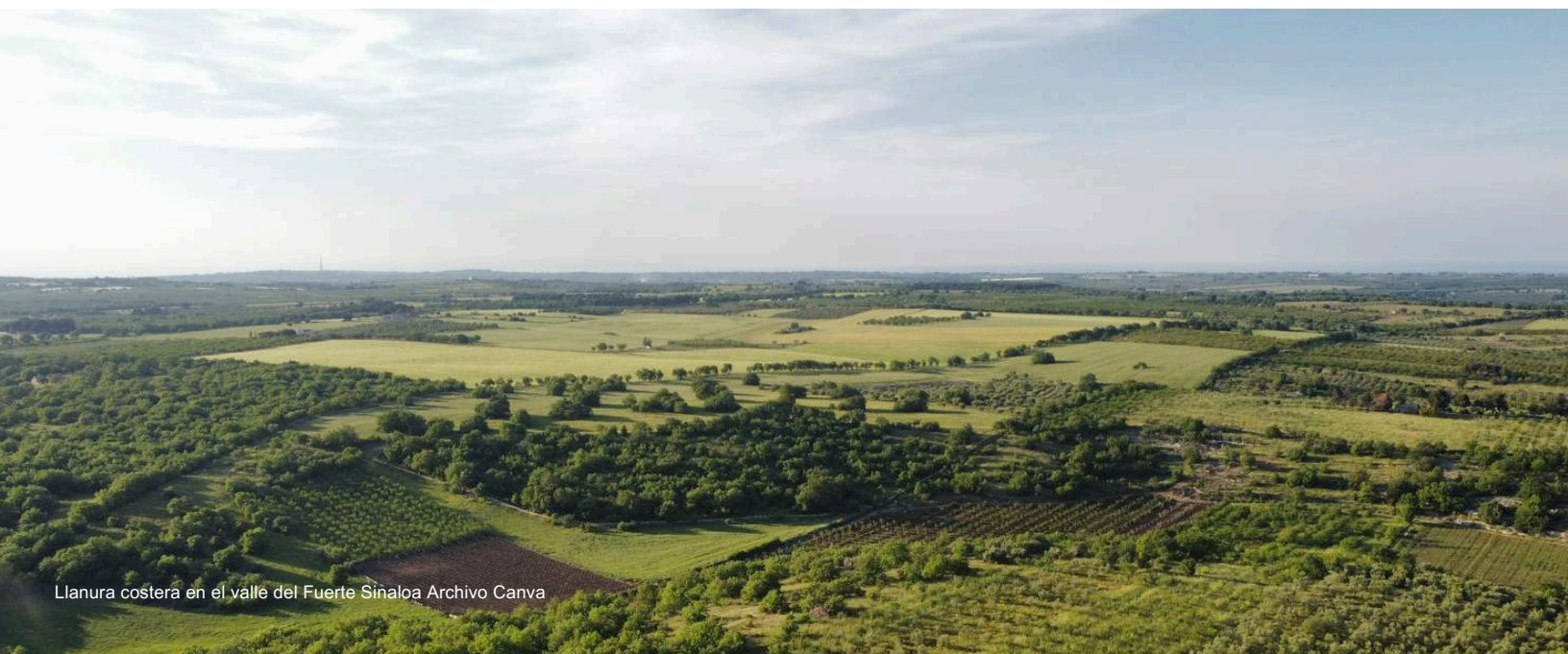


FISIOGRAFÍA

Las cuencas que integran al estado de Sinaloa están conformadas por subsistemas y elementos complejos que interconectados influyen en la dinámica de la cuenca baja. Esta dinámica comprende: a) la captación de agua en la parte alta, b) la captación y transporte hídrico en la parte media y c) emisión hídrica en la parte baja (Cotler *et al.* 2013). Determinando consigo a la biodiversidad y gran parte de las actividades productivas de la zona.

En relación a los suelos, se considera que el 60% lo conforman el litosol y el regosol. El litosol, es un suelo sin desarrollo aparente y de escasa profundidad, con textura gravosa y angular. Por su parte, el regosol, de poco espesor y retención de humedad. Específicamente, en la llanura costera, incluyendo a la zona de humedales, se presentan suelos de origen aluvial, sedimentarios y volcánicos, con una diversidad de texturas que van desde arenas y limos hasta arcillas. Estos suelos están influenciados por la cercanía al mar, la actividad fluvial y la vegetación circundante, que contribuye a su fertilidad y productividad agrícola, algo que caracteriza a la totalidad de la llanura costera del estado, y a su vez determina la disposición de sedimentos en las lagunas costeras.

La geomorfología de las cuencas superiores está dominada por las estribaciones de la Sierra Madre Occidental con relieves accidentados, picos montañosos y cañones. Los lomeríos y mesetas dominan en la parte media. Mientras que, alrededor de las lagunas costeras armonizan estuarios, manglares y dunas costeras, que combinados con acantilados rocosos y playas arenosas dan forma a la zona costera de Sinaloa (CONABIO, 2022). En menor proporción, se encuentran arrecifes coralinos, especialmente en las Islas Marietas y las Islas Marías (Rodríguez-Martínez *et al.* 2017).



CLIMA

En Sinaloa se presentan cinco tipos de clima: seco estepario (BSh, BWh) en las zonas más áridas del este y sureste; del tipo BSk y BSh en el norte, centro y regiones como el Valle de Culiacán; seco tropical (BSh) en zonas costeras del sur de Sinaloa, incluyendo Mazatlán y sus alrededores; seco subtropical (Cw) en algunas partes de la costa oeste y suroeste del estado; y templado subhúmedo (Cw) en áreas de mayor altitud en la Sierra Madre Occidental.

Para la región de la planicie costera, se presentan climas del tipo seco semiseco y seco tropical, altamente influenciado por masas de aire cálido provenientes de las regiones áridas del noroeste de México y de masas de aire cálido húmedo provenientes del océano. Provocando estacionalidad notable en los patrones de precipitación. Durante el verano, de mayo a septiembre, se experimentan altas temperaturas, con máximas promedio de 30-35°C. Estos meses son caracterizados por días soleados y cielos despejados, con una humedad relativa que tiende a ser baja, contribuyendo a la sensación de calor intenso. En contraste, durante el invierno, de noviembre a marzo, los días son más templados con temperaturas que oscilan entre los 20-25°C y que pueden descender hasta los 15°C en la noche.

En cuanto a los patrones de precipitación, Sinaloa tiene una temporalidad distinguible, seca y húmeda. En la temporada de lluvias, de junio a septiembre, las precipitaciones son frecuentes y abundantes, especialmente en las regiones montañosas y costeras. Estas lluvias son el resultado de la influencia de sistemas meteorológicos regionales que provocan la formación de tormentas. Durante la temporada de estiaje, de octubre a mayo, las precipitaciones son escasas y la región experimenta condiciones en su mayoría secas y soleadas.

Específicamente, para la región de la llanura costera, la mayor parte de las lluvias se concentra en los meses de verano. Las precipitaciones suelen ser de tipo convectivo, asociadas a la presencia de sistemas meteorológicos como las ondas tropicales y los huracanes que se desplazan desde el Océano Pacífico. Estas lluvias suelen ser intensas y localizadas, provocando inundaciones repentinas en algunas áreas, principalmente a las orillas de ríos, arroyos, drenes y zonas bajas de la cuenca costera. En contraste, los meses de invierno son generalmente secos, con una disminución significativa en la cantidad y frecuencia de las precipitaciones pluviales.

HIDROLOGÍA DE LOS SISTEMAS LAGUNARES

Los patrones hidrológicos se caracterizan por la presencia de ríos, llanuras de inundación, presas y acuíferos. Los ríos más importantes son El Fuerte, Sinaloa y Culiacán. El Fuerte cruza la región norte del estado y desemboca en el Golfo de California. Este afluente desempeña un papel crucial en el sector agrícola del valle. El río Sinaloa, es el más extenso de la región, recorre una vasta área del centro y oeste del estado, siendo esencial para el riego agrícola y el abastecimiento de agua para uso humano e industrial en el centro norte del estado. El río Culiacán es vital para el riego de cultivos como maíz, frijol y hortalizas del valle de Culiacán, brindando sustento a la producción agrícola estatal y nacional (Figura 1).



Existen 12 presas distribuidas en el territorio de Sinaloa. El Río Piaxtla que se extiende por el centro y sur del estado, es el único sin represar, permitiendo el flujo libre de agua hacia el océano. Todos los demás ríos están represados en algún punto de su cauce. El represamiento del agua favorece la agricultura intensiva. Sin embargo, altera la dinámica de los sistemas lagunares en la cuenca baja, al reducir el flujo de agua dulce hacia los humedales costeros, en los que se desarrollan actividades económicas como la pesca y acuacultura.

En relación a los humedales costeros, al menos 12 sistemas lagunares son de gran relevancia para la dinámica social del estado (Beltrán *et al.* 2014). La tabla número 1 resume las principales características de las lagunas costeras de Sinaloa. Las figuras 2, 3, 4 y 5 muestran la ubicación geográfica de dichos sistemas. Como se aprecia, existe una relación estrecha entre la llanura costera y los humedales. En la llanura costera se extienden los sistemas de producción agrícola intensiva, las ciudades y las principales localidades urbano rurales. Confluyen los sistemas lagunares con sus cuerpos de agua, bosques de mangle y dunas costeras. Además, la presencia de estanques acuícolas, en su mayoría de camarón. En esta confluencia de elementos ocurren dinámicas ecológicas y sociales que determinan la configuración de las lagunas costeras y de la costa de Sinaloa.



Presas Huítes en el norte de Sinaloa
Archivo CANVA

Tabla 1. Relación de humedales costeros en Sinaloa.

No.	Nombre	Superficie (Ha)	Municipios	Volumen m3	Profundidad	Recambio de agua en días	Afluentes	Uso	Especies de importancia pesquera
1	Agiambpo-Bacorehuis	17,700	Ahome en Sinaloa y Huatabampo en Sonora.	384,090,000	La profundidad media de 2.17 m, fluctuando entre 0.30 m y 16.40 m. en la boca del sistema.	23	Río Fuerte-Mayo	Pesquero, camarónicola, ostrícola y agrícola.	Camarón, jaiba, callo de hacha, almeja, lisa, robalo, pargo y mojarra.
2	El Colorado	11,500	Ahome	115,000,000	Profundidad media de 1.0 m, fluctuando entre 0.40 m y 11.00 m en la boca del sistema.	8	Río Elota	Pesquero, camarónicola y agrícola.	Camarón, jaiba, callo de hacha, almeja, lisa, robalo, pargo y mojarra
3	Topolobampo-Ohuira-Santa María	22,500	Ahome	1,356,750,000	Profundidad media de 6.03 m, oscilando entre 0.40 m y 28.70 m.	30.7	No recibe flujos directos de agua de los ríos; en su lugar, recibe descargas a través de canales y esteros que drenan desde los distritos de riego y granjas de cultivo de camarón.	Pesquero, camarónicola, turístico y agrícola.	Camarón, jaiba, almeja, lisa, botete, robalo, pargo y mojarra.
4	San Ignacio-Navachiste-Macapule	26,700	Guasave	907,800,000	Profundidad media de 3.40 m, oscilando entre 0.40 m y 13.80 m.	24	Río Fuerte	Pesquero, camarónicola, turístico y agrícola.	Camarón, jaiba, almeja, lisa, botete, robalo, pargo y mojarra.
5	Playa Colorada-Santa María-La Reforma	58,300	Guasave, Angostura y Navolato	2,186,250,000	Profundidad media de 3.75 m, oscilando entre 0.30 m y 15.80 m.	18	Río Culiacán, el río Tamazula y el río San Lorenzo	Pesquero, camarónicola, turístico y agrícola.	Camarón, jaiba, almeja, lisa, botete, robalo, pargo y mojarra.

Tabla 1. Relación de humedales costeros en Sinaloa. (continuación)

No.	Nombre	Superficie (Ha)	Municipios	Volumen m3	Profundidad	Recambio de agua en días	Afluentes	Uso	Especies de importancia pesquera
6	Altata-Ensenada El Pabellón	22,000	Culiacán y Novolato	317,460,000	Profundidad media de 1.43 m, oscilando entre 0.20 m y 10.50 m.	17	Río Culiacán. Además, es receptor de descargas de estanques para el cultivo de camarón y de la agricultura.	Pesquero, camaronícola, turístico y agrícola.	Camarón, jaiba, almeja, lisa, botete, robalo, pargo, mojarra y curvina
7	Ceuta	67,370	Culiacán y Elota	161,014,300	Profundidad media de 2.39 m, oscilando entre 0.35 m y 6.0 m.	24	Río Mocorito y río Humaya. Además, es receptor de descargas de estanques para el cultivo de camarón y de la agricultura.	Pesquero, camaronícola y agrícola.	Camarón, jaiba, almeja, pata de mula, caracol, lisa, botete, robalo, pargo, mojarra y curvina
8	Huizache-Caimanero	17,500	Mazatlán y Rosario	175,000,000 m3 durante la temporada de lluvias y de 28000000 m3 durante el estiaje.	Profundidad media de 1.03 m en época de lluvias y de 0.40 m en el estiaje.	109 días durante las lluvias y 202 días durante el estiaje.	Río Presidio y río Baluarte	Pesquero, camaronícola y agrícola.	Camarón, jaiba, Chihuil, lisa, robalo y pargo.
9	Chamelta-Teacapán	27,000	Escuinapa	569,700,000	Profundidad media de 2.11 m, oscilando entre 0.10 m y 8.30 m.	158	Ríos Acazoneta, Las Cañas y Baluarte.	Pesquero, camaronícola, turístico y agrícola.	Camarón, chihuil, burro, corvina, lisa macho, lizeta, mojarra, pargo, robalo y constantino.

Figura 2. Ubicación geográfica de los humedales costeros en la zona norte del estado de Sinaloa.

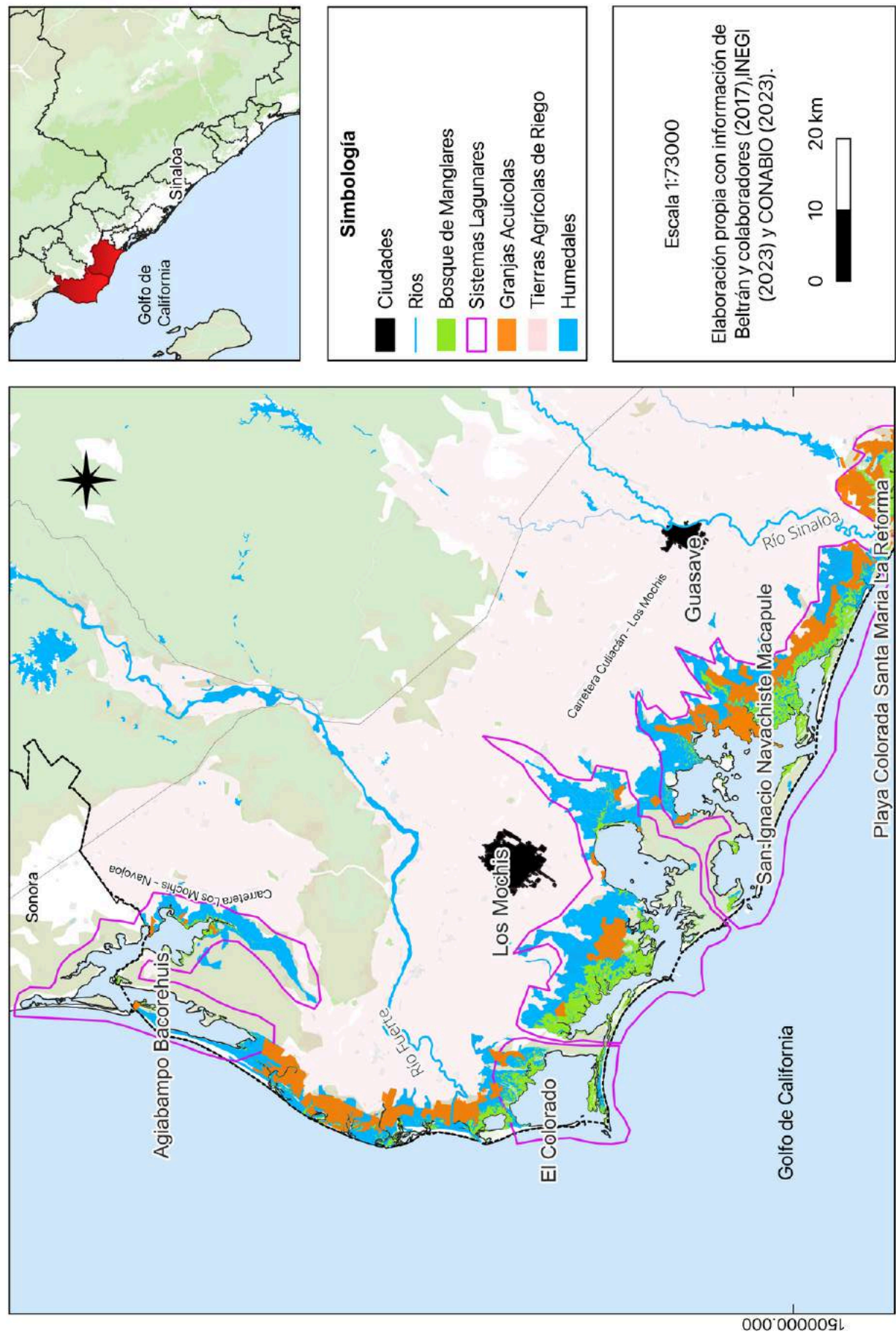


Figura 3. Ubicación geográfica de los humedales costeros en la zona centro norte del estado de Sinaloa

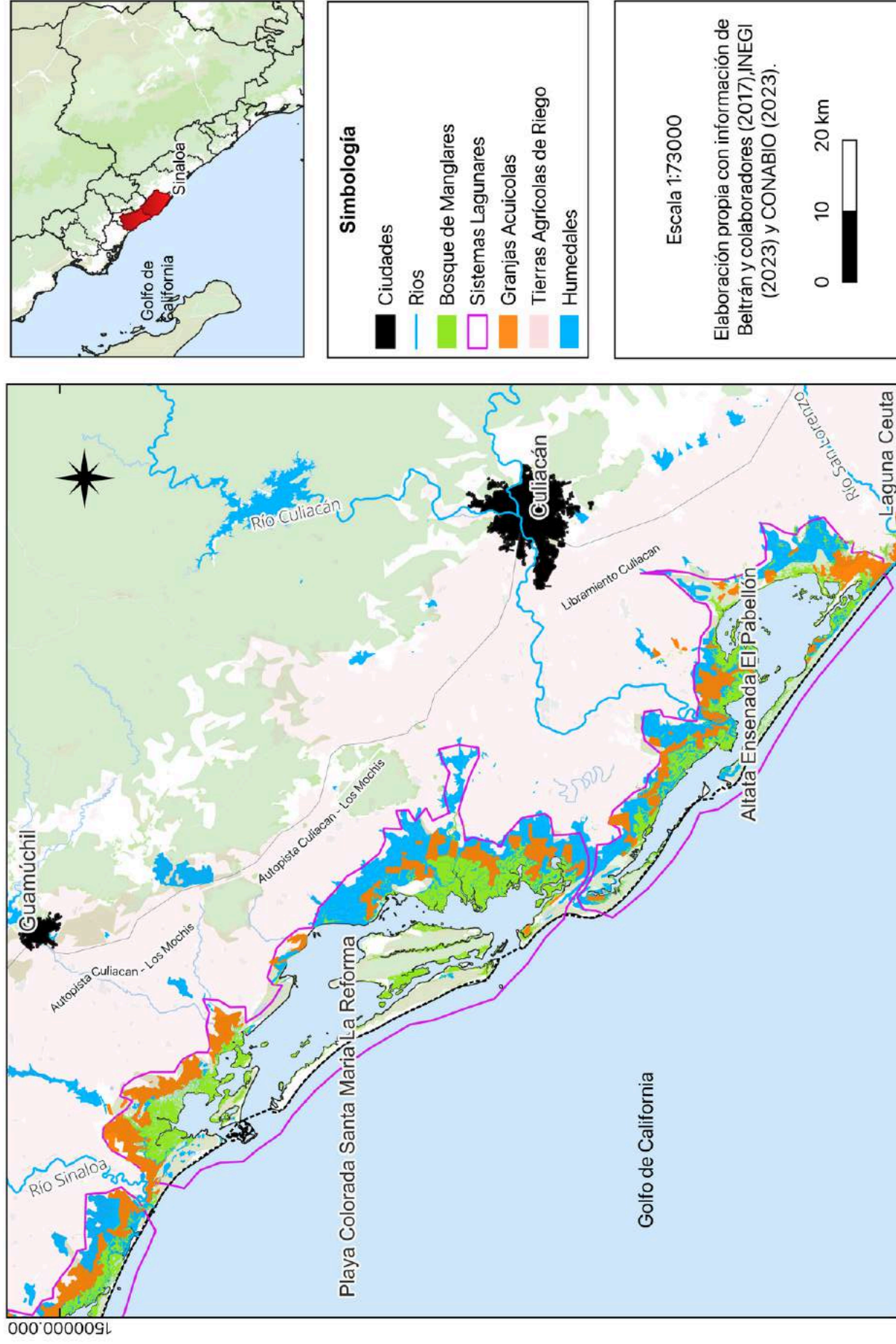


Figura 4. Ubicación geográfica de los humedales costeros en la zona centro sur del estado de Sinaloa

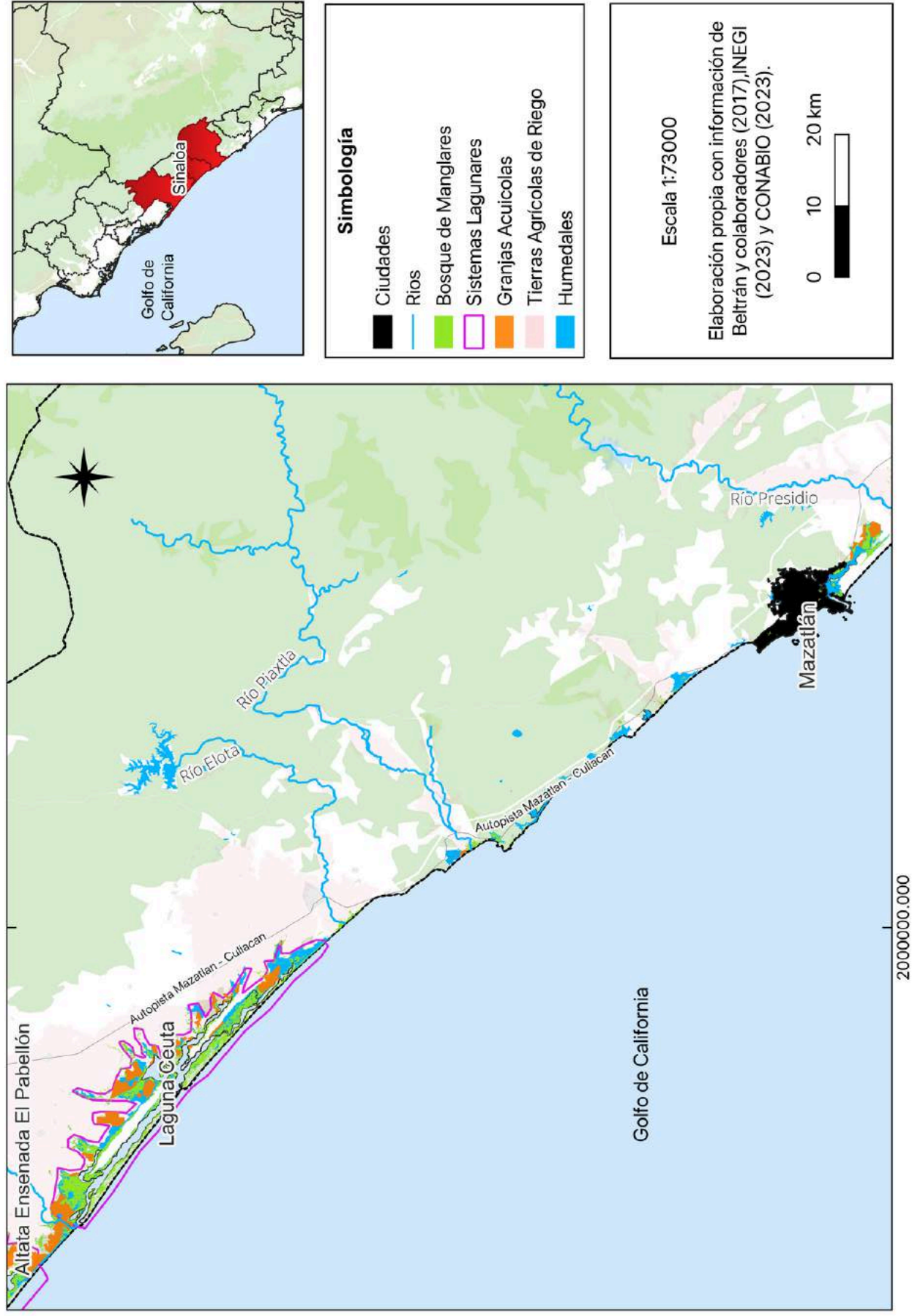
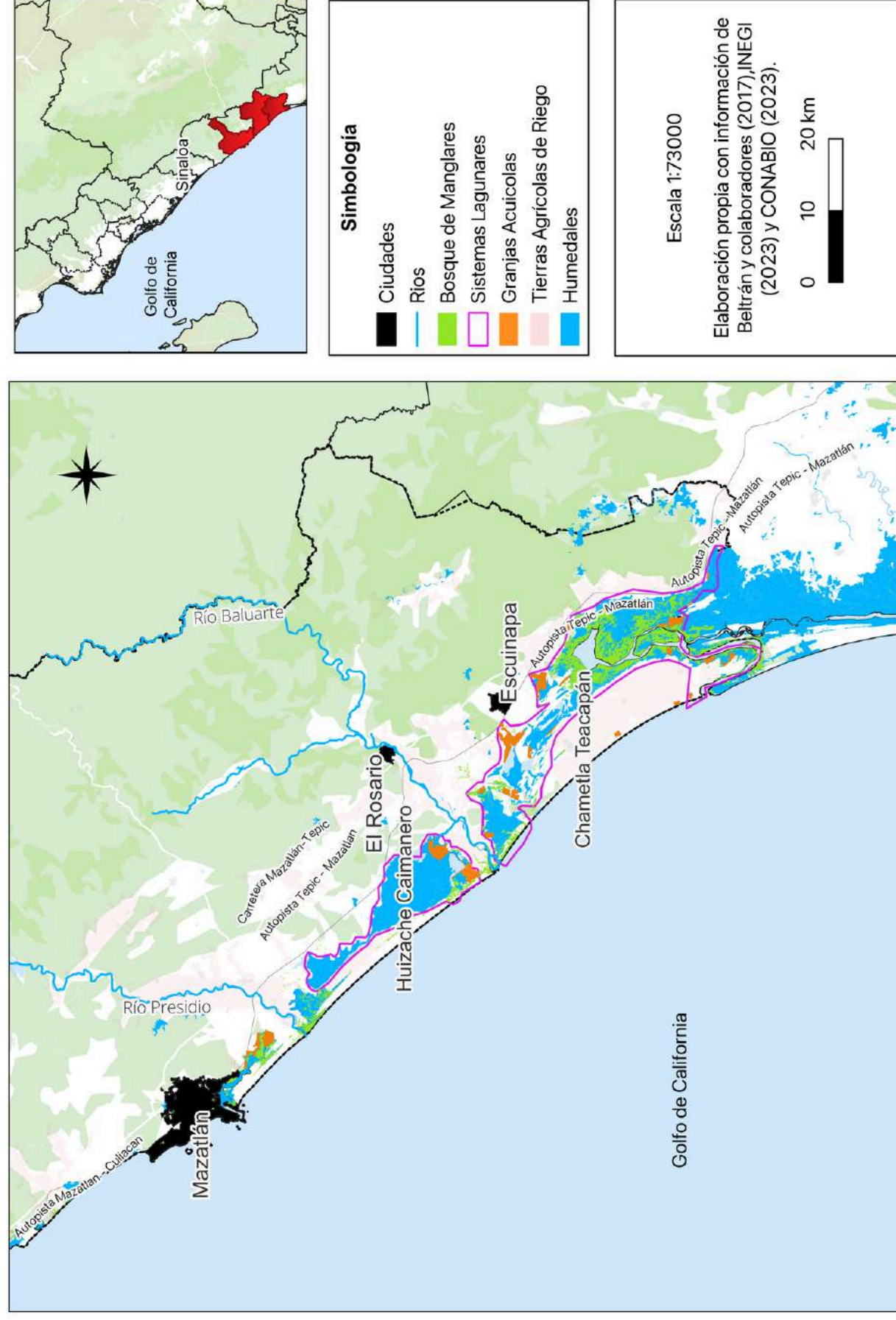


Figura 5. Ubicación geográfica de los humedales costeros en la zona sur del estado de Sinaloa





CALIDAD DEL AGUA EN LOS SISTEMAS LAGUNARES

La dinámica de los humedales costeros depende en gran medida de la calidad de agua presente en estos. La calidad del agua en las lagunas se ve afectada por diversos factores. A continuación se describen algunos parámetros fisicoquímicos identificados en lagunas costeras de Sinaloa y su efecto en dinámica de los humedales costeros:

- **Oxígeno disuelto (OD):** Es esencial para la respiración; los niveles bajos de OD pueden causar estrés, afectar el crecimiento y la reproducción, e incluso provocar la muerte de varios organismos. En su estudio, en la Laguna Huizache-Caimanero, Leyva-Aguilera *et al.* (2020) registraron valores promedio de OD de 6.8 mg/L, los cuales se consideran adecuados para la mayoría de las especies acuáticas. Sin embargo, en áreas cercanas a las granjas camaroneras se han reportado valores de 2.5 mg/L, lo que representa un riesgo para la vida acuática (Flores-Verdugo *et al.* 2019). De este último, se deduce una variable antropogénica que altera la calidad del agua en el sistema.
- **Salinidad:** Cada especie tiene un rango de tolerancia específico a la salinidad. Valores de salinidad fuera de su rango afectan negativamente su osmorregulación, crecimiento y reproducción. En un estudio de Leyva-Aguilera *et al.* (2020), la salinidad en la Laguna de Huizache-Caimanero osciló entre 34.6 y 42.4 UPS (Unidades Prácticas de Salinidad), lo que se atribuye a la intensa evaporación y a la escasa entrada de agua dulce. Por otro lado, en la laguna de Navachiste, Portilla-Torres y colaboradores (2015) reportaron un valor de 17.5 UPS, reflejando mayor influencia de los aportes de agua dulce. Esto reafirma la importancia de los aportes de agua dulce para el mantenimiento de la dinámica ecológica.

- **Turbidez:** Indica la presencia de partículas suspendidas en el agua, las cuales pueden ser de origen natural o antropogénico. Este parámetro afecta directamente la penetración de la luz en la columna de agua y, por lo tanto, la actividad fotosintética de los organismos acuáticos. En la Laguna de Navachiste, Portilla-Torres *et al.* (2015) reportaron niveles de turbidez considerablemente altos, con un promedio de 189.5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), atribuido principalmente a la resuspensión de sedimentos y al aporte de material particulado proveniente de la escorrentía de ríos y arroyos adyacentes, donde predomina la agricultura intensiva.
- **Nutrientes:** elementos como el nitrógeno y el fósforo, son esenciales para el crecimiento de los organismos acuáticos. Sin embargo, niveles excesivos pueden conducir a la eutrofización, lo que puede desencadenar proliferaciones de algas nocivas y disminuir los niveles de oxígeno disuelto, afectando negativamente la vida acuática. Portilla-Torres y colaboradores (2015), reportaron concentraciones elevadas de nitratos (0.36 mg/L) y fosfatos (0.45 mg/L) en la Laguna de Navachiste, algo que favorece el proceso de eutrofización. Estos valores son producto del escurrimiento de sistemas agrícolas en la zona.
- **Contaminantes:** comprende metales pesados, plaguicidas y compuestos orgánicos persistentes que tienen efectos tóxicos en los organismos acuáticos, alterando su crecimiento, desarrollo, reproducción y supervivencia. En el estudio de Páez-Osuna *et al.* (2017) en la Laguna de Navachiste, se detectaron niveles elevados de plaguicidas organoclorados y organofosforados, lo que representa un riesgo para la vida acuática y la salud humana. Por otra parte, en la Laguna Huizache-Caimanero, Segovia-Zavala *et al.* (2015) registraron altas concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos compuestos tóxicos y cancerígenos, posiblemente relacionados con la descarga de aguas residuales y la actividad portuaria cercana. Estas alteraciones son producto de actividades anexas a las lagunas costeras.

Por otra parte, el parámetro biológico mayormente relacionado con la calidad del agua es el plancton, comúnmente asociado a la salud de la laguna costera.

- **Fitoplancton:** compuesto principalmente por microalgas, base de la cadena trófica de los sistemas lagunares dado que son quienes movilizan los nutrientes minerales. Las diatomeas constituyen el grupo dominante, representando hasta el 90% de la abundancia total del fitoplancton. En condiciones normales, las concentraciones de clorofila en la laguna Navachiste oscilan entre 1.5 y 18.5 mg/m³, es decir, estable y adecuado (Gaxiola-Castro *et al.* 2008).



- **Zooplankton:** se observan en diversas densidades. En la Laguna Huizache-Caimanero, Hernández-Almeida y colaboradores (2019) reportaron densidades de entre 7,500 y 133,000 microorganismos/m³, con una dominancia de copépodos calanoides y ciclopoides, seguidos por nauplios de copépodos y larvas de moluscos. Por su parte, en la Laguna Navachiste, Gaxiola-Castro *et al.* (2008) encontraron densidades de zooplanktón que oscilaron entre 1,500 y 32,000 organismos/m³, con una predominancia de copépodos calanoides y ciclopoides, además de quetognatos y apendicularias. En este mismo sentido, un estudio de Páez-Osuna *et al.* (2013), establece que la abundancia de larvas de moluscos bivalvos en Navachiste es baja debido a la contaminación por metales pesados y plaguicidas organoclorados. Además, Valdez-Holguín *et al.* (2015) reportaron que la eutrofización y la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el sistema Huizache-Caimanero afecta negativamente la diversidad y abundancia del zooplankton, incluidas las larvas de invertebrados. Por otro lado, en sentido positivo, en la laguna de Topolobampo, se ha registrado una mayor riqueza de especies de larvas zooplanctónicas debido a las condiciones óptimas de calidad del agua y la influencia de las corrientes marinas (Signoret-Poillon y Aldana-Aranda, 2018) .

En general, se puede afirmar que las lagunas costeras de Sinaloa muestran patrones de alteración en su calidad del agua, sin llegar a ser determinantes para considerarse como procesos irreversibles de eutrofización (Beltrán *et al.* 2017). Sin embargo, existe preocupación porque en zonas específicas de las lagunas, los procesos de eutrofización y contaminación persisten.

BIODIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS COSTERO LAGUNARES

La costa y lagunas costeras de Sinaloa albergan una inmensa biodiversidad de flora y fauna.

- **Aves:** la costa de Sinaloa en su diversidad de lagunas costeras, esteros, playas y ecosistemas asociados, alberga una inmensa cantidad de avifauna residente y migratoria. Se han registrado al menos 300 especies de aves en las áreas costeras y humedales de Sinaloa (Mellink *et al.* 1997). Una de las más emblemáticas es la Grulla Gris (*Antigone canadensis ssp. pratensis*), esta ave migratoria proveniente de Canadá y Estados Unidos, utiliza las lagunas costeras de Sinaloa para invernar. La población de avoceta americana (*Recurvirostra americana*) en Sinaloa representa el 10% de su población mundial. De igual manera, el Pelicano Blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*), que anida en las islas y áreas costeras de Sinaloa, se enfrenta a la contaminación, la pérdida de hábitat y la perturbación humana, por lo que se han implementado programas de conservación para proteger sus colonias de anidación (Godínez-Reyes *et al.* 2006). Cabe mencionar que, las áreas costeras de Sinaloa también albergan especies de aves rapaces, como el Aguiluila Real (*Buteo jamaicensis*), el Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) y el Gavilán Rastrero (*Circus cyaneus*), los cuales son importantes depredadores en los ecosistemas costeros (Mellink *et al.* 1997).



Las lagunas costeras son el hábitat de diversas especies como la Garza Blanca (*Ardea alba*), la Garza Azul (*Ardea herodias*) y la Garza Real (*Ardea egretta*). Estas aves se alimentan en los humedales y son indicadoras de la salud de estos ecosistemas (Mellink *et al.* 1997). Otras especies de importancia para la conservación son las aves playeras, como el Playerito Occidental (*Calidris mauri*), el Playero Pico Largo (*Limnodromus scolopaceus*) y el Playero Zancón (*Tringa melanoleuca*), que dependen de las playas y humedales costeros para alimentarse y descansar durante su migración (Munro *et al.* 2014).

Desafortunadamente, muchas de estas especies de aves enfrentan amenazas debido a la degradación y pérdida de hábitat, la contaminación, la cacería furtiva y disturbio humano. Por lo tanto, para proteger los hábitats costeros y las poblaciones de aves, se han establecido áreas naturales protegidas, como el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California y Meseta de Cacaxtla (Godínez-Reyes *et al.* 2006), así como tres sitios Ramsar relacionados intrínsecamente con las lagunas costeras.

- **Mamíferos:** las especies más emblemáticas son el jaguar (*Phantera onca*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), que habitan en las zonas ribereñas y manglares de las lagunas costeras (Castillo-Guerrero *et al.* 2009). Otras especies son el gato montés, jaguarindi y algún marsupial como el tlacuache (*Marmosa mexicana*) y el babisuri o cacomixtle (*Bassariscus astutus saxicola*) (CONANP, 2017). En menor grado, en las márgenes de los ríos, se han reportado mamíferos acuáticos como la nutria de río (*Lontra longicaudis*) y el lobo marino (*Zalophus californianus*). Frente a las costas de Sinaloa es común avistar mamíferos marinos como la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) quienes migran de forma anual por estas aguas, además de delfines, como el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), delfín común (*Delphinus delphis*), delfín tornillo (*Stenella longirostris*) y marsopa espinosa (*Phocoena sinus*) (SEMARNAT, 2020).



- **Reptiles y anfibios:** destacan varias especies de tortugas, como la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*), que anidan en las playas de Sinaloa y utilizan las lagunas como áreas de alimentación (Alvarado-Figueroa y Villanueva-Gutiérrez, 2008). Además, se encuentran cocodrilos (*Crocodylus acutus*) en los humedales costeros, así como diversas especies de lagartijas y serpientes adaptadas a los ambientes ribereños (Espino-Barr *et al.* 2004). Entre los anfibios, destacan especies como la rana arborícola (*Smilisca baudinii*) y el sapo de Mazatlán (*Incilius mazatlanensis*), que habitan los humedales y las zonas ribereñas (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004).

La ictiofauna e invertebrados acuáticos son de gran relevancia biológica y económica para el estado, así como para el presente estudio.

- **Ictiofauna**
 - Peces óseos. Las especies de peces óseos, denominados coloquialmente como escama, importantes para la pesca ribereña en la costa de Sinaloa son: los pargos (*Lutjanidae*) representados por el Huachinango (*Lutjanus spp.*), el Pargo Mancha (*Lutjanus guttatus*) y el Pargo Lunarejo (*Lutjanus aratus*); se capturan principalmente con palangres, líneas de mano y redes de enmalle (Espino-Barr *et al.* 2004). Los meros (*Serranidae*), como la Cabrilla Sardinera (*Paralabrax maculatofasciatus*) y el Mero Prieto (*Epinephelus analogus*), así como las corvinas (*Sciaenidae*), incluyendo la Curvina Golfinia (*Cynoscion othonopterus*) y la Curvina Blanca (*Cynoscion parvipinnis*) son representativas en la región (Castellanos-Galindo *et al.* 2006). Otras especies menos representativas pero relevantes para la pesca ribereña por su aporte como alimento a las comunidades cisteras son las especies de mojarra (*Gerreidae*), de bagres (*Ariidae*), lisas (*Mugilidae*) y los sábalos (*Clupeidae*) (Espino-Barr *et al.* 2004).



Pargo
Archivo Canva



Específicamente, en las lagunas costeras, las principales especies de captura son la Lisa (*Mugil cephalus*), pez eurihalino que se encuentra ampliamente distribuido en estas lagunas y que según Ruiz-Ramírez *et al.* (2015), constituye uno de los principales recursos de escama en las lagunas de Sinaloa. Otras especies importantes son: el Robalo Prieto (*Centropomus nigrescens*) y el Robalo Blanco (*Centropomus viridis*), el Pargo Lunarejo (*Lutjanus guttatus*), el Pargo Mulato (*Lutjanus aratus*) y el Botete Diana (*Sphoeroides annulatus*) (Páez-Osuna *et al.* 2003; Ruiz-Ramírez *et al.* 2015).

- **Rayas y tiburones.** Algunas de las especies comunes en las aguas costeras de Sinaloa son la Raya Látigo (*Dasyatis longa*), la Raya Cajón (*Narcine entemedor*) y la Raya Pintada (*Aetobatus narinari*). Suelen capturarse principalmente como fauna de acompañamiento en la pesca de arrastre y redes de enmalle (Tapia-García *et al.* 2007). En lo que respecta a los tiburones, las especies más representativas son el Tiburón Azul (*Prionace glauca*), el Tiburón Sedoso (*Carcharhinus falciformis*), el Tiburón Martillo (*Sphyrna spp.*) y el Tiburón Piloto (*Carcharhinus falciformis*) (Castellanos-Galindo *et al.* 2006).
- **Invertebrados marinos.**
 - **Crustáceos.** Destacan notablemente diversas especies de camarón, como el camarón azul (*Penaeus stylirostris*), el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) y el camarón blanco (*Penaeus vannamei*), que son capturados mediante redes de arrastre y representan un recurso pesquero de gran relevancia económica para Sinaloa (Aragón-Noriega *et al.* 2009). Probablemente este sea el principal recurso pesquero en términos de valor económico en todo el estado, tanto para la pesca ribereña y la industrial. Otro crustáceo de importancia es la jaiba (*Callinectes spp.*), se captura principalmente en las lagunas costeras y esteros de Sinaloa. Destacan la Jaiba Amarilla (*Callinectes bellicosus*) y la Jaiba Prieta (*Callinectes arcuatus*) como las especies comerciales más abundantes y valiosas (Aragón-Noriega *et al.* 2009).

- **Moluscos.** Sobresalen especies como el Callo de Hacha (*Atrina maura*), el Callo de Mango (*Atrina tuberculosa*) y el Callo de Espolón (*Pinna rugosa*), capturados en las zonas costeras y lagunas de Sinaloa (Baqueiro-Cárdenas *et al.* 2007). Además, también varias especies de almejas (*Anadara mazatlanica*, *A. multcostata*, *A. similis*, *A. tuberculosa* y *Larkinia grandis*), que sustentan una parte del sector pesquero, en especial en actividades lideradas por mujeres. Otro molusco de gran relevancia en la pesca es el ostión de roca (*Crassostrea iridescens*), extraído de las lagunas costeras de Sinaloa, que también representa un valioso recurso pesquero de alto valor económico (Chávez-Villalba *et al.* 2005).

De acuerdo a un estudio de Díaz Uribe y colaboradores (2013), las principales especies de la pesca ribereña en orden de importancia son el pargo, la mojarra, el camarón, huachinango, lisa, robalo, curvina, botete, baqueta, bagre y sierra. Aunque por importancia económica, el camarón es la considerado la principal especie, y es en torno a este que se determinan las dinámicas de pesca y de vida en muchas comunidades pesqueras en Sinaloa.



CONTEXTO SOCIAL DEL SISTEMA COSTERO LAGUNAR EN SINALOA





Pesca de camarón en La Reforma
Angostura Sinaloa.
Archivo CONAPESCA.

LA POBLACIÓN DE SINALOA EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda del año 2020, Sinaloa alberga una población total de 3,026,943 habitantes, 4.2% más personas en comparación con el censo del 2010 (INEGI, 2020). El censo reveló una estructura de edad relativamente joven en Sinaloa, con una media de 29.5 años, donde aproximadamente el 25.7% de la población tiene menos de 15 años, mientras que solo el 9.4% supera los 65 años (INEGI, 2020). De acuerdo al PNUD (2019) esta proporción demográfica puede ser riesgosa en términos de CC, ya que una población joven conlleva una mayor dependencia económica y una presión adicional sobre los recursos naturales para satisfacer las demandas de una población en crecimiento. No obstante, una población joven puede demostrar mayor adaptabilidad y resiliencia frente a los impactos del CC.

En términos de distribución territorial, Sinaloa presenta una distribución desigual. El estado se distribuye territorialmente en 18 municipios, de los cuales 10 tienen litoral (Tabla 2). De acuerdo con INEGI, el 86% de la población de Sinaloa se concentra en la zona costera del estado siendo Culiacán la localidad más poblada con 858,638 residentes y seguida por Mazatlán con 514,718 habitantes (INEGI, 2020). Dentro del contexto del cambio climático, esta distribución geográfica puede acarrear implicaciones negativas dado que las áreas costeras de podrían ser particularmente susceptibles al aumento del nivel del mar y a la intensificación de fenómenos hidrometeorológicos extremos, como huracanes y tormentas tropicales, incrementando la vulnerabilidad de la población.

Tabla 2. Relación de principales indicadores poblacionales y geográficos en los municipios costeros de Sinaloa.

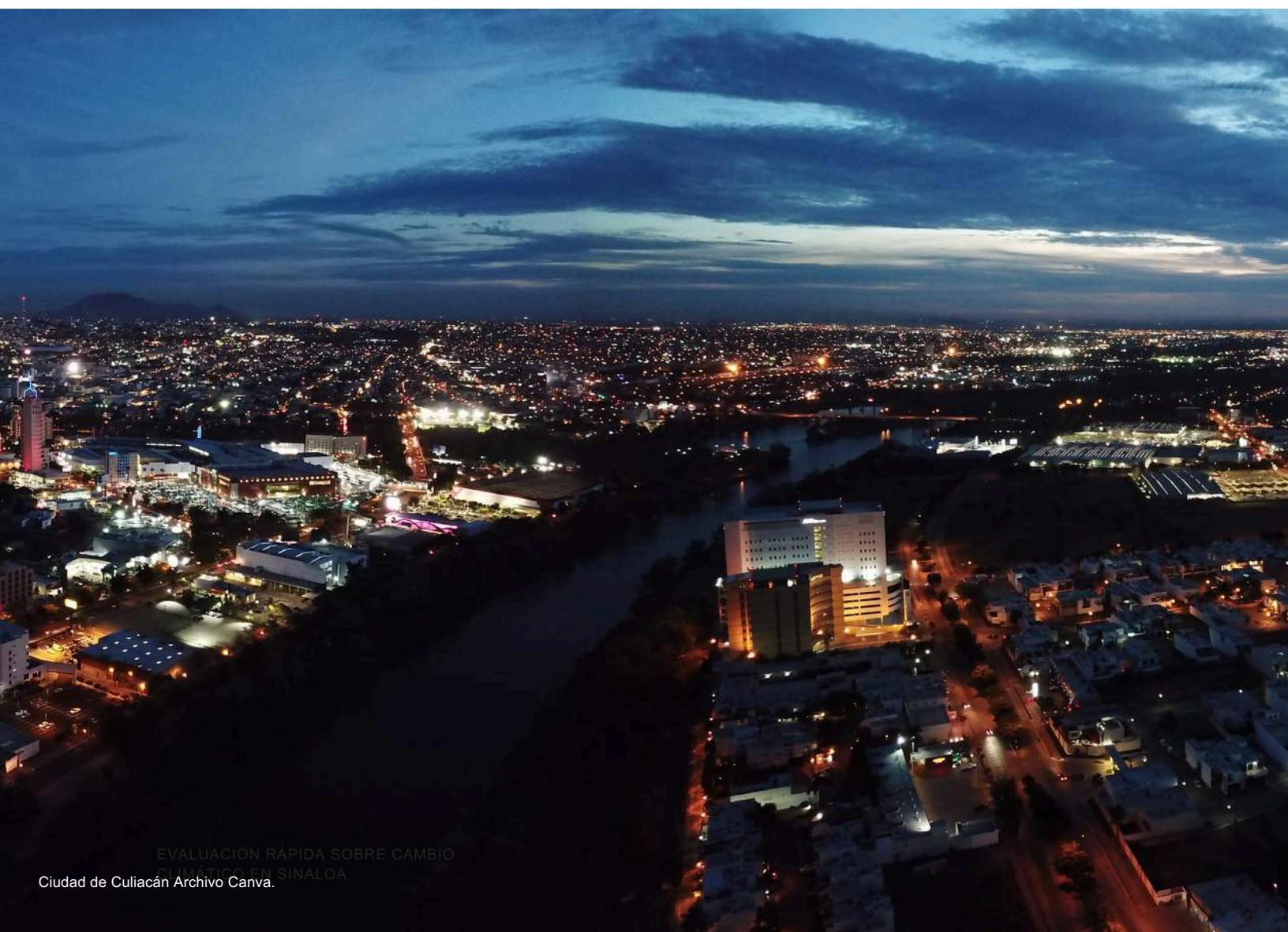
Municipio	Población	Porcentaje de la población con respecto a la población estatal	Extensión municipal (km²)	Línea costera (Km)
Ahome	459,310	15,17	4,004	133
Guasave	289,370	9,56	2,936	72
Angostura	44,093	1,46	1,902	59
Navolato	149,122	4,93	2,329	44
Culiacán	1,003,530	33,15	6,306	90
Elota	55,339	1,83	165	40
San Ignacio	19,505	0,64	5,071	48
Mazatlán	501,441	16,57	2,534	70
Rosario	52,345	1,73	2,642	40
Escuinapa	59,988	1,98	1,554	53
TOTAL	2,634,043	87,02	30,927	647

En Sinaloa existen un total de 927.845 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 3,3 ocupantes. De estas viviendas, únicamente el 11.6% carece de electricidad (INEGI, 2020). Aunque en comparación con otros estados, este indicador es bajo, estas condiciones de precariedad también podrían exacerbar la vulnerabilidad de la población ante los impactos del CC.

En materia de salud, los datos indican que el 18,7% no cuenta con acceso a servicios de salud (INEGI, 2020). En educación, el estado tiene uno de los índices de analfabetismo más bajos del país con solo 4,1% de la población analfabeta (INEGI, 2020). Sin embargo el promedio de escolaridad es de 9,5 años, lo que sugiere que una parte considerable de la población no es analfabeta, pero no ha logrado completar la educación básica (INEGI, 2020). Si estos datos los combinamos con otros valores de bienestar, el 30,5% de la población se encuentra en situación de pobreza multidimensional (CONEVAL, 2021). Aunque en comparación con otros estados del país, el indicador de pobreza es bajo, denota que aproximadamente un tercio de la población se mostraría vulnerable ante el CC por falta de acceso a recursos materiales, de salud y aprendizaje.

Otro tema sumamente relevante es la seguridad pública. De acuerdo con datos del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP), Sinaloa registró una tasa de 47,9 delitos por cada 100.000 habitantes en 2020 (SESNSP, 2021). En comparación con otros estados, estos valores son elevados y más aún comparados entre municipios.

Aunque se requiere profundizar en los elementos de seguridad pública relacionados con la vulnerabilidad de las zonas costeras, lo cierto es que la delincuencia se ha infiltrado en la pesca y acuacultura. De acuerdo con la información recabada en este estudio, el acceso, venta y distribución de los recursos pesqueros esta regido por una dinámica de trabajo altamente influenciada por la delincuencia organizada. Esto impacta directamente a la soberanía alimentaria e influye en la vulnerabilidad, ya que indirectamente exacerba los conflictos sociales, la drogadicción, el alcoholismo, la migración y delincuencia.





LOS IMPACTOS ANTRÓPICOS EN LOS SISTEMAS LAGUNARES

El CC está provocando una serie de alteraciones en los sistemas climáticos y ambientales de nuestro planeta. Algunas alteraciones se observan y miden directamente en los patrones climáticos o del medio ambiente. También se presentan elementos de modificación e irrupción ambiental que son producidos por el hombre y a los cuales se les denomina factores de presión antrópica.

Sinaloa no es la excepción. Aunque son varias las problemáticas que se derivan del uso desordenado de los recursos naturales; en los sistemas costeros lagunares los impactos se deben principalmente a la producción agrícola, pesquero acuícola, y turística.

- **Contaminación de aguas superficiales y mantos freáticos.** Se reconoce que las descargas de agua residual, agrícola e industrial alteran la calidad del agua de las cuencas. El uso incontrolado de fertilizantes y pesticidas en los cultivos bajo sistemas de producción intensiva ha ocasionado la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas de los ecosistemas (Soto-Jiménez y Páez-Osuna, 2010). Los escurrimientos agrícolas ricos en nutrientes han favorecido la eutrofización de los humedales, y con ello, la proliferación de algas nocivas y la disminución del oxígeno en el agua, afectando la vida de los humedales. Además, la extracción excesiva de agua para riego en los ríos y mantos freáticos ha alterado los flujos hidrológicos, la dinámica de los humedales, disminuyendo así la disponibilidad de agua para las comunidades costeras (Torruco-Gómez, 2019).

Por otro lado, la acuacultura intensiva de camarón ha causado la destrucción de manglares y humedales costeros para establecer estanques, lo que ha fragmentado y degradado estos ecosistemas (Ruíz-Luna y Berlanga-Robles, 2003; Martínez-Córdova *et al.* 2015). Asimismo, los efluentes de estas granjas han contribuido a la eutrofización y contaminación de las lagunas (Páez-Osuna *et al.* 2003; Rivera-Guzmán *et al.* 2014).

- **Crecimiento urbano desordenado.** La expansión de las ciudades costeras de Sinaloa ejerce presión sobre los humedales. El desarrollo de áreas residenciales, comerciales e industriales genera la ocupación y el relleno de humedales, así como la desviación de cauces naturales y la interrupción de flujos hidrológicos (Contreras-Espinosa y Warner, 2004); provocando la fragmentación y degradación de estos ecosistemas, afectando su capacidad de retención de agua, control de inundaciones y depuración natural. Además, el aumento en la generación de aguas residuales asociado al crecimiento urbano contribuye a la contaminación de los humedales costeros (Flores-Verdugo *et al.* 2007).
- **Turismo desordenado.** En las ciudades costeras, la construcción de hoteles, complejos turísticos e infraestructura asociada incentiva el cambio de uso de suelo en la zona de influencia de áreas naturales, vegetación de manglar y humedales (Torruco-Gómez, 2019). El aumento en el número de visitantes ha generado un incremento en la generación de residuos sólidos y aguas residuales, que en muchos casos no han sido manejados adecuadamente. Según un informe de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se han detectado vertidos directos de aguas residuales sin tratamiento en los humedales costeros de Sinaloa, contribuyendo a la contaminación y eutrofización de estos ecosistemas (SEMARNAT, 2018).





De igual forma, la inadecuada disposición de residuos sólidos es un factor de la degradación de los humedales. Según un estudio de la Universidad Autónoma de Sinaloa (2021), se estima que alrededor del 40% de los residuos sólidos generados en las zonas costeras terminan en humedales, playas y cuerpos de agua. Estos residuos, además de causar contaminación visual, liberan sustancias tóxicas que afectan la calidad del agua, de la que depende la flora y fauna de esos ecosistemas.

- **Pesca y acuacultura no regulada.** La pesca y acuacultura no regulada tiene impactos significativos. Uno de los principales es la sobreexplotación de los recursos pesqueros, llevando consigo la disminución de las poblaciones de diversas especies como camarón, especies de escama, jaiba y almejas (Arzápalo-Quijano *et al.* 2019). La sobrepesca compromete a la biodiversidad, a la seguridad alimentaria y a los medios de subsistencia de las comunidades costeras. El uso de redes de arrastre no reguladas está directamente relacionado con la sobrepesca; la captura incidental de especies no objetivo ocasiona daños a los hábitats marinos y costeros, como los arrecifes de coral y los manglares (Flores-Verdugo *et al.* 2007). Por otro lado, la acuacultura no regulada ha causado la destrucción de humedales y manglares para el establecimiento de granjas que fragmentan a estos ecosistemas.

PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA SINALOA EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO





PROYECCIONES AMBIENTALES PARA MÉXICO Y SINALOA EN EL CORTO PLAZO

Desde que en 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el panel IPCC, diversas han sido las herramientas para comprender los cambios en la dinámica climática y determinar los efectos del cambio climático.

La herramienta más importante para obtener información desde la primera evaluación del IPCC en 1990 han sido los Modelos Climáticos Globales (MCG). Los MCG son representaciones computarizadas complejas del sistema climático terrestre. Estos modelos simulan los procesos físicos que ocurren en la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre y la criósfera (hielo y nieve), así como las interacciones entre ellos.

A nivel mundial, existen varios MCG con diferente información y predicciones. Cada uno con tiene sus fortalezas y debilidades. En México, la plataforma oficial de información sobre el cambio climático es el Explorador de Cambio Climático y Biodiversidad (ECCB) (CONABIO *et al.* 2014). Esta plataforma es una herramienta de consulta que permite analizar los posibles efectos del cambio climático con diversos elementos de la diversidad biológica. Esta plataforma realiza comparaciones y predicciones a partir de cuatro MCG: 1) CNRMC-M5, 2) GFDL-CM3, 3) HADGEM2-ES y 4) MPI-ESM-LR. Cada MCG se combina y alimenta con las Trayectorias de Concentración Representativas o “Representative Concentration Pathways” (por sus siglas en inglés RCP) que son escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Hay varios escenarios RCP, 2.6, 4.5, 6 y 8.5, donde cada valor representa la emisión de gases de efecto invernadero medidos con W/m^2 (vatios por metro cuadrado) en el año 2100, en comparación con los niveles preindustriales (IPCC, 2013)

El escenario RCP 8.5 representa un escenario de altas emisiones de gases de efecto invernadero de aproximadamente 8.5 W/m². El RCP 4.5 representa una concentración de gases de efecto invernadero de aproximadamente 4.5 W/m² en el año 2100, en comparación con los niveles preindustriales (IPCC, 2013). Este escenario muestra una estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero, donde se implementan políticas y tecnologías para reducir las emisiones a partir de la segunda mitad del siglo XXI. La Figura 6 representa un resumen global sobre el panorama histórico y actual de escenarios y tendencias climáticas.

Dado el contexto de política pública de este documento, nos referiremos a las predicciones del RCP 4.5 en el periodo 2015-2039 por considerarlo como un escenario de acción e implementación de estrategias. La predicción asume que las emisiones de CO₂ rondan los niveles actuales, antes de la notable disminución de mediados del siglo, pero sin llegar al valor cero neto de 2100. Los factores socioeconómicos siguen sus tendencias históricas, sin cambios notables, pero con efectos medianamente tangibles de cambio.

A continuación, se presentan las predicciones y consideraciones en materia de cambio climático para México y el estado de Sinaloa bajo el escenario RCP 4.5 y en el periodo 2015-2039. Se utilizan los modelos disponibles en la plataforma digital del INECC con acotaciones del modelo multivariable del Climate Change Knowledge Portal que utiliza la compilación de varios MCG para sus predicciones (CCKP, 2023).

- **Temperatura ambiental.**

Los MCG proyectan un aumento significativo de la temperatura ambiental promedio en México para el período 2015-2039 bajo el escenario RCP 4.5. Según un informe del INECC, el cual utilizó los modelos CNRMC-M5, GFDL-CM3, HADGEM2-ES y MPI-ESM-LR, se espera un incremento de la temperatura media anual en México de entre 0.8°C y 1.5°C para el período 2015-2039, en comparación con el promedio de referencia de 1961-1990. La variación puede ser ajustada geográficamente acorde a los tipos de clima en México (INECC, 2015), pero en general y en función del modelo multivariable CCPK, se asume un incremento de temperatura promedio en todo el país de 21.60°C en 2015 a 22.5°C en el 2039, esto es 0.9°C de incremento promedio (CCKP, 2023). Para Sinaloa el modelo CCKP en el período 2015-2039 bajo el escenario RCP 4.5 estima un aumento de temperatura de 0.85°C (CCKP, 2023), siendo de los incrementos más significativos para todo el país.

Los impactos adversos del cambio climático causado por el ser humano continuarán intensificándose en Sinaloa y en el mundo

a) Impactos generalizados y sustanciales observados, así como pérdidas y daños relacionados, atribuidos al cambio climático



b) Los impactos son resultado de cambios en diversas condiciones climáticas, los cuales se atribuyen cada vez más a la influencia humana



c) El grado en que las generaciones actuales y futuras experimentarán un mundo más caliente y diferente depende de las decisiones que tomemos ahora y en el corto plazo

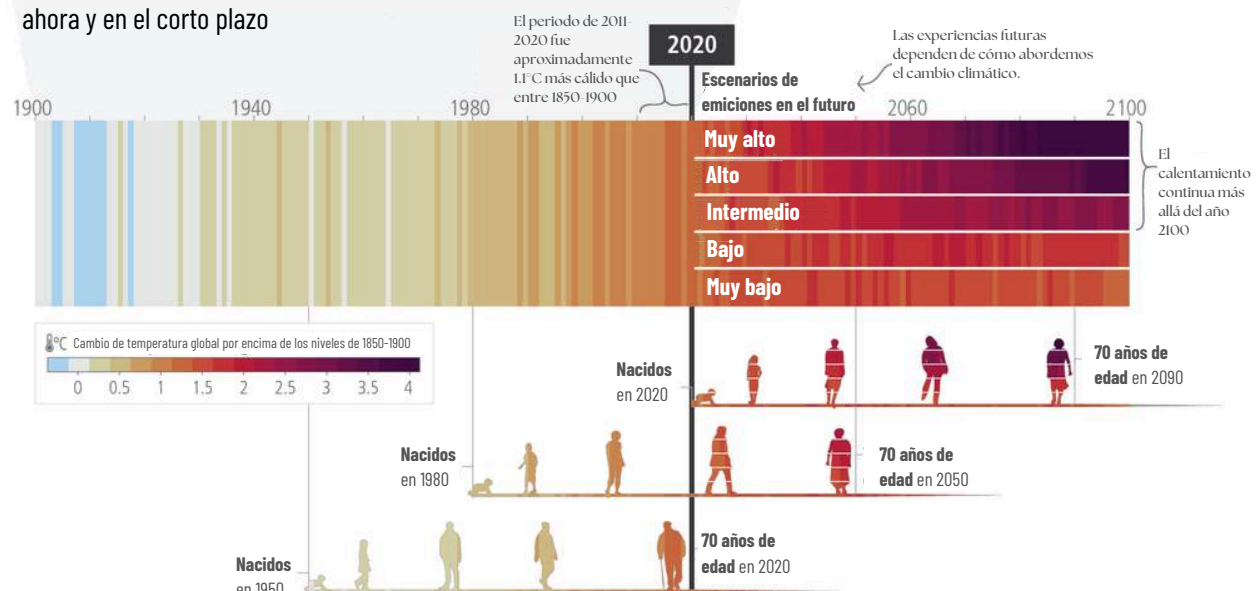


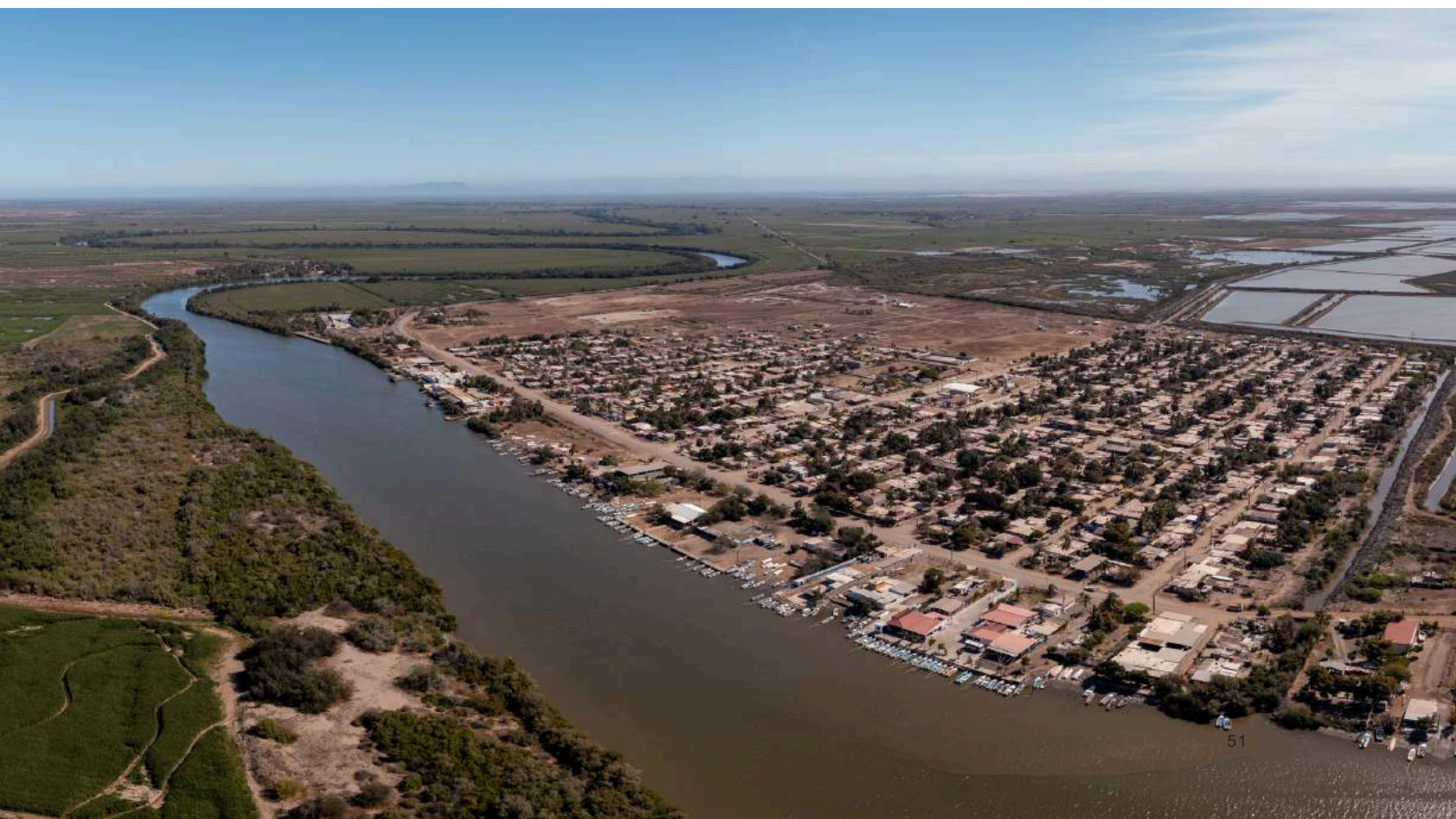
Figura 6. Representación esquemática histórica de tendencias, modelos y consecuencias del cambio climático a nivel global.

(a) El cambio climático ha causado impactos generalizados y pérdidas y daños relacionados en los socioecosistemas y ha alterado los ecosistemas terrestres, de agua dulce y oceánicos en todo el mundo. La disponibilidad de agua incluye el balance de agua disponible de varias fuentes, incluyendo aguas subterráneas, calidad del agua y demanda de agua. Las evaluaciones de salud mental y desplazamiento reflejan solo las regiones evaluadas. Los niveles de confianza reflejan la evaluación de la atribución del impacto observado al cambio climático.

(b) Los impactos observados están conectados a cambios climáticos físicos, incluidos cambios que se han atribuido a la influencia humana, como los impulsores de impacto climático. Los niveles de confianza y probabilidad reflejan la evaluación del impacto climático observado atribuido a la influencia humana.

(c) Los cambios observados (1900–2020) y proyectados (2021–2100) en la temperatura global de la superficie (en relación con 1850–1900), que están vinculados a cambios en las condiciones climáticas e impactos, ilustran cómo el clima ya ha cambiado y cambiará a lo largo de la vida de tres generaciones representativas (nacidos en 1950, 1980 y 2020). Las proyecciones futuras (2021–2100) de los cambios en la temperatura global de la superficie se muestran para escenarios de emisiones de GEI muy bajas (SSP1-1.9), bajas (SSP1-2.6), intermedias (SSP2-4.5), altas (SSP3-7.0) y muy altas (SSP5-8.5). Los cambios en las temperaturas globales anuales de la superficie se presentan como ‘frangas climáticas’, con proyecciones futuras que muestran las tendencias a largo plazo causadas por el hombre y la continua modulación por la variabilidad natural (representada aquí utilizando niveles observados de variabilidad natural pasada). Los colores en los iconos generacionales corresponden a las franjas de temperatura de la superficie global para cada año, con segmentos en los iconos futuros diferenciando posibles experiencias futuras.

Fuente: Elaboración propia y adaptada del del documento 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



• Precipitación pluvial

Los MCG proyectan una disminución de la precipitación media anual en México de entre 5% y 10% para el período 2015-2039, en comparación con el promedio de referencia de 1961-1990, bajo el escenario RCP 4.5 (INECC, 2015). El MGC CNRMC-M5 proyecta una disminución de 7%, el GFDL-CM3 del 6%, el HADGEM2-ES de 8%, y el MPI-ESM-LR del 9% (INECC, 2015). De acuerdo al modelo CCPK, en general se predice un decremento en las precipitaciones pluviales en todo el país de 88.67% en 2015 a 86.36% en el 2016, esto es 2.24% menos (CCKP, 2023) (Figura 7). Para Sinaloa el modelo CCKP para el período 2015-2039 bajo el escenario RCP 4.5, estima un decremento de -3.50% en precipitaciones (CCKP, 2023), siendo de las disminuciones más severas en todo el país, solo debajo de Jalisco (-5.8%) y Nayarit (-4.8%).

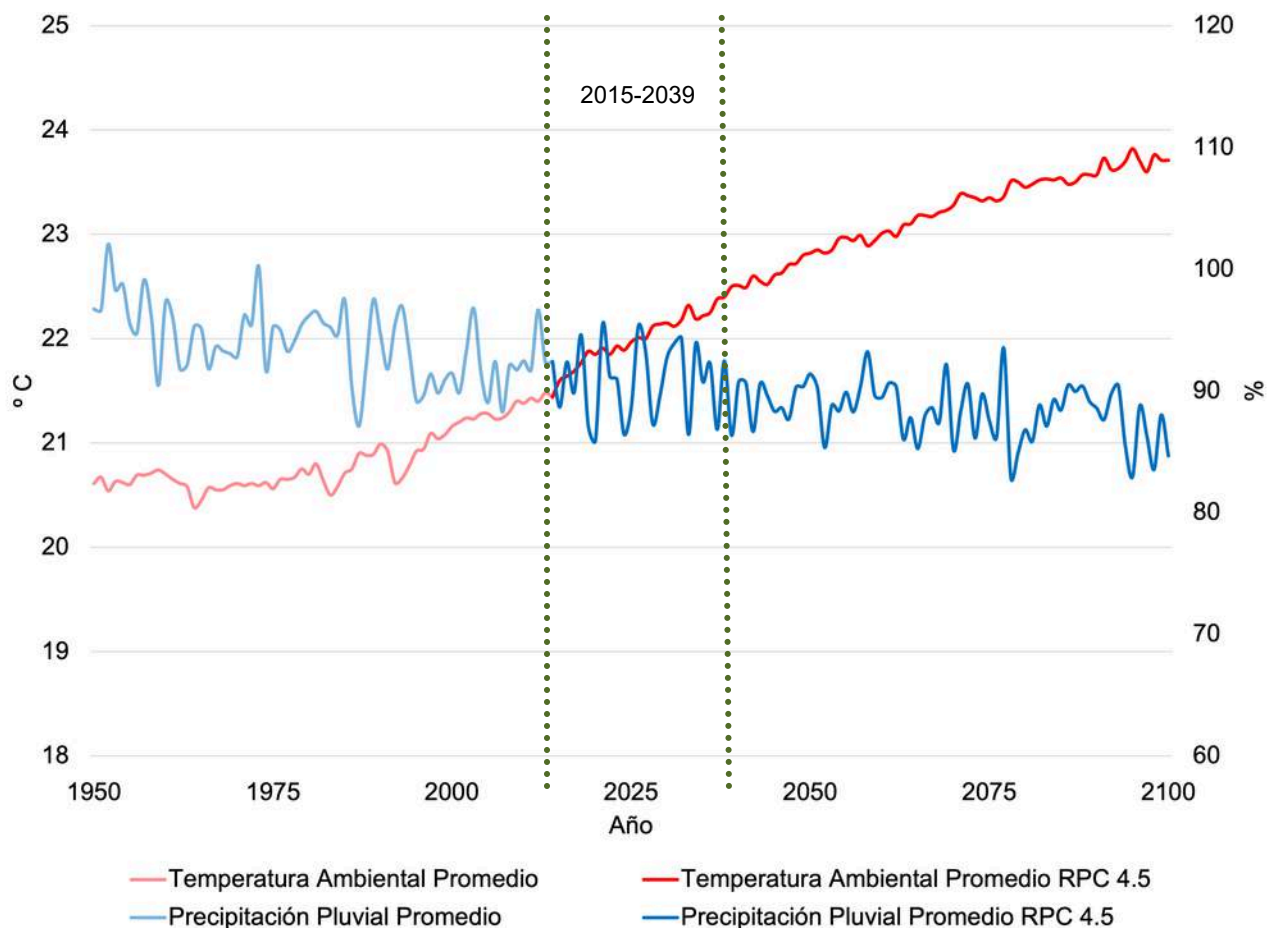


Figura 7. Valores históricos y predicciones de temperatura ambiental promedio y precipitación pluvial promedio de acuerdo al modelo CCPK para en el escenario RPC 4.5. Se delimita nuestro periodo de interés entre el año 2015 y 2039. Fuente: elaboración propia con datos del CCKP (2024) (<https://goo.su/TJ2un>).

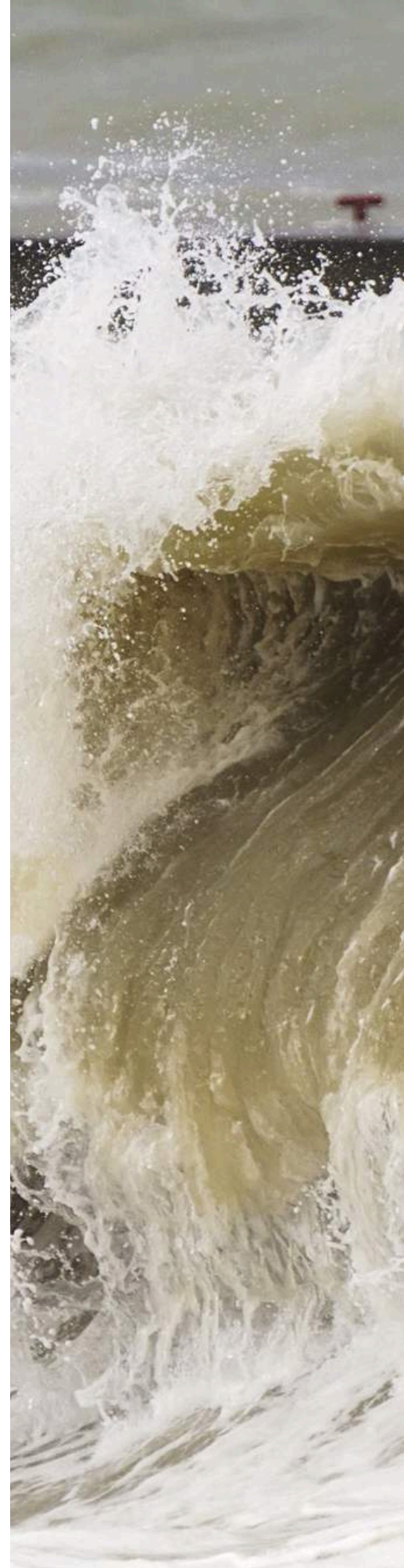
- **Eventos climáticos extremos.**

Estos eventos conocidos como fenómenos meteorológicos raros se entienden como un comportamiento extremo del clima en función del tiempo. Se clasifican como fenómenos meteorológicos extremos, ya que persisten durante periodos de tiempo prolongados y sus valores promediados o totales son extremos al promedio. Los más reconocidos son: las sequías, precipitaciones intensas, olas de calor, inundaciones y huracanes.

Predecir la ocurrencia de un evento extremo es complicado. Varios modelos utilizan los valores históricos de precipitaciones anuales, acumuladas por días para estimar la probabilidad de ocurrencia de eventos. De acuerdo al modelado de la CCKP, con valores extremos de precipitación se pueden estimar eventos de precipitación pluvial extremos que podrían correlacionarse con eventos extremo como huracanes, inundaciones o por el contrario, sequías u ondas de calor (CCKP, 2023).

Con el modelado CCPK, en México se estima una probabilidad de ocurrencia de fenómenos climáticos extremos para el período 2015-2039, en comparación con el promedio de referencia de 1961-1990; bajo el escenario RCP 4.5, entre 4.51 y 5.08 años (Figura 8). En otras palabras, se espera que en los próximos años la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos tenga una periodicidad de entre 4.51 y 5.08 años. Para el caso de Sinaloa, con la misma referencia se estima en 4.68 años (CCKP, 2023).

Estos cálculos son de contexto global-regional; se requiere precisar que los eventos se presentan bajo condiciones puntuales y en regiones muy específicas, por lo que las predicciones se deben tomar con precaución.



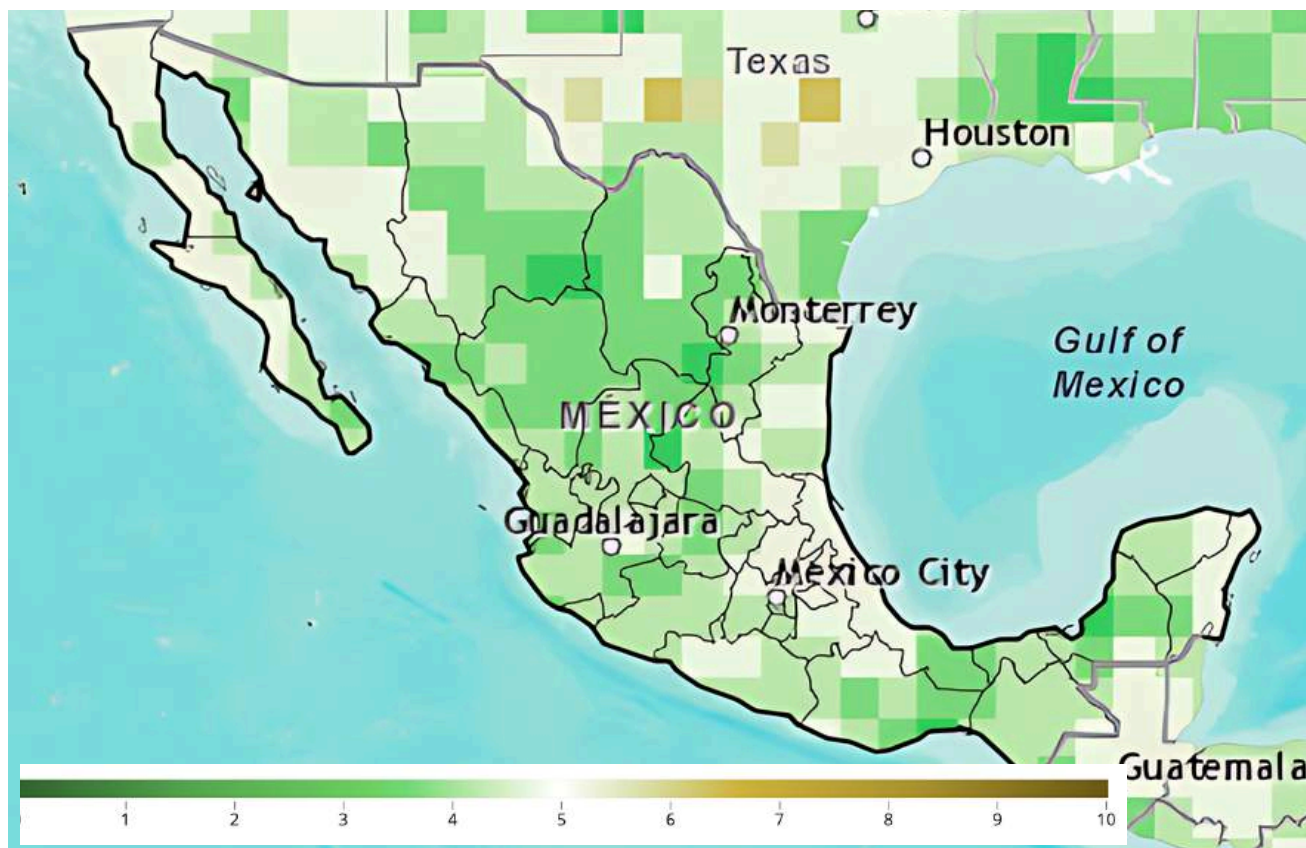


Figura 8. Probabilidad de desarrollo de eventos climáticos extremos relacionados con la precipitación pluvial en México, estimados en años bajo el modelo RPC 4.5 y en periodo de 2015-2039. Fuente: Tomado de CCKP (2024) (<https://goo.su/TJ2un>).

En el contexto de Sinaloa, los eventos climáticos extremos más frecuentes históricamente son las tormentas y huracanes. De acuerdo a información del INECC los eventos que muestran mayor frecuencia son la depresión tropical (n=16), tormenta tropical (n=12), huracán categoría 1 (n=10), huracán categoría 2 (n=5), huracán categoría 3 (n=4) y huracán categoría 4 (n=2). Los otros eventos climáticos extremos registrados en el estado es la sequía, pero en mucho menor proporción.

• Temperatura del océano.

Es reconocido que la temperatura del agua en el océano se ha incrementado y seguirá incrementándose en un rango de 0.8°C a 1.4°C con respecto a 1986-2005 y bajo el escenario RCP 4.5. (IPCC, 2013, p. 25). Sin embargo, es necesario comentar que esta predicción es global y tiene variaciones en cada región. Para México, cada litoral se ve impactado por sistemas climáticos y oceanográficos que producen distintos efectos en relación con la variabilidad de la temperatura .

En el caso del océano Pacífico, varios estudios indican que su variabilidad está principalmente relacionada con los patrones de calentamiento y enfriamiento anual asociados a fenómenos como El Niño y La Niña (Lluch-Cota *et al.* 1999), así como a la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO en inglés) (Lluch-Cota *et al.* 2001). Esto resulta en temperaturas promedio anuales estables en el agua de la costa occidental de la península de Baja California; una ligera tendencia al enfriamiento en el alto Golfo de California; un enfriamiento ligero en la parte de la boca del Golfo de California y un marcado calentamiento en la región más tropical del pacífico mexicano. La Figura 9 muestra gráficamente las temperaturas superficiales del agua para diferentes períodos, indicando una marcada estacionalidad que se relaciona con los fenómenos mencionados anteriormente y el mantenimiento de temperaturas elevadas para el pacífico mexicano.

Las predicciones para la zona del Golfo de California y Sinaloa, en un estudio de Ayala-Bocos y colaboradores (2015), muestran que en el Golfo de California, en la zona sur de Sonora y norte de Sinaloa experimentan un calentamiento más intenso. Mientras que en la región de las grandes islas de Sonora, la variación de la temperatura es casi nula. Hacia el centro sur del estado de Sinaloa se aprecia un gran impacto de la zona tropical, lo que resulta en un aumento gradual de la temperatura hacia el sur del estado. En este mismo estudio, utilizando herramientas de modelaje se determinó un incremento de la temperatura superficial del agua de aproximadamente 0.63°C en la zona de Sinaloa para el 2030. Esto en primera instancia por un aumento generalizado de la temperatura del océano, pero muy influenciado por un incremento de temperatura proveniente de la corriente de California y en las posibles surgencias que se originen y acorde a la descripción típica de movimiento de masas de agua descrita por Álvarez-Borrego (1977).



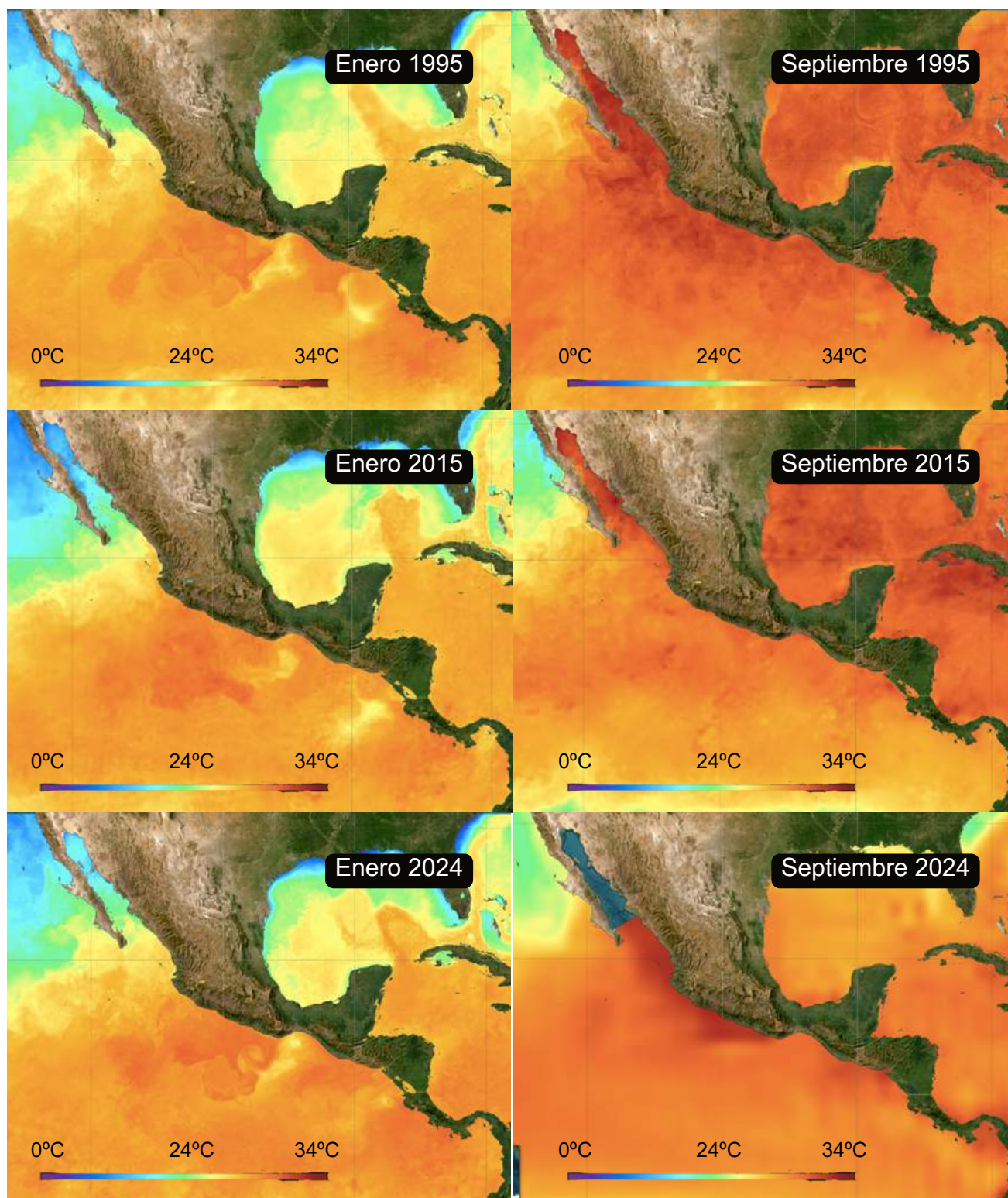


Figura 9. Diferentes escenarios de la temperatura superficial del mar en invierno y verano. Se observa el periodo de 1995 después de un evento ENSO y el año 2015 durante un evento ENSO. También se muestra el año 2014 con una predicción para septiembre de 2024 bajo el escenario RPC 4.5. Fuente: SIMAR-CONABIO, 202. Disponible en: (<https://goo.su/TJ2un>).

- **Oleaje, erosión de la costa y aumento en el nivel del mar.**

La interfaz entre el océano y la tierra es un entorno físico donde se llevan a cabo procesos fundamentales vinculados con la absorción y reflexión de energía. Algunos de los procesos más destacados que tiene lugar en esta interfaz es el oleaje, la erosión de la costa y el incremento en el nivel medio del mar.

A nivel global bajo el modelo RPC 4.5, se determinó que el nivel del mar se incrementará en tasas de 3.26 mm por año y que la intensidad del oleaje se aumentará en 0.4%. Estas estimaciones son las más complicadas de realizar para hacer predicciones a futuro, dado que se relacionan con procesos de energía eólica local, temperatura del agua del mar en regiones específicas y con movimientos tectónicos de elevación-hundimiento específicos en algunas zonas lo que complica su medición e interpretación global (Nicholls *et al.* 2010; Reguero *et al.* 2019).

De manera general, para el Océano Pacífico se estima un incremento sostenido del oleaje en tamaño y frecuencia en el hemisferio sur, ya sea por un aumento en el número de tormentas (Sterl y Caires, 2005) o por una tendencia al incremento de la fase anular (Hemer *et al.* 2010). En la región mexicana, se observa una intensificación del oleaje durante los meses de verano producto del mar de fondo proveniente del hemisferio sur y que refleja su efecto en el hemisferio norte (Semedo *et al.* 2013).

Para el Golfo de California, los datos históricos demuestran que el tamaño de las olas es bajo. Para el alto Golfo se registra un valor de oleaje de 0.30 m; en el golfo medio (norte de Sinaloa y sur de Sonora) de 0.60 a 0.90 m, en tanto que en el Golfo bajo (centro y sur de Sinaloa) el oleaje es de 1.50 a 1.80 m de altura (Kasper-Zubillaga *et al.* 2007). Esto indica una zona en el Golfo de California de oleaje bajo con limitada energía por disipar, principalmente en el alto Golfo de California.



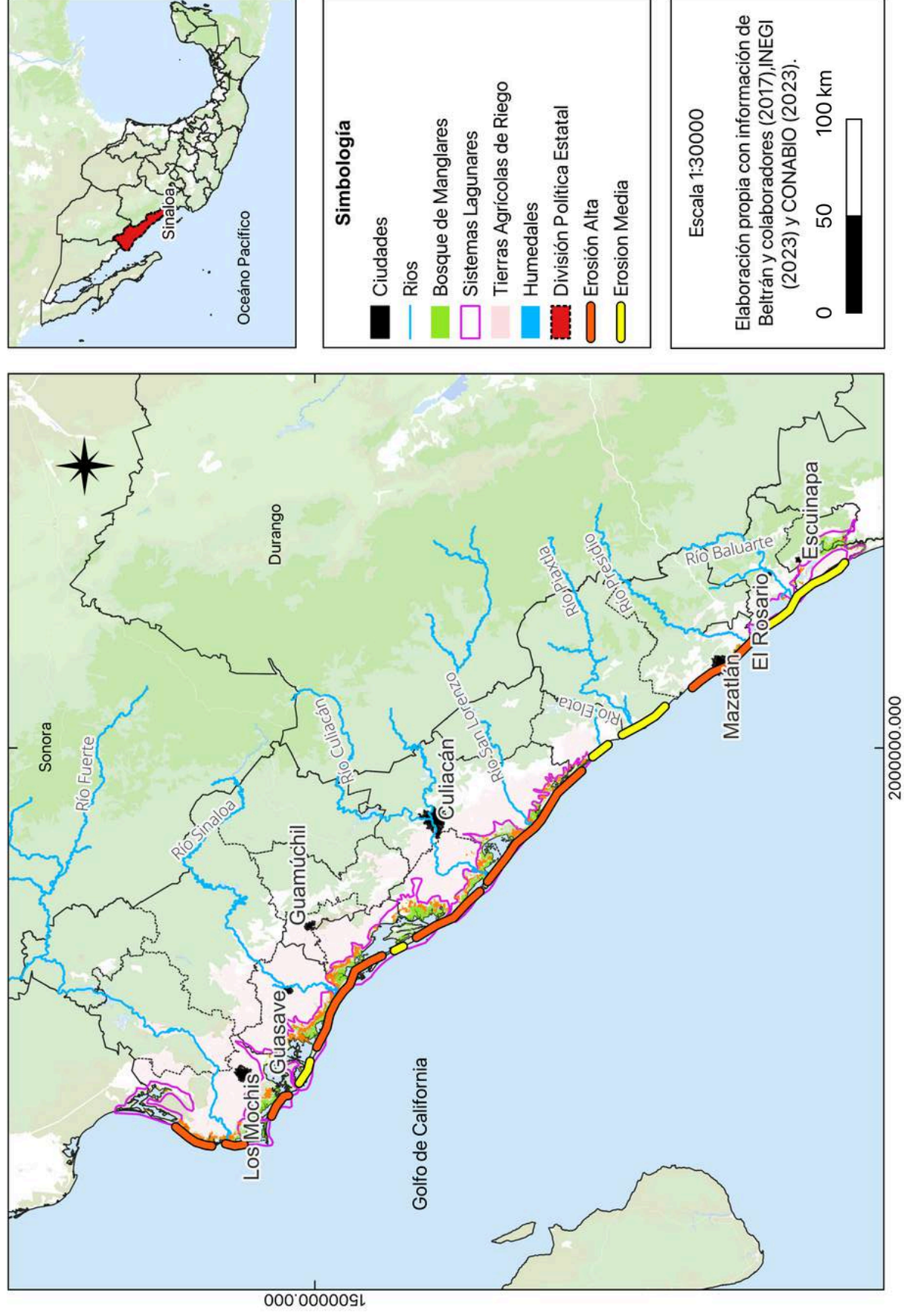
Con base en lo anterior, la altura e intensidad de las olas para el año 2030 será mayor en el Golfo de California (Franco-Ochoa *et al.* 2020). Particularmente, el estudio determina un incremento de altura de ola de aproximadamente 0.0009 m (0.09%) y un incremento en la energía disipada de 0.0139 kW/m (1.39%), así como una disminución en la frecuencia de oleaje de -0.0096 s (-0.96%) (Franco-Ochoa *et al.* 2020). En otras palabras, para los próximos años se estima que tanto la altura de las olas como la carga de energía por disipar al romper en la costa, incrementen, y con ello, se propiciará la erosión.

El análisis de Franco-Ochoa y colaboradores (2020) indica que la mayor parte de la costa en el Golfo de California sufre procesos de erosión intensa (Figura 10). Para Sinaloa se determinó que el 77.1% (491 km) de su litoral esta sujeto a erosión intensa. En general, se estimó una tasa de erosión de -3 m/año para todo el estado. Las zonas más afectadas son la región norte y centro del estado donde la erosión es continua a lo largo de la línea de costa. En el sur se muestran sitios de erosión discontinuos pero persistentes. Espacialmente, se determinó que la erosión ocurre preponderantemente alrededor de las desembocaduras de los ríos represados, en escorrentías superficiales de tierra agrícolas y granjas acuícolas, y en áreas con alta densidad de población (Franco-Ochoa *et al.* 2020).



Casa destruida por marejada en Alata Navolato Sinaloa
Archivo Cuadratin Sinaloa

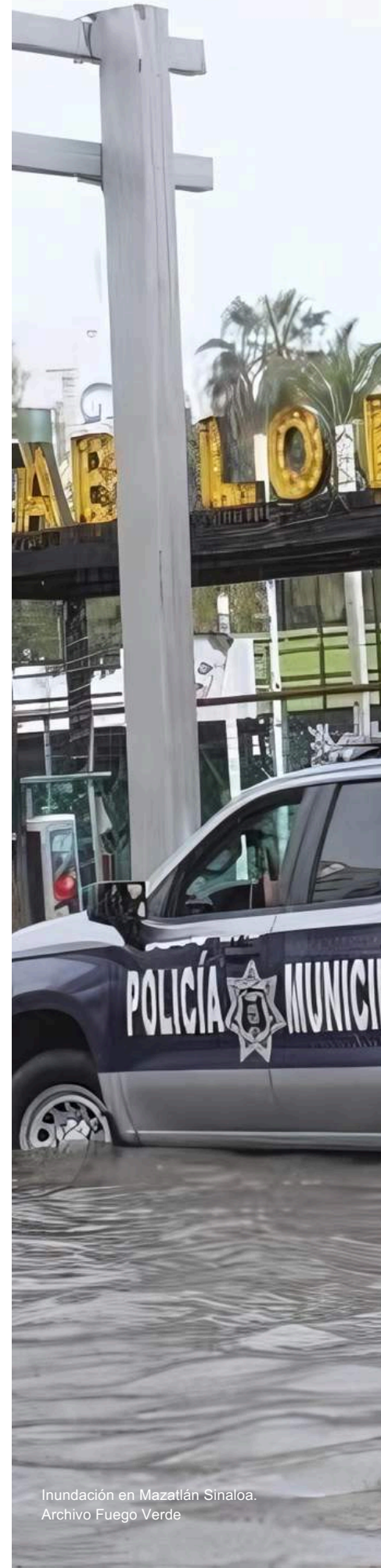
Figura 10. Representación regional donde se indican zonas de mayor erosión en la costa de Sinaloa.
Fuente: elaboración propia con información de Franco Ochoa y colaboradores (2020)



Un punto relevante a considerar entre el oleaje y la erosión son los eventos climáticos extremos. Como se mencionó anteriormente, Sinaloa está expuesto a tormentas y huracanes. En comparación con otros estados del noroeste de México, Sinaloa ha sido el más impactado por huracanes desde 1970 (INECC, 2021). Por ello, si consideramos la alta probabilidad de recibir huracanes y sus efectos en alto oleaje y marejadas ciclónicas, además de la predicción en el aumento en la intensidad del oleaje, Sinaloa estará aún más expuesta a la erosión en sus costas, con consecuencias severas hacia la infraestructura (Mendoza *et al.* 2006; Franco-Ochoa *et al.* 2020).

En relación con el aumento del nivel del mar, no hay un consenso claro sobre el incremento en la costa del Pacífico mexicano y Golfo de California. De acuerdo a un análisis comparativo de literatura realizada por Páez-Osuna y su colaboradores (2016), se estima un aumento que oscila entre los 2.5 hasta 3.8 mm por año con registros sedimentarios desde principios del siglo pasado. Proyecciones hasta el 2019 bajo el escenario RPC 4.5 indican que en Sinaloa el nivel medio del mar puede incrementarse hasta 170 mm en el año 2039.

Los estudios sugieren que incluso tasas moderadas de incremento del nivel del mar pueden ocasionar un retroceso significativo en la costa si se combina con marejadas ciclónicas u olas más grandes e intensas (Le Cozannet *et al.* 2014; Franco-Ochoa *et al.* 2020). Este retroceso costero se deberá a la inmersión pasiva y constante de la costa en especial en áreas planas y bajas, así como a la erosión costera provocada por la redistribución de sedimentos costeros por las olas, corrientes y su interacción con la actividad humana (Le Cozannet *et al.* 2014).



Inundación en Mazatlán Sinaloa.
Archivo Fuego Verde

- **Acidificación del océano.**

El pH del agua de mar varía ligeramente en los diferentes océanos y regiones, pero en general se concentra en valores alrededor de 8.1, lo que se considera ligeramente básico. Un pH por debajo de 7.0 tiene consecuencias negativas en la vida marina, principalmente en los organismos calcificadores y en los ciclos biogeoquímicos que mantienen la dinámica de los océanos.

En este contexto, de manera natural el océano tiene la capacidad de absorber y disolver CO₂ atmosférico por un proceso denominado "acidificación oceánica". El CO₂ se absorbe en el agua en forma de ácido carbónico para ser incorporado en los ciclos biogeoquímicos. Esta absorción provoca un aumento en la acidez del océano disminuyendo el pH (Caldeira y Wickett, 2003). Después de la época industrial, se ha calculado que el océano ha tenido la capacidad de absorber las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero en la atmósfera por el orden de más de 550 billones de toneladas y ha mitigado parcialmente los efectos del cambio climático (Canadell *et al.* 2007). Esto ha causado una disminución en el pH de las aguas superficiales oceánicas del orden de 0.1 unidades y se prevé que para el año 2100 se disminuya hasta 0.4 unidades. Los datos muestran que las concentraciones de carbonatos han disminuido aproximadamente un 13% desde la época industrial y se espera que disminuyan alrededor de un 26% para el 2030 (Wolf-Gladrow *et al.* 1999).

Aunque este es un proceso global, en algunas regiones de México se han resentido las alteraciones en el pH del agua. En el noroeste, un estudio realizado por Feely y colaboradores (2008) reportan valores de pH de hasta 7.6 adyacentes a la superficie, desde Canadá hasta el sur de la Península de Baja California en México. Este estudio muestra valores con diferencias negativas, de hasta 0.5 unidades de pH, en comparación con los registros de la superficie. Esto determina la presencia de aguas ácidas, algo que no solo es visible en regiones en los casquetes polares, sino también en las costas mexicanas, sin duda desalentador, ya que estas condiciones de disminución drástica de pH se pronosticaban hasta los próximos 50 años (Feely *et al.* 2008). Estos valores necesitan actualizarse a contextos locales, sin embargo en México no existe una red de monitoreo de la acidez del océano, algo que ya se realiza en otros sitios del mundo.

Es necesario mencionar que las predicciones en cuanto a acidificación en el océano refieren un impacto directo en las poblaciones de varias especies de biota marina (Kroeker *et al.* 2010). Sin embargo, nuevos elementos de investigación refieren que la acidificación no representa un problema mayusculo en cuando a la biota marina. Por ejemplo, comúnmente se mencionaba que por efecto de la acidificación los peces disminuirán su tamaño, sin embargo, estudios recientes demuestran que esto no necesariamente tiene que ver con la acidificación, si no alos procesos naturales que ocurren esporádicamente en las poblaciones de peces (Clements *et al.* 2022). En conclusión, más allá de cual sea el efecto directo en la población de las especies. lo cierto es que es un proceso en desarrollo y que es necesario de contemplar dentro de los escenarios futuros.



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD



FACTORES DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

GRUPO 1

FACTORES DE ESTRÉS CLIMÁTICO



Aumento en la temperatura superficial del agua

Definición: Se entiende cómo un proceso de absorción del exceso de calor retenido en la atmósfera terrestre debido al incremento de gases de efecto invernadero (IPCC, 2013).

Consecuencia: Este calentamiento tiene implicaciones significativas en el sistema climático global, como la expansión térmica del agua de mar (que contribuye al aumento del nivel del mar), cambios en los patrones de circulación oceánica, disminución del oxígeno disuelto y acidificación de los océanos, lo que afecta gravemente a los ecosistemas marinos (IPCC, 2017).

Proyecciones para México y Sinaloa: Hacia el sur del Golfo de California, se espera un incremento de 0.63°C para los próximos 30 años (Ayala-Bocos *et al.* 2015).



Aumento en el nivel medio del mar

Definición: Es un proceso que se produce principalmente por la expansión térmica de los océanos al calentarse y por el derretimiento de los glaciares y las capas de hielo continentales (IPCC, 2013).

Consecuencias: Las consecuencias incluyen erosión costera, inundaciones, intrusión de agua salada en acuíferos costeros, pérdida de humedales y ecosistemas marinos, así como alteración de dinámicas geoquímicas en los humedales costeros. (IPCC, 2017).

Proyecciones para México y Sinaloa: En la costa del pacífico se espera un incremento del nivel medio del mar de 0.12 a 0.18 metros durante el periodo 2010-2039 respecto al periodo 1986-2005, bajo RCP 4.5. En Sinaloa, se estima el aumento de 0.17 metros.



Eventos climáticos extremos

Definición: Un evento climático extremo se refiere a un fenómeno meteorológico o climático inusual e intenso en un lugar y época específicos. Incluye olas de calor, sequías severas, precipitaciones e inundaciones extremas, ciclones tropicales intensos y otros fenómenos que se desvían significativamente de los promedios climáticos locales. (IPCC, 2013).

Consecuencias: Los eventos climáticos extremos pueden ser devastadores, incluyendo pérdidas de vida humanas, daños a infraestructura, interrupciones económicas, impactos en la agricultura y la seguridad alimentaria, propagación de enfermedades, desplazamientos masivos de poblaciones y degradación de ecosistemas (IPCC 2021).

Proyecciones para México y Sinaloa: México es susceptible a varios eventos climáticos extremos. Las predicciones para Sinaloa estiman una probabilidad de ocurrencia de fenómenos climáticos extremos para el período 2015-2039 bajo el escenario RCP 4.5, entre 4.51 y 5.08 años, siendo las tormentas y huracanes los más frecuentes (CCKP, 2023; INECC, 2023).



Erosión en las costas

Definición: La erosión costera es el proceso de desgaste y retroceso de las líneas de costa debido a fuerzas naturales como las olas, las corrientes marinas, el viento, los flujos de agua dulce, escorrentías agrícolas y acuícolas. (IPCC, 2013).

Consecuencias: Las consecuencias incluyen la pérdida de playas, acantilados, humedales y otros hábitats costeros. También, el retroceso de la línea de costa, poniendo en riesgo la infraestructura, viviendas y actividades económicas como el turismo y acuicultura en las zonas costeras. Asimismo, la erosión facilita la intrusión de agua salada en acuíferos costeros, afectando los suministros de agua dulce. (IPCC 2021).

Proyecciones para México y Sinaloa: Para el Océano Pacífico mexicano se estima un incremento sostenido del oleaje en tamaño y frecuencia (Semedo *et al.* 2013). Para el Golfo de California, se pronostica un incremento de altura de ola de 0.0009 m (0.09%) y un incremento en la energía disipada 0.0139 kW/m (+1.39%). Si esto se relaciona con la erosión de la costa en Sinaloa, encontramos que el 77.1% de la costa esta sujeta a erosión intensa, perdiendo en promedio -0.3 m por año, y bajo un incremento de altura de la ola, su energía y la presencia de eventos climáticos extremos, se mostrará mucho más erosionada en los próximos 20 años.

GRUPO 2

FACTORES DE PRESIÓN ANTRÓPICA



Cambio de uso de suelo

Definición: Se refiere a la conversión de las coberturas de las tierras. P.e.j. la conversión de bosques a tierras para cultivo o pastizales, o de áreas naturales a zonas urbanas.

Consecuencias: El cambio de uso del suelo contribuye directamente al cambio climático al liberar el carbono almacenado en la vegetación y los suelos a la atmósfera en forma de dióxido de carbono. Además, reduce la capacidad de los ecosistemas remanentes para absorber y almacenar carbono. También disminuye su capacidad para amortiguar los impactos de eventos extremos.

Estado actual Sinaloa: Específicamente para la zona costera y sus humedales, Hernández-Guzmán y colaboradores (2021) mencionan que el porcentaje de cambio fue próximo al 12% en el periodo de 1995 a 2019. La principal reducción se dio en la marisma de 10.8 a 7.2% de la superficie, seguida del manglar de 5.3 a 5.2%. La conversión se reflejó en granjas acuícolas de 0.7 a 4.2% y en la superficie de asentamientos humanos con valores de 1.3 a 2.2%. No existe una reducción marcada de manglar pero sí de superficie de marisma que se convirtió en granjas acuícolas. Por sistemas lagunares, los municipios donde más se perdieron humedales para transformarse en granjas acuícolas, en orden de pérdida fueron Ahome, Navolato, Guasave y Culiacán y Angostura con valores superiores a 100 km². Como ejemplo, en Ahome, el delta del río El Fuerte, ha sufrido cambios significativos para el cultivo de camarón, de 364 ha en 1990 a 7,194 ha para el año 2008 (Muñoz *et al.* 2011). Por su parte Alonso-Pérez y colaboradores (2003) estudiaron imágenes satelitales de la laguna de Ceuta en Sinaloa y determinaron que la agricultura se extendió hacia los humedales en 2010.



Acuacultura

Definición: La acuacultura es el cultivo de organismos acuáticos. Implica la intervención del ser humano en el proceso de cría, para aumentar la producción, en operaciones de cultivo adecuadas dentro de áreas acuáticas naturales o artificiales, ya sean marinas, salobres o dulceacuícolas. Por su parte, la camaronicultura es la cría y cultivo de camarones en estanques o instalaciones controladas (FAO, 2018, 2020).

Consecuencias: La actividad acuícola puede tener impactos positivos y negativos en el entorno. En positivo, contribuye a la seguridad alimentaria al proveer una fuente de proteína de alta calidad, reduciendo la presión sobre las poblaciones naturales, genera empleos e ingresos económicos en comunidades costeras que bajo condiciones adecuadas mitigan las emisiones de gases de efecto invernadero. En negativo, el cambio de uso de suelo para construir estanques camaroneros reduce los servicios ecosistémicos de los humedales y la capacidad de resiliencia costera ante eventos climáticos extremos. Los desechos, producto del uso de alimentos y químicos en la acuacultura intensiva genera emisiones de gases de efecto invernadero y contamina los suelos y aguas.

Estado actual Sinaloa: La acuacultura, en particular la camaronicultura representa el 82% de la producción total anual con 244,509 toneladas. Sinaloa fue el principal productor de México en 2021 con una producción de 298,853 toneladas equivalente al 35.8% de la producción nacional. Para 2021 el cultivo principal fue el camarón con más de 77 mil ton/año, después mojarra (agua dulce) 2200 ton/año y en tercer lugar el ostión con 764 ton /año. El valor de la producción ascendió a 10,752 millones de pesos mexicanos, generando una cadena productiva de 60,000 empleos directos e indirectos principalmente derivados del cultivo de camarón (CONAPESCA, 2021).

Sin embargo, a pesar de lo importante de la acuacultura de camarón para el estado, los costos de producción en términos ambientales son sumamente elevados. El impacto más evidente es la destrucción directa de manglares y marismas (Páez-Osuna, 2005). Hernández-Guzmán y colaboradores (2021) determinaron que las Granjas camaronícolas en Sinaloa crecieron casi 500%, pasando de 113 a 673 km² de 1995 a 2019.

Acuacultura (continúa)

En términos de calidad de agua, la carga de material en los efluentes de las granjas camaroneras modifica los procesos biogeoquímicos y la salud acuática del ecosistema costero. Específicamente, el uso masivo de fertilizantes y pesticidas en los cultivos intensivos ha provocado la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas que alimentan estos ecosistemas causando eutrofización y contaminación de las lagunas (Hernández-Cornejo y Ruíz-Luna, 2000; Soto-Jiménez y Páez-Osuna, 2010, Páez-Osuna *et al.* 2003; Rivera-Guzmán *et al.* 2014).

Por ejemplo, para la zona de sistema lagunar Macapule, Escobedo-Uriás *et al.* (2009) determinaron la calidad de agua alrededor de las granjas camaronícolas, observaron concentraciones mayores de nutrientes nitrogenados en los canales de salida de agua, contribuyendo a reducir sensiblemente la cantidad de oxígeno disuelto y alterando la dinámica de la laguna costera. Por otra parte, en la Laguna Huizache Caimanero, Flores-Verdugo y colaboradores (2019) reportaron valores tan bajos como de 2.5 mg/L en los sitios de descarga provenientes de granjas camaroneras, lo que sin duda tiene un impacto negativo sobre la biodiversidad de la laguna costera.

Por otro lado, la especie de importancia acuícola en aguas salobres es el ostión del pacífico. El ostión del pacífico *Crassostrea gigas* representa la especie de molusco más cultivada en el mundo. En México fue introducido como cultivo en los años setentas, previendo larvas de laboratorio para su siembra en suspensión en humedales costeros (Rodríguez-Quiroz *et al.* 2016). Al norte de Sinaloa es un cultivo muy exitoso. Góngora-Gómez y colaboradores (2012) evaluaron el crecimiento del ostión obteniendo organismos de talla comercial en 7 meses de cultivo, lo cual es sumamente exitoso. Respecto a su impacto ambiental en los humedales, no existe certeza sobre su efecto. Un estudio realizado en Baja California determinó que no se observa una disminución de la biomasa, abundancia y productividad primaria de organismos fitoplanctónicas en la zona de cultivos de ostión. Con lo cual se asume que podría ser un cultivo de bajo impacto ambiental si se maneja con las densidades y cuidados adecuados (Montes y Álvarez-Borrego, 2007). Pero también se sabe, que la especie es sumamente sensible a altas temperatura del agua, altas densidades de siembra, presencia de contaminantes y la acción de patógenos (Goulletquer *et al.* 1998), factores a considerar en su siembra y más aún en contexto de CC.



Aprovechamiento de recursos pesqueros

Definición: Este aprovechamiento se define como la actividad de extraer recursos biológicos acuáticos vivos del medio natural con fines comerciales, recreativos, de subsistencia o depredación; incluye la captura de peces, moluscos, crustáceos y otras especies acuáticas (FAO, 2022).

Consecuencias: La pesca ha sido una de las actividades de aprovechamiento de recursos naturales más utilizadas en el mundo ya que proporciona una fuente importante de proteínas y nutrientes animales esenciales accesibles en muchos contextos (FAO, 2020). La pesca es también fuente de identidad y desarrollo cultural en las comunidades costeras, es decir, va más allá del un elemento o alimenticio. Bajo prácticas y gestión adecuadas, la pesca puede ser una actividad renovable y sostenible que aprovecha recursos naturales sin agotarlos. También, es una fuente clave de ingresos y sustento para comunidades costeras en todo el planeta (FAO, 2020). En México emplea a más de 295 mil personas directamente y 300 mil indirectamente (CONAPESCA, 2021), aunque otras fuentes menciona que pueden ser entre 3 y 8 veces más por pesca indirecta. Específicamente en Sinaloa, se tienen registrados a más de 39 mil pescadores, que se distribuyen en la flota pesquera mayor (514 embarcaciones) y la flota ribereña de (11,900 embarcaciones). En sentido negativo, la extracción excesiva de especies ha llevado a la sobreexplotación de poblaciones pesqueras, poniendo en riesgo su conservación y la sostenibilidad como actividad pesquera (FAO, 2020). Las prácticas pesqueras destructivas, como el arrastre de fondo, pesca con veneno afectan negativamente a especies otras especies no objetivo (Thrush y Dayton, 2002). Las redes de pesca abandonadas contribuyen a la contaminación marina y representan un riesgo para la vida acuática (FAO, 2021). También, la depredación sería considerada como una circunstancia emergente vinculada a la pesca ilegal, no regulada y no declarada que también es un proceso preocupante a tomar en cuenta.

Estado actual para Sinaloa: Sinaloa es una de las principales entidades de pesca en México. En el 2021 contribuyó con el 17% de la producción pesquera nacional para ser la segunda entidad en todo el país en volumen de captura y primer lugar en valor comercial. Sin distinguir especies por tipo de flota, en orden de importancia se muestra el camarón, atún, sardina y jaiba seguido de otras especies como tiburón, mojarra, macarela, sierra y almeja (CONAPESCA, 2021).

Aprovechamiento de recursos pesqueros (continúa)

A nivel de pesca ribereña, Díaz Uribe y colaboradores (2013) determinaron que las principales especies en orden de importancia son el pargo, la mojarra, el camarón, huachinango, lisa, robalo, curvina, botete, baqueta, bagre y sierra. Pero que sin duda la especie de mayor valor fue el camarón.

Para nuestro análisis de vulnerabilidad, se determinaron las más relevantes con características de especie clave o bandera para enfocar los esfuerzos de análisis e interpretación.

- **Camarón.** La pesquería artesanal de camarón de Sinaloa aporta el 25% de la producción del Noroeste con la participación de 12 mil embarcaciones y una fuerza laboral de 24 mil pescadores. Los barcos están equipados con motores fuera de borda, utilizados principalmente para fines de transporte, ya que el equipo funciona con las corrientes de viento/marea) (FP, 2022). La pesquería está regulada por una Norma Oficial Mexicana y la extracción se realiza a niveles máximos sustentables de acuerdo a la CONAPESCA (2022). Aunque, en Sinaloa y Nayarit se tiene al camarón café (*Farfantepenaeus californensis*) en condiciones de máximo rendimiento sostenible y al camarón blanco (*Penaeus vannamei*) y el camarón azul (*Penaeus stylirostris*) en deterioro. En un sentido de conservación, la pesquería intenta también regularse con los Proyectos de Mejora Pesquera o FIP's (Fishery Improvement Projects, por sus siglas en inglés) para camarón café y azul (FP 2022). Sin embargo, a pesar de estas mejoras, en el último ciclo de cultivo en la bahía de Altata, la captura de camarón por pesca artesanal fue mínima (Com. pers) causando pérdidas entre los pescadores. Para la zona sur del estado, en 2022 la producción total estimada fue de 150 toneladas en 30 cooperativas de Mazatlán, El Rosario y Escuinapa y para el 2023 la producción cayó hasta un 90 % (OEM, 2023). De acuerdo a un especialista de la Universidad Autónoma de Sinaloa, las bajas capturas se explican porque a lo largo de la veda (marzo a septiembre), las larvas se siguen extrayendo para las granjas acuícolas (UAS, 2022). Si a este panorama se le suman los impactos en la calidad del agua en los estuarios y a una presión mayor por espacios de cultivo, el futuro del principal recurso pesquero en la zona costera de Sinaloa es incierto.

Aprovechamiento de recursos pesqueros (continúa)

- **Almejas.** De acuerdo a la CONAPESCA (2020), en el Océano Pacífico se capturan diversas especies de almejas, algunas de las cuales son de gran importancia pesquera y económica para el noroeste de México, el Golfo de California y para Sinaloa.
 - Almeja chocolata (*Megapitaria squalida*): es una de las más capturadas. En 2020, para Sinaloa, se contabilizó su aprovechamiento en 454 toneladas. Habita en fondos arenosos y fangosos, su pesquería es principalmente artesanal en los humedales costeros. Sobre esta especie en particular, hay un trabajo intenso de pesca responsable mediante los FIP's. Desde el 2014 se realizan trabajos de monitoreo y mejoras pesqueras que han ido incorporando a otras especies como la almeja chirla (*Chione californiensis*); han sido instaurados refugios pesqueros que han dado resultados favorables en la recuperación de las poblaciones de almeja en el sistema lagunar Altata Pabellones (com. pers). De acuerdo a la ficha FIP, se espera formalizar los procesos de toma de decisiones y organización comunitaria acorde al recurso (FP, 2022).
 - Almeja catarina (*Argopecten ventricosus*): es capturada mediante buceo en aguas someras. En Sinaloa, se contabilizó su aprovechamiento en 64 toneladas para el año 2020, con un valor de 2.7 millones de pesos (CONAPESCA, 2022).
 - Almeja Burra (*Glycymeris gigantea*): conocida como almeja gigante, es una especie de gran talla que se captura en el Golfo de California y en la parte sur de las costas de Sinaloa. En 2020, se reportaron 52 toneladas capturadas en Sinaloa, con un valor de 1.4 millones de pesos (CONAPESCA, 2022).
 - Almeja pata de mula (*Anadara spp.*): incluye varias especies de almejas capturadas en las lagunas costeras y esteros de Sinaloa. Su captura se proyectó en 59 toneladas para el año 2020, con un valor de 1.1 millones de pesos (CONAPESCA, 2022).
 - Otras especies de almejas capturadas en menor cantidad en Sinaloa incluyen la almeja blanca (*Atrina spp.*), la almeja madreperla (*Pinctada mazatlanica*), la almeja reina (*Pectinidae*), la almeja de sifón (*Panopea spp.*) y otras almejas de roca o lapas (*Fissurellidae*).

Aprovechamiento de recursos pesqueros (continúa)

- **Jaibas.** La jaiba es un recurso pesquero que sostiene pesquerías artesanales y procesos industriales importantes a nivel nacional, contribuyendo ese aprovechamiento a la economía del país y por región. De acuerdo a datos de la CONAPESCA (2021) en la costa mexicana del océano Pacífico, la jaiba cuata (*Callinectes arcuatus*), conocida y la jaiba verde (*Callinectes bellicosus*) sostienen una pesquería importante. La jaiba verde contribuye con 75% de la captura total; el resto se compone de jaiba cuata (24%) y 1% de jaiba negra (*Callinectes toxotes*). Sinaloa es líder en pesca de jaiba con volumen de captura de más de 13 toneladas anuales. La pesquería esta regulada por vedas de mayo a junio para Sinaloa. Además esta regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-039-PESC-2003 que restringe tallas de pesca. En Sinaloa, la principal zona de captura se registra en la zona centro-norte de Sinaloa, en las lagunas costeras Santa María La Reforma, Ohuira-Topolobampo y Agiabampo (Ortega-Lizárraga, 2012). La producción de jaiba ha llegado a superar el volumen de captura de camarón lo que demuestra su valor como pesquería (Ortega-Lizárraga *et al.* 2020). En términos de aprovechamiento, la jaiba es sumamente resiliente a presión por pesca y ambiente. Se recupera relativamente rápido a una presión por captura y es altamente tolerante a cambios de temperatura y salinidad en el agua. Sin embargo en la región norte de Sinaloa en Ahome y Guasave, ya se muestran signos de una pesquería en tendencias baja de captura (Ortega-Lizárraga, 2012), aun así, la pesquería de jaiba parece ser una buena opción de aprovechamiento en escenarios de vulnerabilidad ante el CC.
- **Pesca de escama, tiburones y rayas en esteros y costa.** La pesca de escama en esteros y en la costa contigua es una pesca de pequeña escala para la subsistencia o mercados locales (Ramírez-Rodríguez, 2009). Las artes de pesca se instalan en las “pangas” con motor fuera de borda y las artes de pesca incluyen según la especie objetivo e incluyen atarrayas, redes de enmalle, redes de arrastre, palangres, trampas, arpón y anzuelos y líneas (Ramírez-Rodríguez *et al.* 2013). Este tipo de pesca es compleja y dinámica debido a la diversidad de entornos donde se produce la pesca, las artes de pesca y muchas variables socioeconómicas así como el número de especies de peces involucradas (Arreguín-Sánchez, 2006).

Aprovechamiento de recursos pesqueros (continúa)

De acuerdo con Ramírez-Rodríguez y colaboradores (2009), es posible agrupar la pesca de escama en Sinaloa por regiones y así facilitar su manejo pesquero. El estudio propone seis regiones donde se capturan 80 especies peces teleosteos y elasmobranquios. Destacan en volumen en general *Mugilidae* (lisas), *Scombridae* (sierras del Pacífico), *Sciaenidae* (pez débil), *Ariidae* (bagre de mar), *Lutjanidae* (pargos) y *Triakidae* (tiburones leopardo). Otras especies incluidas incluían peces globo (*Tetraodontidae*), róbalo (*Centropomidae*), peces ballesta (*Balistidae*), mojarra (*Gerreidae*), roncadore (*Haemulidae*) y pámpanos y jureles (*Carangidae*), peces planos y lenguados (*Paralichthyidae*), meros (*Serranidae*), congrilas (*Ophidiidae*), blanquillo (*Malacanthidae*), bobos (*Polynemidae*) y corvinas (*Sciaenidae*); y algunos peces pelágicos como sardinas y arenques, (*Clupeidae*), anchoas (*Engraulidae*), barracuda (*Sphyraenidae*), dorado (*Coryphaenidae*), medio pico (*Hemiramphidae*), mariquita (*Elopidae*) y chano (*Chanidae*).

Dada la complejidad de especies y su amplitud geográfica, los autores proponen concentrar los esfuerzos en gestionar una pesquería multiespecífica mediante el enfoque de gestión basado en ecosistemas. Esto requiere un conocimiento muy amplio del ecosistema, de las dinámicas y del contexto social. Es un gran reto de trabajo, pero también una gran oportunidad de manejo pesquero sostenible en el contexto de cambio climático, en el que la visión de cuenca debe privilegiarse y manifestarse en acciones específicas dirigidas hacia la conservación de las especies aprovechadas.



Desarrollo de infraestructura

Definición: Este factor se refiere a la construcción y mejora de obras y sistemas físicos que son esenciales para satisfacer las necesidades básicas de la población y mejorar su calidad de vida. Esto incluye infraestructura en áreas, hidráulicas, de saneamiento, de energía, de transporte y comunicaciones, salud, educación y esparcimiento (UNESCO, 2020).

Consecuencias: A nivel mundial, el desarrollo de infraestructura es considerado un factor clave para el progreso económico y social de los países, especialmente aquellos en vías de desarrollo. Una infraestructura adecuada y resiliente puede impulsar el crecimiento económico, la productividad, la creación de empleo y la reducción de la pobreza (Banco Mundial, 2019). Sin embargo, también plantea importantes desafíos en el contexto del cambio climático. Las características e intensidad de las actividades económicas asociadas al crecimiento urbano en la zona costera pueden inducir alteraciones no sólo en los patrones hidrológicos, la estructura del suelo y la vegetación natural, sino que también causan efectos acumulativos en el litoral y los ecosistemas costeros con la erosión de suelos, sedimentación y cambios en el paisaje (Jackson *et al.* 2001). El estrés ambiental normalmente aumenta cuando una serie de actividades como industria, pesca, turismo y puerto están presentes al mismo tiempo, como ocurre en Sinaloa (Ruíz-Luna y Berlanga-Robles, 2001).

Estado actual para Sinaloa: Como se ha mencionado, la agricultura, la pesca y la acuicultura han motivado el desarrollo económico de Sinaloa. Otro motor de desarrollo del estado es el turismo. Varios aspectos relacionados a los beneficios de turismo de pesca deportiva y comercial (Gálvez y Acurero, 2016); turismo naviero (Peinado-Osuna, 2016); turismo de aventura (Ayala *et al.* 2021) entre otros más. Sin embargo, en todos los casos, implica la construcción de obras para satisfacer necesidades de atención al turismo, en específico para la región de Mazatlán. Esta ciudad se desarrolló en una zona de planicie de inundación, casi al nivel del mar (< 10 m) y asociada con cuerpos de agua estuarinos que han sido continuamente modificados (Ruíz-Luna y Berlanga-Robles, 2001). Esto ha ocasionado que la región de Mazatlán sea una de las más erosionadas e impactadas en términos de pérdida de servicios ecosistémicos (Sánchez-Rodríguez *et al.* 2021; Cervantes-Escobar y Camacho-Váldez, 2021).

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR HÁBITAT



HÁBITAT: PELÁGICO

En sentido horizontal, es la zona nerítica ubicada sobre la plataforma continental y cuya profundidad máxima es de 200 metros (FAO, 2020). Para nuestro análisis también incluye la playa y dunas costeras.



ESPACIO TIEMPO: SINALOA EN LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS

Incluye el hábitat pelágico de la costa Sinaloense (620 km) en un horizonte temporal de interpretación de 10 años a partir del año 2024.

INDICADORES O FACTORES A CONSIDERAR PARA ESTE HÁBITAT

Factores de Estrés Climático



Aumento en la temperatura superficial del agua



Aumento en el nivel medio del mar



Eventos climáticos extremos



Erosión de las costas

Factores de Presión Antrópica



Acuicultura



Aprovechamiento de recursos pesqueros

Factores de Adaptación

Ecológicos



Conectividad



Importancia ecológica



Especies Clave o Bandera



Biodiversidad

Sociales



Protección Civil



Bienestar



Educación



Demográficos



Gobernanza



Investigación y monitoreo



Normatividad



Equidad



Diversificación

CÁLCULO DE PROBABILIDAD

Factor de Estrés Climático	Dirección y magnitud del factor observado o proyectado al 2039	Probabilidad de que ocurra	Efecto anticipado en este hábitat
	+ 0.63°C	Casi seguro >50% de probabilidad	La temperatura se ha incrementado gradualmente desde 1970 (IPCC, 2022).
	+ 0.17 m	Casi seguro >50% de probabilidad	El nivel medio del mar se ha incrementado ligeramente desde 1860 (Páez-Osuna, 2005)
	Un evento cada 4-5 años	Posible menos de 50% pero no improbable	El desarrollo de eventos climáticos extremos es frecuente en la costa del Océano Pacífico (CCKP, 2023)
	-0.3 m/año	Casi seguro >50% de probabilidad	La costa de Sinaloa sufre un proceso intenso de erosión en 70% de su litoral (Jiménez-Illescas <i>et al.</i> 2019; Franco-Ochoa <i>et al.</i> 2020, y Sánchez-Rodríguez <i>et al.</i> 2021)

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

Factor de Presión Antrópica	¿Cómo afecta este factor de estrés antrópico al hábitat?	¿Empeorará (+), disminuirá (-) o se mantendrá (+/-) con el CC?
	Se ha determinado que la camaronicultura produce afectaciones en el reclutamiento de especies pesqueras de importancia comercial en aguas pelágicas (Páez-Osuna <i>et al.</i> 2003).	(+) Con el CC la presión para obtener recursos acuícolas en más espacio se incrementará
	La base de la cadena trófica en aguas pelágicas es la sardina. Ante el CC, las sardinas son altamente vulnerables y su disponibilidad disminuye (Ojeda-Ruiz <i>et al.</i> 2022). Esto produce una presión en la cadena alimenticia de los pelágicos menores, creando poblaciones de peces vulnerables por la falta de alimento. Adicionalmente, la pesca industrial de camarón con sus redes de arrastre vulneran a otras poblaciones de pelágicos menores, alterando su alimentación y consecuente aprovechamiento (López Martínez <i>et al.</i> 2007)	(+) Con el CC, la presión para obtener volúmenes de pesca satisfactorios se incrementará en varias especies de pesca ribereña e industrial.

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS (CONTINÚA)

¿Cuál es el efecto combinado entre los factores de presión antrópica y los factores de estrés climático?

				
	La temperatura elevada en el agua podría condicionar las granjas camaronícolas a partir de afectaciones en la calidad del agua.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero aun sin poner en riesgo las instalaciones acuícolas que hacen uso de la línea de costa.	Los eventos climáticos extremos, frecuentes y severos, podrían afectar las instalaciones acuícolas que hacen uso de la línea de costa.	La erosión de la costa se incrementaría como efecto de las actividades acuícolas y agrícolas en la línea de costa, ocasionando afectaciones en la propia infraestructura acuícola.
	La temperatura del agua no sería un factor determinante para el desplazamiento de pelágicos menores, a excepción de la sardina, con las consecuencias en la cadena trófica dado que la sardina es consumidor primario.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin perjudicar las instalaciones pesqueras sobre la línea de costa, puertos o poblaciones de recursos pesqueros.	Los eventos climáticos extremos más frecuentes si podrían afectar las instalaciones pesqueras en la línea de costa, puertos y poblaciones de recursos pesqueros.	La erosión de la costa se incrementaría como efecto de las actividades acuícolas, agrícolas y urbanas en la línea de costa, poniendo en riesgo la infraestructura portuaria y pesquera.
Consecuencias				
Moderadas	Insignificantes	Moderadas	Graves	
El número de especies puede descender y las funciones ecosistémicas disminuir, de manera que se considere al hábitat degradado, pero aún presente.	El hábitat y sus principales componentes no tendrán afectaciones visibles o funcionales.	El número de especies puede descender y las funciones ecosistémicas disminuir, de manera que se considere al hábitat degradado, pero aún presente.	Especies o funciones principales pueden sufrir alteraciones drásticas, por lo que el hábitat se degradará.	

DETERMINACIÓN DE RIESGO

Factor de Estrés Climático	Probabilidad de que ocurra	Consecuencias	RIESGO
	Casi seguro >50% de probabilidad	Moderadas	ALTO 
	Casi seguro >50% de probabilidad	Insignificantes	BAJO 
	Posible menos de 50% pero no improbable	Moderadas	ALTO 
	Casi seguro >50% de probabilidad	Graves	EXTREMO 

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Factor de Adpatación	Justificación	Valor Asignado
Ecológica		
	El hábitat tiene una alta conectividad, forma parte de un cuerpo de agua sumamente importante y biodiverso, el Golfo de California, donde muchas especies desde fitoplacton hasta grandes mamíferos convergen y se comunican por cadenas tróficas y ecológicas (Páez-Osuna <i>et al.</i> 2003)	4 La condición o situación en que este factor se encuentra es mejor que satisfactoria, pero podría mejorarse
	El hábitat, en conjunción con el Golfo de California, es de gran relevancia por su excepcional biodiversidad marina y costera, con altos niveles de endemismo y productividad. Es un área prioritaria para la conservación debido a su riqueza natural y a la importancia económica de actividades como la pesca y la acuacultura (Lluch-Belda <i>et al.</i> 2003).	4 La condición o situación en que este factor se encuentra es mejor que satisfactoria, pero podría mejorarse
	El camarón blanco del Pacífico, pilar de la pesca y acuacultura; la sardina, importante desde el punto de vista ecológico y pesquero (Brusca, 2010) así como mamíferos marinos como la ballena gris y tortugas marinas (CONANP, 2017).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	El Golfo de California alberga una biodiversidad marina excepcional, con más de 6,000 especies descritas, incluyendo un tercio de las especies de mamíferos marinos del mundo. Posee altos niveles de endemismo con cerca de 780 especies endémicas de peces, invertebrados, mamíferos y plantas marinas (Brusca, 2010).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
Valor Promedio Potencial Ecológico		3
Social		
	A nivel estatal, en valores de vulnerabilidad, 7 de 10 municipios costeros muestran vulnerabilidad alta a muy alta al CC (INEGI, 2020). A nivel costero comunitario, la protección civil se considera como reactiva no preventiva (Datos propios)	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel estatal el 30.5% de la población vive en pobreza multidimensional, particularmente habitantes de la sierra (INEGI, 2020). A nivel costero comunitario, el 81% de los entrevistados en este estudio manifestaron vivir dignamente (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel estatal solo el 4,1% de la población es analfabeta (INEGI, 2020). A nivel comunitario costero, mas del 70% de los entrevistado tienen al menos secundaria terminada (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel estatal, el 86% de la población vive en la costa (INEGI, 2020). A nivel comunitario costero, el 60% de la población directamente relacionada con la pesca y acuacultura tiene un intervalo de edad entre 30 y 50 años (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel comunitario costero, las decisiones de manejo sobre los recursos pesqueros y acuícolas son tomadas por hombres en edad adulta. El 50% de las mujeres son invitadas a las reuniones sobre el manejo pesquero y acuícola pero no son tomadas en cuenta respecto a sus opiniones o decisiones (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel comunitario costero, las labores de las mujeres en la pesca y acuacultura son infravaloradas, no se reconoce su labor en acciones de prepesca, postpesca y comercialización (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ADAPTATIVA (CONTINUÁ)

Factor de Adaptación	Justificación	Valor Asignado
  	Ecológica	
	La pesca industrial de sardina y camarón es de las más representativas en el estado. A nivel ribereño, en orden de importancia, se captura pargo, mojarra, camarón, huachinango, lisa, robalo, curvina, botete, baqueta, bagre y sierra (Díaz- Uribe <i>et al.</i> 2013). Sin embargo, a nivel comunitario, el camarón es la principal especie capturada; Por lo tanto, en términos de dinámica económica y social, se asume una baja diversificación productiva (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel nacional se da seguimiento a variables climáticas que influyen en el hábitat, comprometiéndolo la biodiversidad y pesquerías. Aunque requiere de precisiones regionales, existe una base técnica científica sobre la cual tomar decisiones.	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel nacional, existe un marco legal normativo vigente, reglamentos y atribuciones definidas para ejercer un aprovechamiento responsable en materia pesquera, acuícola, ambiental y social de este ecosistema. Sin embargo, la aplicación de estos marcos normativos constituye un tema de mejora, que requiere abordarse entre las autoridades y la comunidad costera (Datos propios)	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
Valor Promedio Potencial Social		2.44
Valor Promedio Total		2.72
CAPACIDAD ADAPTATIVA		MODERADA

EVALUACIÓN FINAL DE VULNERABILIDAD EN EL HÁBITAT PELÁGICO EN LA COSTA DE SINALOA, CON ESTIMACIONES A LOS PROXIMOS 10 AÑOS BAJO LA PREDICCIÓN RPC 4.5

Factor de Estrés Climático	RIESGO	CAPACIDAD ADAPTATIVA	VULNERABILIDAD
 Aumento en la temperatura superficial del agua	ALTO 	MODERADA	MODERADA 
 Aumento en la nivel medio del mar	BAJO 	MODERADA	BAJA 
 Eventos climáticos extremos	ALTO 	MODERADA	MODERADA 
 Erosión de las costas	EXTREMO 	MODERADA	ALTA 



HÁBITAT: BOSQUE DE MANGLAR

Los manglares son bosques pantanosos o comunidades de arbustos perennifolios que crecen en áreas costeras inundables por las mareas. Ocupan la zona entre la tierra firme y el mar. Están formados por especies leñosas halófitas adaptadas a condiciones de inundación periódica por las mareas e inmersión en agua salada o salobre (RAMSAR, 2022).



ESPACIO TIEMPO: SINALOA EN LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS

Incluye los bosques de mangle alrededor de los estuarios de Sinaloa (73,600 hectáreas) (CONABIO, 2020) en un horizonte temporal de interpretación de 10 años a partir del año 2024.

Factores de Estrés Climático



Aumento en la temperatura superficial del agua



Aumento en la nivel medio del mar



Eventos climáticos extremos



Erosión de las costas

Factores de Presión Antrópica



Acuicultura



Cambio de Uso de Suelo



Aprovechamiento de recursos pesqueros



Desarrollo de Infraestructura

Factores de Adaptación

Ecológicos



Conectividad



Importancia ecológica



Especies Clave o Bandera



Biodiversidad

Sociales



Protección Civil



Bienestar



Educación



Demográficos



Gobernanza



Investigación y monitoreo



Normatividad



Equidad



Diversificación

CÁLCULO DE PROBABILIDAD

Factor de Estrés Climático	Dirección y magnitud del factor observado o proyectado al 2039	Probabilidad de que ocurra	Efecto anticipado en este hábitat
	+ 0.63°C	Casi seguro >50% de probabilidad	La temperatura se ha incrementado gradualmente desde 1970 (IPCC, 2022).
	+ 0.17 m	Casi seguro >50% de probabilidad	El nivel medio del mar se ha incrementado ligeramente desde 1860 (Páez-Osuna, 2005)
	Un evento cada 4-5 años	Posible menos de 50% pero no improbable	El desarrollo de eventos climáticos extremos es frecuente en la costa del Océano Pacífico (CCKP, 2023)
	-0.3 m/año	Casi seguro >50% de probabilidad	La costa de Sinaloa sufre un proceso intenso de erosión en 70% de su litoral (Jiménez-Illescas <i>et al.</i> 2019; Franco-Ochoa <i>et al.</i> 2020, y Sánchez-Rodríguez <i>et al.</i> 2021)

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

Factor de Presión Antrópica	¿Cómo afecta este factor de estrés antrópico al hábitat?	¿Empeorará (+), disminuirá (-) o se mantendrá (+/-) con el CC?
	Se ha determinado que la camaronicultura produce afectaciones en los bosques de mangle, ya sea por remoción o por contaminación en los cuerpos de agua y sedimentos que afectan al manglar (Soto-Jiménez y Páez-Osuna, 2010; Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021).	(+) Con el CC la presión para obtener recursos acuícolas en más espacio se incrementará
	Se ha determinado que la camaronicultura produce afectaciones en los bosques de mangle por remoción de vegetación (Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021), por construcción de represas que limitan el flujo hídrico y perturban el equilibrio y su fisiología (Soto-Jiménez y Páez-Osuna, 2010). También, el desarrollo de infraestructura para vivienda ha generado pérdida de bosque de mangle en algunas regiones de Sinaloa (Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021)	(+) Con el CC la presión para obtener recursos acuícolas y de infraestructura para vivienda en el mismo espacio, la presión sobre el mangle se incrementará.
	Las malas prácticas pesqueras provocan la disminución del reclutamiento larvario de especies y deterioro de los árboles por sobreexplotación, alterando los ecosistemas del bosque de manglar (Datos propios).	(+/-) Con el CC, la presión en los bosques de mangle para obtener volúmenes de pesca favorables y satisfactorios se incrementará.
	La presión por desarrollar infraestructura de auxilio para la pesca, la camaronicultura o la minería, pone en riesgo el bosque de mangle. Se ha mencionado el desarrollo de infraestructura para uso habitacional (Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021), pero también para minería con el caso de la planta de amoníaco en el norte de Sinaloa que afectaría la fisiología de los manglares (Son Playas, 2022).	(+) Con el CC, la presión para nuevos desarrollos habitacionales, turísticos e industriales la presión sobre el mangle se incrementará.

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS (CONTINÚA)

¿Cuál es el efecto combinado entre los factores de presión antrópica y los factores de estrés climático?

				
	La temperatura elevada del agua podría condicionar las granjas camaronícolas, provocando afectaciones en la calidad del agua del humedal y los manglares.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin poner en riesgo las instalaciones acuícolas o el bosque de mangle.	Los eventos climáticos extremos, más frecuentes y severos, podrían afectar las instalaciones acuícolas y el dosel arbóreo del bosque de mangle.	La erosión intensa de la costa alteraría aún más las instalaciones acuícolas, acarreando sedimentos y nutrientes que pueden alterar la fisiología de los mangles.
	La disminución en la extensión de los bosques de mangle contribuiría a captar menos CO2 y propiciaría el incremento en la temperatura del planeta.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin arriesgar los bosques de mangle, al contrario, estos resultarían en sitios de contención para mantener suelo y vegetación.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin comprometer los bosques de mangle, al contrario, resultarían en sitios de contención de incremento de oleaje y marejadas.	La erosión de la costa se incrementaría y los bosques de mangle podrían comprometerse, en zonas específicas de descarga de granjas acuícolas y drenes agrícolas.
	La temperatura del agua no será un factor determinante para el desplazamiento de pelágicos menores y especies eurihalinas, pero sí para especies de crustáceos y moluscos mayormente sensibles a la temperatura.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin arriesgar los bosques de mangle, al contrario, resultarían en sitios de contención de incremento de oleaje creando refugios pesqueros.	Los eventos climáticos extremos se incrementarían, poniendo en riesgo la densidad de los bosques de mangle, pero al mismo tiempo, resultarían sitios de contención de incremento de oleaje y marejadas.	La erosión de la costa se incrementaría poniendo en riesgo la infraestructura portuaria y pesquera.
	La disminución en la extensión de los bosques de mangle asociada a construcción de viviendas, granjas o industria, reducirá la captación de CO2 e incrementará la temperatura del planeta.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, limitando el establecimiento de obras de infraestructura habitacional, acuícola o minera.	El incremento de eventos climáticos extremos pondrá en riesgo el establecimiento de obras de infraestructura habitacional, acuícola o minera, por el incremento de oleaje y marejadas.	La erosión de la costa se incrementaría, ocasionando riesgos por exposición a las obras de infraestructura habitacional, acuícola o minera.
Consecuencias:				
Graves	Insuficientes	Moderadas	Graves	
Especies o funciones principales sufrirían alteraciones drásticas, por lo que el valor del hábitat se aminorará.	El hábitat y sus principales componentes no tendrán afectaciones visibles o funcionales.	El número de especies puede descender y las funciones ecosistémicas disminuir, de manera que se considere al hábitat degradado pero presente.	Especies o funciones principales pueden sufrir alteraciones drásticas, por lo que el valor del hábitat disminuirá.	

DETERMINACIÓN DE RIESGO

Factor de Estrés Climático	Probabilidad de que ocurra	Consecuencias	RIESGO
   	Casi seguro >50% de probabilidad	Moderadas	ALTO 
	Casi seguro >50% de probabilidad	Insignificantes	BAJO 
	Posible menos de 50% pero no improbable	Moderadas	ALTO 
	Casi seguro >50% de probabilidad	Graves	EXTREMO 

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Factor de Adaptación	Justificación	Valor Asignado
Ecológica		
	El hábitat tiene una conectividad considerable entre los bosques de mangle asociado a las lagunas costeras de Sinaloa, junto con todo lo que conlleva a nivel de socioecosistema (Manzano Sarabia <i>et al.</i> 2018).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	La importancia de estos bosques de mangle se refleja en la distinción de cinco sitios RAMSAR, en los cuales se privilegia la conectividad ecológica: Huizache Caimanero, Laguna Madre, Playa Ceuta, Las Glorias y Marismas Nacionales Sinaloa (RAMSAR, 2022).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	En Sinaloa se encuentran presentes cuatro especies de mangle: Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>), Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>), Mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>). Todas ellas bajo categoría de amenaza en la NOM-059 (CONABIO, 2022).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	Las lagunas costeras de Sinaloa albergan una gran biodiversidad: 300 especies de aves (Mellink <i>et al.</i> 1997); 350 especies de peces (Meza-Meneses y Arámburo-Vizcarra, 2016); 65 especies de moluscos (Baquero-Cárdenas <i>et al.</i> 2007); 125 especies de crustáceos (Hernández-Vázquez <i>et al.</i> 2009).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
Valor Promedio Potencial Ecológico		2
Social		
	A nivel estatal, 7 de 10 municipios costeros muestran vulnerabilidad alta a muy alta al CC (INEGI, 2020). A nivel costero comunitario, la protección civil se considera como reactiva no preventiva (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel estatal, el 30.5% de la población vive en condición de pobreza multidimensional, generalmente en personas que viven en la sierra (INEGI, 2020). A nivel costero comunitario, el 81% de los entrevistados en este estudio manifestaron vivir dignamente (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel estatal, solo el 4,1% de la población es analfabeta (INEGI, 2020). A nivel comunitario costero, mas del 70% de los entrevistado tienen al menos secundaria terminada (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel estatal, el 86% de la población vive en la costa (INEGI, 2020). A nivel comunitario costero, el 60% de la población está directamente relacionada con la pesca y acuacultura, con edades entre 30 y 50 años (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel comunitario costero, las decisiones de manejo de los recursos pesqueros y acuícolas son tomadas por hombres adultos. El 50% de las mujeres son invitadas a reuniones de manejo pesquero y acuícola pero no son tomadas en cuenta respecto a sus opiniones o desiciones (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel comunitario costero, las labores de las mujeres en la pesca y acuacultura son infravaloradas; no se reconoce su labor en acciones de prepesca, postpesca y comercialización (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ADAPTATIVA (CONTINUÁ)

Factor de Adaptación	Justificación	Valor Asignado
  	Ecológica	
	La pesca industrial en Sinaloa es una de las más representativas. A nivel ribereño, en orden de importancia, destaca la captura de pargo, mojarra, camarón, huachinango, lisa, robalo, curvina, botete, baqueta, bagre y sierra (Díaz-Uribe <i>et al.</i> 2013). Sin embargo, a nivel comunitario, el camarón es la principal especie que se captura. En términos de la dinámica económica y social, se asume como baja diversificación de actividades productivas (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel nacional, existe un seguimiento continuo sobre variables climáticas que condicionan al hábitat y se relacionan con el manejo pesquero y la biodiversidad. Aunque requiere precisiones regionales, existe una base técnica científica de soporte a la toma de decisiones.	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel nacional, existe un marco legal normativo vigente con reglamentos y atribuciones definidas para ejercer un aprovechamiento responsable en materia pesquera, acuícola, ambiental y social de este hábitat. Sin embargo, la aplicación de estos marcos normativos es un tema que requiere mejoras por parte de autoridades y comunidad costera (Datos propios)	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	Valor Promedio Potencial Social	2.44
	Valor Promedio Total	2.22
CAPACIDAD ADAPTATIVA		MODERADA

EVALUACIÓN FINAL DE VULNERABILIDAD EN EL HÁBITAT BOSQUE DE MANGLE EN LA COSTA DE SINALOA, CON ESTIMACIONES A LOS PROXIMOS 10 AÑOS BAJO LA PREDICCIÓN RPC 4.5

Factor de Estrés Climático	RIESGO	CAPACIDAD ADAPTATIVA	VULNERABILIDAD
 Aumento en la temperatura superficial del agua	EXTREMO 	MODERADA	ALTA 
 Aumento en la nivel medio del mar	BAJO 	MODERADA	BAJA 
 Eventos climáticos extremos	ALTO 	MODERADA	MODERADA 
 Erosión de las costas	EXTREMO 	MODERADA	ALTA 



HÁBITAT: ESTUARIO

Un estuario es un cuerpo de agua semicerrado que se encuentra en la zona de transición entre los ambientes fluviales y marinos, donde las aguas dulces provenientes de ríos y arroyos se mezclan con las aguas saladas del mar, creando un ambiente acuático de salinidad variable e influenciado por las mareas (Day *et al.* 2012; Mitsch y Gosselink, 2015).



ESPACIO TIEMPO: SINALOA EN LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS

Incluye el hábitat estuario de la costa Sinaloense (2,210.7 km² de cuerpo de agua) (Hernández-Guzmán *et al.* 2020) en un horizonte temporal de interpretación de 10 años a partir del año 2024.

Factores de Estrés Climático



Aumento en la temperatura superficial del agua



Aumento en la nivel medio del mar



Eventos climáticos extremos



Erosión de las costas

Factores de Presión Antrópica



Acuicultura



Cambio de Uso de Suelo



Aprovechamiento de recursos pesqueros



Desarrollo de Infraestructura

Factores de Adaptación

Ecológicos



Conectividad



Importancia ecológica



Especies Clave o Bandera



Biodiversidad

Sociales



Protección Civil



Bienestar



Educación



Demográficos



Gobernanza



Investigación y monitoreo



Normatividad



Equidad



Diversificación

CÁLCULO DE PROBABILIDAD

Factor de Estrés Climático	Dirección y magnitud del factor observado o proyectado al 2039	Probabilidad de que ocurra	Efecto anticipado en este hábitat
	+ 0.63°C	Casi seguro >50% de probabilidad	La temperatura se ha incrementado gradualmente desde 1970 (IPCC, 2022).
	+ 0.17 m	Casi seguro >50% de probabilidad	El nivel medio del mar se ha incrementado ligeramente desde 1860 (Páez-Osuna, 2005)
	Un evento cada 4-5 años	Posible menos de 50% pero no improbable	El desarrollo de eventos climáticos extremos es frecuente en la costa del Océano Pacífico (CCKP, 2023)
	-0.3 m/año	Casi seguro >50% de probabilidad	La costa de Sinaloa sufre un proceso intenso de erosión en 70% de su litoral (Jiménez-Illescas <i>et al.</i> 2019; Franco-Ochoa <i>et al.</i> 2020, y Sánchez-Rodríguez <i>et al.</i> 2021)

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

Factor de Presión Antrópica	¿Cómo afecta este factor de estrés antrópico al hábitat?	¿Empeorará (+), disminuirá (-) o se mantendrá (+/-) con el CC?
	Se ha determinado que la camaronicultura produce afectaciones en los bosques de mangle, ya sea por remoción o por contaminación en los cuerpos de agua y sedimentos que afectan al manglar (Soto-Jiménez y Páez-Osuna, 2010; Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021).	(+) Con el CC la presión para obtener recursos acuícolas en más espacio se incrementará
	Se ha determinado que la camaronicultura produce afectaciones en los bosques de mangle por remoción de vegetación (Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021), por construcción de represas que limitan el flujo hídrico y perturban el equilibrio y su fisiología (Soto-Jiménez y Páez-Osuna, 2010). También, el desarrollo de infraestructura para vivienda ha generado pérdida de bosque de mangle en algunas regiones de Sinaloa (Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021)	(+) Con el CC la presión para obtener recursos acuícolas y de infraestructura para vivienda en el mismo espacio, la presión sobre el mangle se incrementará.
	Las malas prácticas pesqueras provocan la disminución del reclutamiento larvario de especies y deterioro de los árboles por sobreexplotación, alterando los ecosistemas del bosque de manglar (Datos propios).	(+/-) Con el CC, la presión en los bosques de mangle para obtener volúmenes de pesca favorables y satisfactorios se incrementará.
	La presión por desarrollar infraestructura de auxilio para la pesca, la camaronicultura o la minería, pone en riesgo el bosque de mangle. Se ha mencionado el desarrollo de infraestructura para uso habitacional (Hernández-Guzmán <i>et al.</i> 2021), pero también para minería con el caso de la planta de amoníaco en el norte de Sinaloa que afectaría la fisiología de los manglares (Son Playas, 2022).	(+) Con el CC, la presión para nuevos desarrollos habitacionales, turísticos e industriales la presión sobre el mangle se incrementará.

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS (CONTINÚA)

¿Cuál es el efecto combinado entre los factores de presión antrópica y los factores de estrés climático?

				
	La temperatura elevada del agua podría condicionar las granjas camaronícolas, provocando afectaciones en la calidad del agua del humedal y los manglares.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin poner en riesgo las instalaciones acuícolas o el bosque de mangle.	Los eventos climáticos extremos, más frecuentes y severos, podrían afectar las instalaciones acuícolas y el dosel arbóreo del bosque de mangle.	La erosión intensa de la costa alteraría aún más las instalaciones acuícolas, acarreando sedimentos y nutrientes que pueden alterar la fisiología de los manglares.
	La disminución en la extensión de los bosques de mangle contribuiría a captar menos CO2 y propiciaría el incremento en la temperatura del planeta.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin arriesgar los bosques de mangle, al contrario, estos resultarían en sitios de contención para mantener suelo y vegetación.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin comprometer los bosques de mangle, al contrario, resultarían en sitios de contención de incremento de oleaje y marejadas.	La erosión de la costa se incrementaría y los bosques de mangle podrían comprometerse, en zonas específicas de descarga de granjas acuícolas y drenes agrícolas.
	La temperatura del agua no será un factor determinante para el desplazamiento de pelágicos menores y especies eurihalinas, pero sí para especies de crustáceos y moluscos mayormente sensibles a la temperatura.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, pero sin arriesgar los bosques de mangle, al contrario, resultarían en sitios de contención de incremento de oleaje creando refugios pesqueros.	Los eventos climáticos extremos se incrementarían, poniendo en riesgo la densidad de los bosques de mangle, pero al mismo tiempo, resultarían sitios de contención de incremento de oleaje y marejadas.	La erosión de la costa se incrementaría poniendo en riesgo la infraestructura portuaria y pesquera.
	La disminución en la extensión de los bosques de mangle asociada a construcción de viviendas, granjas o industria, reducirá la captación de CO2 e incrementará la temperatura del planeta.	El nivel del mar se incrementaría ligeramente, limitando el establecimiento de obras de infraestructura habitacional, acuícola o minera.	El incremento de eventos climáticos extremos pondrá en riesgo el establecimiento de obras de infraestructura habitacional, acuícola o minera, por el incremento de oleaje y marejadas.	La erosión de la costa se incrementaría, ocasionando riesgos por exposición a las obras de infraestructura habitacional, acuícola o minera.
Consecuencias:				
Graves	Insuficientes	Moderadas	Graves	
Especies o funciones principales sufrirían alteraciones drásticas, por lo que el valor del hábitat se aminorará.	El hábitat y sus principales componentes no tendrán afectaciones visibles o funcionales.	El número de especies puede descender y las funciones ecosistémicas disminuir, de manera que se considere al hábitat degradado pero presente.	Especies o funciones principales pueden sufrir alteraciones drásticas, por lo que el valor del hábitat disminuirá.	

DETERMINACIÓN DE RIESGO

Factor de Estrés Climático	Probabilidad de que ocurra	Consecuencias	RIESGO
   	Casi seguro >50% de probabilidad	Moderadas	ALTO 
	Casi seguro >50% de probabilidad	Insignificantes	BAJO 
	Posible menos de 50% pero no improbable	Moderadas	ALTO 
	Casi seguro >50% de probabilidad	Graves	EXTREMO 

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Factor de Adaptación	Justificación	Valor Asignado
Ecológica		
	El hábitat tiene una conectividad considerable entre los flujos hidrológicos de las cuencas y el océano pacífico, y a su vez, con la biodiversidad presente (CONABIO, 2022).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	La importancia de estos estuarios se refleja en su distinción como sitios RAMSAR: Huizache Caimanero, Laguna Madre, Playa Ceuta, Las Glorias y Marismas Nacionales Sinaloa; y recae la conectividad ecológica. (RAMSAR, 2022).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	Aunque no se asocian a un cuerpo de agua, cuatro especies de mangle se vinculan directamente con la dinámica de conectividad ecológica: Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>), Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>), Mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>) (CONABIO, 2022).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	Las lagunas costeras de Sinaloa albergan una gran biodiversidad: 300 especies de aves (Mellink <i>et al.</i> 1997); 350 especies de peces (Meza-Meneses y Arámburo-Vizcarra, 2016); 65 especies de moluscos (Baquero-Cárdenas <i>et al.</i> 2007); 125 especies de crustáceos (Hernández-Vázquez <i>et al.</i> 2009).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
Valor Promedio Potencial Ecológico		2
Social		
	A nivel estatal, en valores de vulnerabilidad, 7 de 10 municipios costeros muestran vulnerabilidad alta y muy alta al CC (INEGI, 2020). A nivel costero comunitario, la protección civil se considera como reactiva y no preventiva (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel estatal el 30.5% de la población vive en pobreza multidimensional, generalmente en personas que viven en la sierra (INEGI, 2020). A nivel costero comunitario, el 81% de los entrevistados en este estudio manifestaron vivir dignamente (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel estatal solo el 4,1% de la población es analfabeta (INEGI, 2020). A nivel comunitario costero, más del 70% de los entrevistado tienen concluida la secundaria (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel estatal, el 86% de la población vive en la costa (INEGI, 2020). A nivel comunitario costero, el 60% de la población directamente relacionada con la pesca y acuicultura tienen edades entre los 30 y 50 años (Datos propios).	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel comunitario costero, las decisiones sobre el manejo de los recursos pesqueros y acuícolas son acordadas por hombres adultos. El 50% de las mujeres son invitadas a reuniones sobre el manejo pesquero y acuícola pero sus opiniones no son consideradas para la toma de decisiones (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel comunitario costero, las labores de las mujeres en la pesca y acuicultura son infravaloradas; no se reconoce su labor en acciones de prepesca, postpesca y comercialización (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ADAPTATIVA (CONTINUÁ)

Factor de Adaptación	Justificación	Valor Asignado
  	Ecológica	
	En Sinaloa la pesca industrial, en su mayoría de sardina y camarón, es una de las más representativas. A nivel ribereño, destaca, en orden de importancia, la captura de pargo, mojarra, camarón, huachinango, lisa, robalo, curvina, botete, baqueta, bagre y sierra. Sin embargo, a nivel comunitario, el camarón es la principal especie en términos de dinámica económica y social lo que se asume como baja diversificación productiva (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	A nivel nacional, existe un seguimiento continuo sobre varias variables climáticas, de manejo pesquero y de biodiversidad que afectan este hábitat. Aunque requiere precisiones regionales, si existe una base técnica científica para fundamentar la toma de decisiones.	3 Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad
	A nivel nacional, existe un marco legal normativo vigente, con reglamentos y atribuciones delimitadas para ejercer un aprovechamiento responsable en materia pesquera, acuícola, ambiental y social de este hábitat. Sin embargo, la aplicación de estos marcos normativos es un tema de mejora que requiere mejorarse entre autoridades y comunidad costera (Datos propios).	2 Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta
	Valor Promedio Potencial Social	2.44
	Valor Promedio Total	2.22
CAPACIDAD ADAPTATIVA		MODERADA

EVALUACIÓN FINAL DE VULNERABILIDAD EN EL HÁBITAT ESTUARINO EN LA COSTA DE SINALOA, CON ESTIMACIONES A LOS PROXIMOS 10 AÑOS BAJO LA PREDICCIÓN RPC 4.5

Factor de Estrés Climático	RIESGO	CAPACIDAD ADAPTATIVA	VULNERABILIDAD
 Aumento en la temperatura superficial del agua	EXTREMO 	MODERADA	ALTA 
 Aumento en la nivel medio del mar	BAJO 	MODERADA	BAJA 
 Eventos climáticos extremos	ALTO 	MODERADA	MODERADA 
 Erosión de las costas	EXTREMO 	MODERADA	ALTA 

VULNERABILIDAD DE LA ZONA COSTERA DE SINALOA CON ESTIMACIONES A LOS PROXIMOS 10 AÑOS BAJO LA PREDICCIÓN RPC 4.5

Factor de Estrés Climático		PELÁGICO	BOSQUE MANGLE	ESTUARIO
	Aumento en la temperatura superficial del agua	MODERADA 	ALTA 	ALTA 
	Aumento en el nivel medio del mar	BAJA 	BAJA 	BAJA 
	Eventos climáticos extremos	MODERADA 	MODERADA 	MODERADA 
	Erosión de las costas	ALTA 	ALTA 	ALTA 

INTEGRACIÓN DEL ANALISIS

Del análisis de vulnerabilidad podemos determinar lo siguiente:

A) La erosión de las costas y el aumento de la temperatura superficial del agua se muestran cómo los factores que más aumentarían la vulnerabilidad en la costa de Sinaloa. Esto excluye al hábitat pelágico donde se muestra una vulnerabilidad moderada.

B) Los eventos climáticos extremos, en especial los huracanes e inundaciones, influyen moderadamente en la vulnerabilidad para la costa de Sinaloa en los tres hábitat evaluados. Estos eventos guardan una relación directa con la erosión de la costa, solo que en términos espaciales y temporales más prolongados. Por ello también la erosión de las costas se considera como efecto de alta vulnerabilidad.

C) El aumento en el nivel medio del mar parece no tener un gran impacto en el corto plazo para incrementar la vulnerabilidad de la costa de Sinaloa para los tres hábitat evaluados. Sin embargo, nuestra valoración a corto plazo (10 años), solo permite un plazo limitado de interpretación. Esto significa que en términos temporales más amplios, la vulnerabilidad puede incrementarse notablemente.

Estas tres aseveraciones, que resumen la vulnerabilidad en la zona costera, solo implican la valoración en indicadores de estrés climático. La Figura 11 muestra una representación esquemática de relaciones entre los tres hábitat evaluados, su vulnerabilidad y la conexión tangible con factores de presión antrópica. Se trata de mostrar que los procesos y efectos son encadenados, con una influencia mayor a la de los hábitat evaluados, haciendo interpretaciones a nivel cuenca y región geográfica.

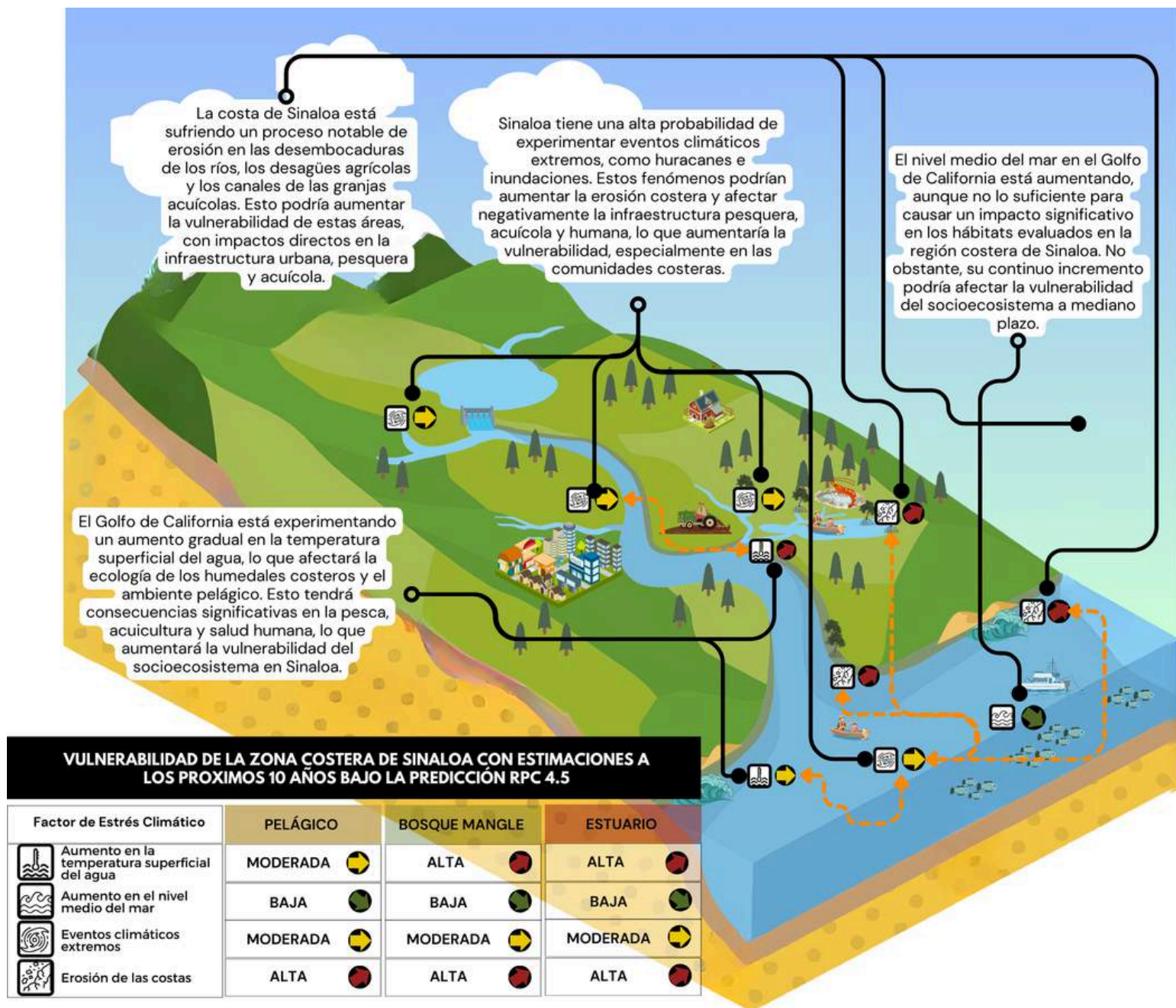


Figura 11. Representación esquemática de una cuenca hidrográfica típica de Sinaloa. Se observa una cuenca abierta, río de alimentación, represamiento del río en la parte alta de la cuenca, ciudades y asentamientos humanos en la cuenca baja, así como zonas de cultivo agrícola y granjas acuícolas de camarón.

Con estas referencias técnicas sobre vulnerabilidad en los sistemas costeros de Sinaloa, se pasa a un proceso de planeación, donde bajo un concepto integral se invitó a los asistentes a los talleres a desarrollar una estrategia integral de acción para reducir la vulnerabilidad en el estado de Sinaloa.

SUGERENCIAS DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES CON BASE EN PLANEACIÓN



SUGERENCIAS DE ACCIÓN

Las aportaciones en relación a acciones de adaptación al CC por parte de actores clave, como pescadoras y pescadores, líderes de cooperativas pesqueras estatales, funcionarios de los gobiernos estatal y federal, investigadores, estudiantes y miembros de organizaciones de la sociedad civil, fueron agrupadas en siete categorías, en función del ámbito de influencia, de tal manera que se asignaron niveles de prioridad acorde a su relevancia.

1. MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Favorecer el aporte de agua en las cuencas prioritarias, en términos de calidad, cantidad y periodicidad; para mantener la funcionalidad de los humedales críticos y contribuir con poblaciones resilientes de peces.	Esta acción es crucial para asegurar la funcionalidad de los humedales críticos, los cuales son importantes para la biodiversidad y la resiliencia de las poblaciones de peces frente al cambio climático.	Alto
Implementar programas de restauración y conservación de cuencas para mantener la disponibilidad y calidad del agua, así como, reducir la erosión de los suelos.	Esta acción es fundamental para proteger y mejorar la calidad del agua, y de reducir la erosión del suelo, aunque su nivel exacto de prioridad puede depender del contexto específico y la urgencia de la situación.	Medio
Las playas, dunas y humedales costeros son manejadas bajo esquemas de protección, conservación y aprovechamiento sustentable; y son valoradas por la población local, para mantener la dinámica costera y el servicio de protección ante eventos climáticos extremos.	La gestión adecuada de los ecosistemas costeros es importante, pero su prioridad puede ser considerada como media en comparación con otras acciones directamente relacionadas con la calidad del agua y la conservación de humedales críticos.	Medio
Gestionar la contaminación hacia cuerpos de agua por la disposición inadecuada de residuos sólidos y peligrosos, así como la contaminación por aguas sin tratamiento proveniente de las poblaciones urbanas y rurales.	La gestión de la contaminación es esencial para proteger la salud de los ecosistemas acuáticos y su calidad de agua, así como para garantizar la disponibilidad del recurso para uso de las comunidades.	Alto

1. MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS (CONTINUÍA)

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Promover prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de prácticas de conservación de suelos y la rotación de cultivos, para reducir la escorrentía de nutrientes y pesticidas hacia los cuerpos de agua.	Las prácticas agrícolas sostenibles son cruciales para reducir la contaminación de los cuerpos de agua y mejorar la calidad del recurso, contribuyendo así a la adaptación al cambio climático.	Alto

2. POLÍTICA PÚBLICA TRANSVERSAL

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Aplicar políticas que integren consideraciones ambientales en todas las decisiones gubernamentales, especialmente en áreas como la planificación urbana, la infraestructura y la gestión de recursos naturales.	Integrar consideraciones ambientales en las decisiones gubernamentales es esencial para asegurar que todas las acciones del gobierno promuevan la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático, especialmente en sectores clave como la planificación urbana y la gestión de recursos.	Alto
Focalizar por región los problemas ambientales más relevantes, que desencadenan daños irreversibles entre los sectores, para atenderse de manera prioritaria.	Identificar y abordar problemas ambientales regionales es fundamental para dirigir eficazmente los esfuerzos de adaptación al cambio climático. La prioridad exacta puede variar según la gravedad y la urgencia de los problemas identificados.	Media
Gestionar, entre los municipios del estado, Programas de Ordenamiento Ecológico y Territorial, priorizando la perspectiva de Cambio Climático.	Asegurar que todos los municipios generen programas de ordenamiento ecológico y territorial con perspectiva de cambio climático es crucial para una planificación sostenible y resiliente.	Alta
Ampliar incentivos fiscales y financieros para promover prácticas sostenibles en empresas y comunidades.	La ampliación de incentivos fiscales y financieros resulta importante para fomentar prácticas sostenibles tanto en el sector empresarial como en las comunidades. Esto puede incluir incentivos para la adopción de tecnologías limpias y prácticas ambientalmente responsables.	Alta

3. MANEJO DE PESCA Y ACUACULTURA INTEGRAL Y PARTICIPATIVO

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Las actividades pesqueras y acuícolas se realizan de manera responsable y ordenada, siguiendo las disposiciones establecidas en ordenamientos pesqueros y acuícolas, así como planes de manejo, normativas para pesca sostenible y zonificación pesquera en el contexto de cambio climático.	Es fundamental establecer un ordenamiento pesquero y acuícola que promueva prácticas responsables y sostenibles, especialmente en un contexto de cambio climático. La implementación de normativas adecuadas y una zonificación que considere los impactos del cambio climático puede contribuir significativamente a la conservación de los recursos marinos y a la adaptación de las actividades pesqueras.	Alto
Involucrar a pescadores locales en la gestión de los recursos pesqueros, a través de la creación de comités de manejo participativo. Así como, propiciar la funcionalidad de los comités existentes.	La participación activa de los pescadores locales en la gestión de los recursos pesqueros es clave para promover la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático en la pesca. Los comités de manejo participativo pueden facilitar la colaboración entre los pescadores, las autoridades y otros actores clave para desarrollar estrategias efectivas de conservación y manejo de recursos.	Media

4. RESPETO A LA NORMATIVIDAD

Acción	Justificación	Nivel de Atención
El diseño y operación de la infraestructura turística considera los posibles impactos del cambio climático y la normatividad en materia de cuidado del medio ambiente, contribuyendo a reducir la vulnerabilidad de sus usuarios y de los pobladores de la región, manteniendo la resiliencia de los ecosistemas.	Integrar consideraciones climáticas y ambientales en el diseño y operación de infraestructura turística es esencial para reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático y proteger la resiliencia de los ecosistemas costeros.	Alto

4. RESPETO A LA NORMATIVIDAD (CONTINUACIÓN)

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Comenzar la aplicación sistemática de leyes, regulaciones y sanciones ambientales relacionadas con la protección de la zona costera y los manglares.	La aplicación efectiva de leyes y regulaciones ambientales es crucial para proteger los ecosistemas costeros, especialmente en áreas costeras y manglares, vitales en la mitigación al cambio climático.	Alto
Los manglares y ecosistemas costeros deben ser considerados como espacios de seguridad nacional; respaldan la seguridad alimentaria del país y protegen al territorio de fenómenos climáticos extremos.	Reconocer la importancia estratégica de los manglares y otros ecosistemas costeros para la seguridad nacional es esencial para su conservación y gestión sostenible.	Alto
Implementar instrumentos de Ordenamiento Ecológico y Territorial para ordenar los cambios de uso de suelo.	La implementación efectiva de ordenamientos es fundamental para regular el desarrollo urbano y rural de manera que se protejan los ecosistemas y se promueva la resiliencia climática.	Alto
Actualizar el Atlas de Riesgo del estado y utilizarlo como base para el desarrollo de infraestructura.	Mantener actualizados los Atlas de Riesgo y utilizarlos en la planificación de infraestructura es esencial para minimizar la vulnerabilidad frente a los eventos climáticos extremos.	Alto
Analizar la política ambiental para identificar vacíos o fisuras que existen en las leyes y normas relacionadas al cambio climático para favorecer que las leyes se cumplan.	Identificar y corregir vacíos en las leyes ambientales es crucial para fortalecer la respuesta frente al cambio climático y asegurar el cumplimiento efectivo de las normativas.	Alto
Combatir la corrupción en temas relacionados al cambio climático.	La corrupción puede socavar los esfuerzos ambientales y de adaptación al cambio climático, combatirla es fundamental para garantizar una gestión transparente y eficaz de los recursos.	Alto

4. RESPETO A LA NORMATIVIDAD (CONTINUÍA)

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Crear una Secretaría de Medio Ambiente a nivel estatal enfocada en el manejo integral de los recursos naturales y cambio climático.	Establecer una secretaría dedicada al medio ambiente y cambio climático demuestra un compromiso institucional crucial para coordinar y fortalecer las acciones ambientales a nivel estatal.	Alto
Desarrollar mecanismos de monitoreo y evaluación para garantizar el cumplimiento de las normativas, así como detectar oportunamente cualquier infracción.	Implementar sistemas efectivos de monitoreo y evaluación es esencial para asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales y responder eficientemente a las infracciones que puedan afectar la adaptación al cambio climático.	Alto

5. EDUCACIÓN AMBIENTAL

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Implementar programas de educación ambiental en escuelas, comunidades, sectores productivos y a través de medios de comunicación, para aumentar la conciencia sobre el cambio climático y fomentar comportamientos sostenibles.	La educación ambiental es fundamental para aumentar la conciencia sobre el cambio climático y promover comportamientos sostenibles en múltiples sectores. Este tipo de programas tiene un impacto a largo plazo al empoderar a las comunidades para actuar frente al cambio climático.	Alto
Desarrollar campañas de difusión para el conocimiento y respeto de leyes y normas vinculadas al cambio climático.	Las campañas de difusión son importantes para garantizar el cumplimiento de las leyes ambientales y promover el respeto por las normativas relacionadas con el cambio climático.	Alto
Desarrollar una estrategia de comunicación y difusión para todos los públicos, enfocada en acciones de adaptación al cambio climático.	Una estrategia de comunicación efectiva es esencial para informar y movilizar a la sociedad hacia acciones concretas de adaptación al cambio climático.	Alto

5. EDUCACIÓN AMBIENTAL (CONTINUACIÓN)

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Organizar talleres y charlas informativas para capacitar a la población sobre prácticas de adaptación al cambio climático.	Los talleres y charlas informativas son herramientas clave para capacitar a la población sobre cómo adaptarse a los efectos del cambio climático. Estas acciones promueven el conocimiento práctico y la acción comunitaria.	Alto

6. PROTECCIÓN CIVIL

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Fortalecer la capacidad de respuesta y prevención ante desastres naturales mediante la implementación de sistemas de alerta temprana, capacitación de los equipos de rescate y elaboración de planes de evacuación.	Mejorar la capacidad de respuesta es esencial para proteger vidas y reducir daños. Esto incluye la generación de sistemas de alerta temprana, capacitación adecuada de los equipos de rescate y planes de evacuación efectivos, especialmente en el contexto del cambio climático y sus impactos durante eventos hidrometeorológicos extraordinarios.	Alto
Fomentar el desarrollo de fondos de ahorro comunitario para fortalecer la capacidad de respuesta ante eventos hidrometeorológicos extraordinarios.	La creación de fondos de ahorro comunitario contribuye a fortalecer la capacidad de respuesta de las comunidades frente a emergencias relacionadas con el cambio climático. Estos fondos son vitales para recuperar las condiciones básicas de seguridad e higiene en las comunidades afectadas.	Alto
Crear la Secretaría de Protección Civil para asignarle autonomía y responsabilidad en temas relacionados al Cambio Climático.	Establecer una Secretaría de Protección Civil enfocada en temas climáticos demuestra un compromiso institucional serio y esencial para coordinar la respuesta y la preparación ante los impactos del cambio climático.	Alto

6. PROTECCIÓN CIVIL (CONTINUACIÓN)

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Incorporar consideraciones de cambio climático en la planificación de la gestión de riesgos y la respuesta a emergencias.	Es crucial integrar consideraciones de cambio climático en la gestión de riesgos y la respuesta a emergencias para adaptarse efectivamente a los impactos climáticos. Esto implica evaluar y anticipar los riesgos climáticos en la planificación y ejecución de medidas de gestión y respuesta.	Alto

7. INVESTIGACIÓN Y MONITOREO

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Apoyar la investigación científica sobre el cambio climático y sus impactos específicos en la costa de Sinaloa, incluyendo estudios sobre la elevación del nivel del mar, la acidificación oceánica y la biodiversidad marina.	La investigación científica es fundamental para comprender los impactos del cambio climático en la costa de Sinaloa. Estudios detallados sobre la elevación del nivel del mar, la acidificación oceánica y la biodiversidad marina permitirán identificar amenazas y desarrollar estrategias efectivas de adaptación.	Alto
Examinar cómo el cambio climático afecta de manera desproporcionada a los grupos sociales de la comunidad, incluyendo comunidades indígenas, pescadores artesanales y poblaciones vulnerables.	Es necesario comprender cómo el cambio climático afecta de manera desigual a diferentes grupos sociales para diseñar medidas de adaptación inclusivas y equitativas que protejan a los más vulnerables.	Alto
Implementar convenios de colaboración con instituciones de investigación científica sobre el cambio climático y sus impactos específicos en la costa de Sinaloa.	La colaboración con instituciones de investigación científica es esencial para fortalecer la capacidad de estudio y comprensión del cambio climático en la región costera de Sinaloa.	Alto
Crear un centro regional de investigación científica enfocado al estudio del cambio climático en Sinaloa.	Esto fortalecerá la capacidad investigativa y permitirá el desarrollo de soluciones adaptativas específicas para la región.	Alto

7. INVESTIGACIÓN Y MONITOREO (CONTINUACIÓN)

Acción	Justificación	Nivel de Atención
Crear una plataforma web de gestión y acceso ciudadano a la información científica sobre el cambio climático en el estado de Sinaloa.	La creación de un portal web centralizado facilitará el acceso público a información científica sobre el cambio climático en Sinaloa, promoviendo la conciencia y la toma de decisiones informadas.	Alto
Socializar la información técnica y científica que se genera sobre cambio climático en el estado de Sinaloa, al nivel de las comunidades, sector productivo e instituciones de gobierno.	La difusión de información técnica y científica es esencial para promover la conciencia y la acción sobre el cambio climático a todos los niveles de la sociedad y el gobierno.	Alto
Establecer redes de monitoreo para recopilar datos clave a largo plazo sobre variables socioambientales y de biodiversidad, como la temperatura del agua, la salinidad y la calidad del aire.	La creación de redes de monitoreo de largo plazo es esencial para recopilar datos fundamentales sobre variables ambientales, con miras a mejorar la comprensión en los cambios relacionados con el cambio climático en la región costera de Sinaloa.	Alto
Involucrar a las personas de las comunidades costeras en la generación de información sobre cambio climático, creando proyectos de ciencia ciudadana, favoreciendo el aprendizaje colaborativo sobre lo que está pasando y generar así mayor conciencia en el tema. Así como, mejorar la relación con los científicos y técnicos para diseñar o mejorar estrategias de adaptación al cambio climático.	La participación activa de las comunidades costeras en la generación de información sobre el cambio climático mediante proyectos de ciencia ciudadana promueve la conciencia, el aprendizaje colaborativo y la co-creación de soluciones adaptativas.	Alto

CONCLUSIONES

Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIÓN

La planificación e implementación de medidas de adaptación al cambio climático en la zona costera del Estado de Sinaloa no ha logrado avances significativos. A pesar de contar con un marco legal sólido a nivel estatal, con responsabilidades e instrumentos claros para desarrollar, ejecutar y evaluar la política estatal en materia de cambio climático bajo mecanismos de gobernanza, persisten importantes brechas de adaptación. Estas brechas seguirán aumentando al ritmo actual de implementación, lo que es más preocupante ya que se han alcanzado límites seguros para la adaptación en los ecosistemas costeros estudiados. Esto afecta directamente la calidad de vida de 8 de cada 10 sinaloenses que viven en la zona costera y dependen de la salud de estos ecosistemas, reduciendo significativamente su capacidad de proveer servicios ecosistémicos.

En este contexto, se observan malas prácticas de adaptación en sectores clave como la pesca, la acuicultura y el turismo, que están llevando a la sobreexplotación y deterioro de los recursos naturales. La agricultura intensiva y la minería en las cuencas de la zona costera también tienen un impacto significativo en la calidad de los ecosistemas costeros, generando contaminación del agua y del suelo. Además, los flujos financieros actuales para la adaptación son insuficientes y limitan la implementación de acciones efectivas de adaptación al cambio climático, especialmente a nivel municipal.

Si no se toman medidas urgentes, los sinaloenses serán cada vez más vulnerables al cambio climático, lo que afectará directamente su bienestar y su futuro.



Erosión en un campo de golf
cercano a la playa
Archivo Canva



Por otra parte, es importante señalar que la herramienta usada para la evaluación rápida de la vulnerabilidad al cambio climático, es una metodología útil para identificar y priorizar rápidamente los factores de vulnerabilidad climática. Sin embargo, presenta limitaciones importantes, ya que al ser un elemento de decisión rápido, podría generar sobrestimaciones sobre el impacto de los fenómenos climáticos y no considerar en una justa dimensión la interacción con factores de presión antrópica existentes, como la falta de manejo costero integrado y las prácticas pesqueras insostenibles.

Por ello, es importante recalcar que esta representan una herramienta valiosa como un proceso inicial de trabajo en el largo plazo. Es crucial complementarla con un análisis profundo de las presiones antrópicas actuales y fortalecer las capacidades de adaptación y resiliencia frente a múltiples factores de estrés, más allá de los impactos climáticos. Al final, las recomendaciones de acción se sustentan en un marco capacidad adaptativa, donde su principal virtud, es la de modificar para adaptarse y mejorar.



RECOMENDACIONES DE LOS CONSULTORES

Con base en los resultados de vulnerabilidad para el estado de Sinaloa, con las sugerencias de acción planteadas por lo expertos en CC en el estado y diversos actores interesados en el tema, el equipo de consultores sugiere que paralelamente se desarrollen estrategias internas dentro del equipo de EDF para apuntalar los siguientes elementos:

Fortalecimiento del marco legal y la gobernanza

- Abogar por la implementación efectiva de la legislación existente sobre CC en Sinaloa, comenzando por crear y operar el Sistema Estatal de Cambio Climático, con miras a elaborar, ejecutar y evaluar la política estatal en materia de cambio climático bajo mecanismos de gobernanza, como lo establece la Ley Estatal de Cambio Climático (LECC).
- Instar al titular del Ejecutivo estatal, la Secretaría de Bienestar y Desarrollo Sustentable del Estado de Sinaloa, y a los ayuntamientos, para liderar y asumir su responsabilidad en las acciones relacionadas con el CC como lo establece la LECC.
- Fortalecer la capacidad de las instituciones gubernamentales locales para integrar la adaptación al cambio climático en sus políticas, planes de desarrollo y regulaciones, asegurando la participación activa de las comunidades afectadas.
- Facilitar el acceso a financiamiento y recursos para proyectos de adaptación al cambio climático en las comunidades costeras, incluyendo fondos internacionales y programas de cooperación técnica.

Capacitación y sensibilización

- Implementar programas de formación dirigidos a funcionarios públicos, académicos y la sociedad civil para elevar la comprensión y conciencia sobre el cambio climático y sus efectos en la costa de Sinaloa.

- Fomentar la participación de las mujeres en la toma de decisiones y reconocer su papel fundamental en la pesca y acuicultura, a través de campañas de sensibilización y valoración de sus contribuciones. Es importante ajustar las políticas públicas, como los programas de subsidios, para tener en cuenta esta realidad y validar su importancia en esta actividad.
- Dar valor y reconocimiento a la cadena de valor pesquero buscando la igualdad de género en las mujeres de la pesca y sus labores inherentes a esta actividad.
- Promover políticas que reconozcan y valoren el trabajo de las mujeres en la pesca para garantizar su participación efectiva en la toma de decisiones de manejo pesquero, consultas públicas comunitarias.
- Crear estrategias de adaptación al cambio climático que visibilicen y tomen en cuenta las necesidades de la mujer, considerando su realidad de trabajo dual en el hogar y la comunidad.
- Estimular la colaboración y el intercambio de experiencias entre los municipios costeros de Sinaloa y otras zonas afectadas por el cambio climático. Esta iniciativa busca aprender de las mejores prácticas y lecciones aprendidas en materia de adaptación y resiliencia.

Gestión de recursos naturales

- Sugerir en el marco de sus atribuciones y responsabilidades las regulaciones y procedimientos para la autorización y supervisión de granjas acuícolas, garantizando que se gestionen adecuadamente los impactos ambientales y se protejan los ecosistemas costeros, más aún aquellos donde se involucren acciones de Pesca Sostenible.
- Impulsar medidas de conservación y restauración de ecosistemas marinos, como manglares, dunas y arrecifes, para aumentar la resiliencia de las comunidades costeras frente al cambio climático.
- Fomentar la diversificación económica en las comunidades costeras, promoviendo actividades alternativas y sostenibles que reduzcan la dependencia exclusiva de la pesca y la acuicultura.

Comunicación y educación

- Facilitar la capacitación y el intercambio de conocimientos entre pescadores, acuicultores y científicos para aumentar la comprensión de los impactos del cambio climático en sus actividades y promover prácticas de adaptación y mitigación.
- Diseñar campañas de comunicación educativa con perfil constructivista sobre el cambio climático, dirigidas a la población en general, utilizando un lenguaje claro y accesible para aumentar la conciencia y fomentar acciones individuales y colectivas para la adaptación y mitigación.

Fomento de la adaptación y la resiliencia

- Desarrollar un plan de acción integral para la adaptación al cambio climático en la zona costera. Este plan debe involucrar a los sectores clave, como la pesca, la acuicultura, el turismo, la agricultura y la minería, y establecer metas y objetivos claros para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas costeros y la población local. El plan debe incluir estrategias para promover prácticas sostenibles, restaurar ecosistemas dañados y proteger la biodiversidad.
- Realizar evaluaciones de vulnerabilidad específicas para cada municipio costero, identificando los riesgos climáticos más relevantes y desarrollando estrategias de adaptación a nivel local.
- Desarrollar e implementar planes de acción climática a nivel local, con la participación activa de las comunidades costeras, para identificar y abordar los riesgos climáticos específicos y promover la adaptación y resiliencia.
- Establecer sistemas de alerta temprana y planes de gestión de riesgos para eventos climáticos extremos, involucrando a las autoridades locales, organizaciones comunitarias y el sector privado.
- Promover prácticas de pesca y acuicultura sostenibles, que reduzcan la presión sobre los recursos marinos y aumenten la capacidad de las comunidades para enfrentar los impactos del cambio climático.

LITERATURA CITADA



- Albright, R., Takeshita, Y., Koweek, D., Ninokawa, A., Wolfe, K., Rivlin, T., Nebuchina, Y., Young, J. & Caldeira, K. 2016. Carbon dioxide addition to coral reef waters impairs net community calcification. *Nature*, 555(7697), 516-519.
- Allison, E. H., Perry, A., Badjeck, M., Adger, W.N., Brown, K., Conway, D., Halls, A., Pilling, G., Reynolds, J., Andrew, N. & Dulvy, N. 2009. Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and fisheries*, 10(2), 173-196.
- Anneboina, L. R. & Kumar, K. S. K. 2017. Economic analysis of mangrove and marine fishery linkages in India. *Ecosystem Services*, 24, 114-123.
- Arreguín-Sánchez, F. 2006. Pesquerías de México. En: Guzmán-Amaya P., Fuentes-Castellanos, D. (eds) Pesca, acuicultura e investigación en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Cámara de Diputados LIX Legislatura/Congreso de la Unión, México.
- Arzápalo-Quijano, R. et al. 2019. Eficiencia de la pesquería ribereña en Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 54(2), 123-134.
- Banco Mundial. 2019. Infraestructura resiliente. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/disasterriskmanagement/brief/infrastructure-resilience>
- Barraza-Guardado, R. et al. 2013. Effluents of Shrimp Farms and Its Influence on the Coastal Ecosystems of Bahía de Kino, Mexico. *Scientific World Journal* (2) 306370.
- Cavazos, T. et al. 2020. Actualizaciones proyecciones del impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua superficial y subterránea para actividades humanas en Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.
- CCA. 2017. Herramienta para la evaluación rápida de la vulnerabilidad en áreas marinas protegidas de América del Norte, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá. 32 pp.
- Clements J. et al. 2022. Meta-analysis reveals an extreme “decline effect” in the impacts of ocean acidification on fish behavior. *PLOS Biology* 20(2): e3001511. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001511>
- Climate Change Knowledge Portal (CCKP). 2024. Disponible en: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>.
- CONABIO, IB-UNAM, CONANP-SEMARNAT, PNUD, INECC. Explorador de cambio climático y biodiversidad, versión 1.0. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/explorador_cambio-climatico (consultada el “indicar fecha”).
- CONAPESCA. 2021. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
- Contreras-Espinosa, F. & Warner, B. G. 2004. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiologia*, 511(1), 233-245.
- Convención Ramsar. 2022. Lista de Humedales de Importancia Internacional de México. Disponible en: [https://rsis.ramsar.org/ris-search/?f\[0\]=regionCountry_en_ss%3AMexico&pagetab=1](https://rsis.ramsar.org/ris-search/?f[0]=regionCountry_en_ss%3AMexico&pagetab=1)
- Convención Ramsar. 2022. Manglares: ricos ecosistemas costeros.
- Dayton, P. K. et al 2019. Marine protected areas: Reanalyzing an experiment. *Marine Coastal Conservation*, 131-164.
- Dingler, J.R. y Reiss, T.E. 1990. Cold-front driven storm erosion and overwash in the central part of the Isles Dernieres, a Louisiana barrier-island arc. *Marine Geol* (91) 195–206.
- Escobedo-Uriás et al, 2009. Impacto de los efluentes acuícolas sobre la calidad ambiental de una laguna costera del norte de sinaloa. Informe Técnico Final de Proyecto de Investigación. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa.
- Espinoza-Tenorio, T. et al. 2011. Estructura poblacional de mangles e influencia de gradientes ambientales en la laguna costera de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46(2), 197-209.
- FAO. 2018. Impactos del cambio climático en la acuicultura. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i9705es/i9705es.pdf>
- FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020.
- FAO. 2021. Abandoned, lost or otherwise discarded gillnets and trammel nets.
- FAO .2022. Glosario de términos pesqueros. Disponible en: <https://www.fao.org/faoterm/es/?defaultCollId=21>₁₀

FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción.

Fishery Progress. 2022. Mexico Sinaloa artisanal blue shrimp. Disponible en: <https://es.fisheryprogress.org/printpdf/7091>

Flores-Verdugo, F. et al. 2019. Impacto de la acuicultura en ecosistemas costeros: el caso de la Laguna de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. *Hidrobiológica*, 29(2), 1-19.

Flores-Verdugo, F. et al. 2007. Community structure of the root-fouling ectofauna in offshore marine mangrove roots: Role of the sulphide concentration. *Acta Oecologica*, 31(1), 36-46.

Fuentes-Yaco, C. et al. 2016. Patógenos de importancia en la acuicultura del camarón blanco del Pacífico: una revisión. *Revista Bio Ciencias*, 3(4), 250-258.

Fuentes-Yaco, et al. 2016) Patógenos de importancia en la acuicultura del camarón blanco del Pacífico: una revisión. *Bio Ciencias*, 3(4), 250-258.

García-Cubas, A. y Reguero, M. 2007. Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de California, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Gaxiola-Castro, G. et al. 2008. Spatial variability of the photosynthetic parameters of the phytoplankton in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 34(2), 169-183.

GIZ. 2014. The Vulnerability Sourcebook. Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. 180p.

Góngora-Gómez A. et al. 2012. Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16(2): 91-104.

Goulletquer, P. et al. 1998. Summer mortality of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the bay of Marennes-Oléron France. *Cons. Int. Explor. Mer*, CM 1998/VV14: 20 pp.

Hammil, A. et al. 2013. Climate Risk Management Technical Assistance Support Project. International Institute for Sustainable Development. Disponible en: <https://www.iisd.org/projects/climate-risk-management-technical-assistance-support-project>.

Hernández-Almeida, O. et al. 2019. Composición y abundancia del zooplancton en una laguna costera del Golfo de California durante un ciclo anual. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 54(2), 141-154.

INAPESCA. 2022. Pesca ilegal, no declarada y no reglamentada en México.

INECC. 2015. Proyecciones de cambio climático para México y el noreste de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México.

INECC. 2018. Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Disponible en: <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/introduccion.php>

INEGI. 2015. Anuario Estadístico y Geográfico de Sinaloa 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. ISBN 978-607-739-699-4. 438p.

INEGI. 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

IPCC. 2007. Summary for Policymakers. En: M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 7–22). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

IPCC. 2021. *Cambio Climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del IPCC*. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

IPCC. 2001. *Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/>

- IPCC. 2007. Summary for Policymakers. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.) (pp. 7–22). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. 2021. Cambio Climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del IPCC. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Jackson J. et al. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293: 629–638.
- Jiménez-Illescas, Á. et al. 2019. Integral Management of the Coastal Zone to Solve the Problems of Erosion in Las Glorias Beach, Guasave, Sinaloa, Mexico. In *Coastal Management*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 141–163.
- Kasper-Zubillaga, et al. 2007. Textural characterization of beach sands from the Gulf of California, Mexico: Implications for coastal processes and relief. *Ciencias Mar*, 33, 83–94.
- Kitchenham, B. 2004. Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26.
- Kroeker KJ, Kordas et al. 2010. Meta-analysis reveals negative yet variable effects of ocean acidification on marine organisms. *Ecol Lett*. 2010;13:1419–34.
- Lankford, B. et al. 2020. Water security: Principles, perspectives and practices. Routledge.
- Le Cozannet, G. et al. 2014. Approaches to evaluate the recent impacts of sea-level rise on shoreline changes. *Earth-Sci*, 138, 47–60.
- Leyva-Aguilera, C. 2020. Water quality assessment of a coastal lagoon in the Gulf of California using physicochemical parameters and the presence of fecal coliforms. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(5), 1-13.
- López-Martínez, S., Hernández-Vázquez, C., Rábago-Quiroz, E., Herrera Valdivia, R. & Morales- Azpeitia. 2007. Efectos Ecológicos de la pesca de arrastre de camarón en el Golfo de California. Estado del arte del desarrollo tecnológico de las artes de pesca.
- Lluch-Belda, D. et al. 2003. Gulf of California Large Marine Ecosystem. *Environmental Science*.
- Manzano-Sarabia, M. et al. 2018. Current Status of Mangrove Wetlands in Sinaloa: A Biological Corridor Along the Eastern Margin of the Gulf of California, México. DOI 10.1007/978-3-319-73016-5_4.
- Martínez-Córdova, L. 2015. Camaronicultura y medio ambiente: el caso de la Bahía de Ohuira, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(2), 279-291.
- Mee, L. D. 2005. Reviving dead zones. *Scientific American*, 293(5), 78-85.
- Mellink, E., et al. 2017. Waterbird conservation across marine waters and wetlands of northwestern Mexico. *Journal of Coastal Conservation*, 21(6), 927-938.
- Mendoza, E. et al. 2006. Storm-Induced Erosion Potential on the Catalanian Coast. *J. Coast. Res*, 81–88.
- Montero-Martínez, M. et al. 2018. Escenarios de cambio climático para el estado de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 1067-1080.
- Montes-Hugo M. et al. 2007. Impact of two decades of shellfish farming on phytoplankton biomass, abundance and productivity of a coastal lagoon influenced by upwelling. *Hidrobiológica* (17). 2007.
- Moss et al. 2014 Next Generation of Climate & Process-based Risk Assessment.
- Newing, H. 2011. Conducting research in conservation: social science methods and practice. New York, Routledge.
- Nicholls, R. et al. 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science* 328, 1517–1520.
- OEM, 2023. La producción de camarón en Sinaloa se reduce un 90%: pescadores entran en crisis. Organización Editorial Mexicana.
- OIM. 2022. Migración y cambio climático. Organización Internacional para las Migraciones. Disponible en: <https://www.iom.int/es/migracion-y-cambio-climatico>

OMS. 2021. Cambio climático y salud. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cambio-clim%C3%A1tico-y-salud>

ONU. 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=S

UNESCO. 2020. Infraestructura verde y sostenible. Disponible en: <https://es.unesco.org/themes/construir-sostenibilidad>

Ortega-Lizárraga G. 2012. Evaluación de la pesquería de la jaiba azul *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) de la bahía de Santa María la Reforma. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, 50 pp.

Páez-Osuna F. 2005. Retos y perspectivas de la camaronicultura en la zona costera. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 1, 21-31.

Páez-Osuna, F. 2013. Nearshore and coastal ecosystems of the Mexican Pacific continental shelf: current status and threats. *Ocean & Coastal Management*, 73, 73-90.

Páez-Osuna, F. et al. 2003. Nutrients, phytoplankton, and harmful algal blooms in shrimp culture regions of the Gulf of California. *Revista de Biología Tropical*, 51(2), 251-264.

Páez-Osuna, F. et al. 2017. *Environmental status of the Gulf of California*. Springer.

Páez-Osuna, F. et al. 2003. Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Marine Pollution Bulletin*, 46(7), 806-815.

PIK .2022. *Climate Risk & Vulnerability Assessment*.

Pitcher, T. J. y Chuenpagdee, R. 1994. Bycatch in fisheries and discards in the 21st century: a greater success story?

Portilla-Torres, G. et al. 2015. Seasonal variation of physicochemical parameters and trace metals in a coastal lagoon of the Gulf of California. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 68(4), 661-672.

Ramírez-Félix, E. et al. 2012. La Pesca de Almeja *Panopea* en el Noroeste de México. *Ciencia Pesquera* 20(2): 57-66.

Reguero, B. et al. 2019. A recent increase in global wave power as a consequence of oceanic warming. *Nat. Commun*, 10, 1–14.

Rodríguez-Quiroz, G. et al. 2016. Relación del crecimiento, condición y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* y las variables ambientales, cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Mar. oceanogr.* vol. 51 no.3.

Rosete, F. et al. 2018. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático: Litoral del Pacífico. *Ciencia y Mar*, 22(66), 3-22.

Ruíz-Luna y Berlanga-Robles. 2003. Land use, land cover changes and coastal lagoon surface reduction associated with urban growth in northwest Mexico. *Landscape Ecology*, 18: 159–171.

Ruíz-Ramírez, J. et al. 2015. Ictiofauna de las lagunas costeras de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(1), 135-151.

Sánchez-Rodríguez, M. et al. 2021. Estimación de la erosión costera en el noroeste de México a nivel regional y municipal desde un enfoque cualitativo. En: *Vulnerabilidad Costera en el Noroeste de México. Un Enfoque Multidisciplinario*.

Secretaría de Salud. 2020. Panorama Epidemiológico de Sinaloa 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/panorama-epidemiologico-de-sinaloa-2020>

SEMARNAT. 2020. Ballenas en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/ballenas-en-mexico>

SEMARNAT. 2022. México y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/mexico-y-la-comision-centroamericana-de-ambiente-y-desarrollo-ccad>

SESNSP. 2021. Incidencia Delictiva del Fuero Común 2020. Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. Disponible en: <https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/incidencia-delictiva-del-fuero-comun-nueva-metodologia>

Signoret-Poillon, M., y Aldana-Aranda, D. 2018. Distribución espacial y variación temporal del zooplancton en la laguna costera de Topolobampo, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53(1), 31-46.

Swart et al. 2012. Climate Proofing ADB Investment in the Transport Sector.

Thrush, S. F. y Dayton, P. K. 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 449-473.

Torres-Moye, G. y Álvarez-Borrego, S. 2018. Golfo de California. WWF.

UAS, 2022. Capturas de camarón iniciarán en medio de la incertidumbre. Portal de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

UNFCCC. 2022. Status of Ratification of the Convention. Disponible en: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/status-of-ratification/status-of-ratification-of-the-convention>

Valdez-Holguín, J. et al. 2015. Respuesta del zooplancton a la eutrofización en una laguna costera tropical. *Hidrobiológica*, 25(2), 201-213.

WBG. 2024. Climate Change Knowledge Portal. The World Bank Group. Disponible en <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>

ANEXOS



ANEXO 1. MATRICES DE VALORACIÓN

PROBABILIDAD
Rara: Probabilidad muy baja, casi 0%
Improbable: Probabilidad baja, sin llegar a 0%
Posible: No improbable, menos de 50%
Probable: 50/50 de probabilidad
Casi seguro: >50% de probabilidad

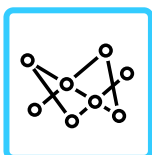
CONSECUENCIAS
Catastróficas: El hábitat dejará de existir o su función sufrirá alteraciones permanentes.
Graves: Especies o funciones principales pueden sufrir alteraciones drásticas, por lo que el valor del hábitat quedará mermado.
Moderadas: El número de especies puede descender y las funciones ecosistémicas disminuir, de manera que se considere al hábitat degradado, pero aún presente.
Menores: El hábitat seguirá funcionando, pero actividades como la recuperación se verán afectadas.
Insignificantes: El hábitat y sus principales componentes no tendrán afectaciones visibles o funcionales.

RIESGO = CONSECUENCIAS X PROBABILIDAD						
PROBABILIDAD	CONSECUENCIAS					
		Insignificantes	Menores	Moderadas	Graves	Catastróficas
	Rara	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	Improbable	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
	Posible	Bajo	Moderado	Moderado	Alto	Alto
	Probable	Bajo	Moderado	Alto	Alto	Extremo

REFERENCIAS DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Ecológica

Conectividad



Los hábitats que a la fecha ocupan una amplia extensión geográfica y tienen alta integridad y continuidad probablemente tengan mayor capacidad adaptativa, y quizá mayor resistencia tanto al estrés climático, como a los factores de presión ajenos al cambio climático, de manera que persistan en el futuro. En cambio, los hábitats actualmente degradados, aislados, con extensión limitada o en declive debido a elementos de estrés asociados y ajenos al cambio climático probablemente tengan menor capacidad adaptativa y menor probabilidad de persistir en el futuro.

Importancia ecológica



Los hábitats con valores socioecológicos elevados probablemente tengan mayor capacidad adaptativa, ya que puede haber más interés de las personas en proteger y mantener dichos hábitats, por los servicios ecosistémicos que proveen. Asimismo, los hábitats pueden clasificarse con alto valor ecológico por la heterogeneidad y variabilidad en su composición. Y, como resultado de dicho valor, asignarle mayor prioridad de conservación, lo que a su vez se traduciría en una mayor capacidad adaptativa.

Especies clave o bandera



Un hábitat puede incluir poblaciones de especies importantes, ya sea protegidas, en peligro de extinción o en situación ecológica crítica. La capacidad adaptativa de estas especies debe estimarse en función de la evaluación de su condición. Los hábitats con especies clave asociadas a mejores condiciones, tienen mayor capacidad adaptativa.

Biodiversidad



El nivel de diversidad de las especies y los grupos funcionales de un hábitat puede afectar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático. Por ejemplo, es probable que los hábitats con múltiples especies por grupo funcional, tengan mayor capacidad adaptativa porque su respuesta a los cambios en el clima varía. Es decir, la biodiversidad, en términos de variedad y cantidad de especies y grupos funcionales componentes, incrementa el potencial de la capacidad adaptativa de un hábitat, dado el lugar determinado.

REFERENCIAS DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Social

Protección Civil 	Se refiere a las acciones previas de protección personal y del patrimonio, durante y después de un evento climático inusual (huracanes, inundaciones, sequías, etc.) asociado al cambio climático. Una ciudad, comunidad o familia que realiza menos acciones de protección inducida o propias se considera más vulnerable ante el cambio climático.
Bienestar 	Indicadores asociados al acceso a vivienda digna y relacionados con la percepción sobre satisfactores de vida. De tal forma que, una persona que percibe o tiene menos satisfactores personales podría relacionarse con un índice elevado de pobreza y ser más vulnerable ante el cambio climático.
Educación 	Se refiere a indicadores estatales de alfabetización, así como a indicadores comunitarios de nivel de escolarización y acceso a servicios educativos en las comunidades. Una persona no alfabetizada y con limitado acceso a servicios educativos es más vulnerable al cambio climático.
Demográficos 	Constituyen indicadores geográficos; de tal forma que, los municipios costeros son más vulnerables por su embate directo y de primera mano a los efectos producidos por el cambio climático.
Gobernanza 	Se refiere a indicadores de toma de decisiones y acuerdos entorno al manejo pesquero y acuícola de forma participativa por diversos actores. Incluye indicadores de participación de mujeres y jóvenes en la toma de acuerdos sobre el manejo pesquero y acuícola. Una comunidad que muestra valores adecuados de buena gobernanza será más susceptible a tomar acciones para mitigar los efectos del cambio climático.
Equidad 	Se refiere a indicadores que reconozcan y valoren el trabajo de las mujeres en la comunidad pesquera. Tanto en labores previas a la pesca, como en labores posteriores a la pesca. Una comunidad donde se reconoce el valor del trabajo de la mujer es más receptiva a adoptar estrategias de mitigación al cambio climático.

REFERENCIAS DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Social (continúa)

Diversificación 	Se refiere a indicadores que muestren, en términos económicos y de dinámica comunitaria, los principales recursos pesqueros o acuícolas de los que la familia y la comunidad echa mano para mantener su forma de vida en la comunidad costera. Una familia o comunidad que se muestre más abierta al aprovechamiento de otros recursos será menos vulnerable a los impactos del cambio climático.
Investigación y monitoreo 	Se refiere a indicadores que permitan a la población en general visualizar el estado de sus recursos acuícolas. Incluye monitoreo comunitario, asesorías formales y no formales de actores clave, intercambio de experiencias y diversos elementos para conocer el estado y manejo de los recursos pesqueros. Una comunidad pesquera más informada será menos vulnerable ante los efectos del cambio climático.
Normatividad 	Se refiere a la cantidad de leyes, normas, reglamentos, ordenamientos, etc. que se emiten para regular el aprovechamiento pesquero, acuícola, de biodiversidad, de calidad del agua. Incluye actos de autoridad para que las normas prevalezcan. Un territorio donde se respeta la ley será menos vulnerable ante los efectos del cambio climático.

CAPACIDAD ADAPTATIVA

Estado de condición del factor	Valor en puntos
Superior: Este factor ejemplifica una condición ideal.	5
Buena: La condición o situación en que este factor se encuentra es mejor que satisfactoria, pero podría mejorarse.	4
Regular: Este factor guarda una condición satisfactoria, pero podría mejorarse con facilidad.	3
Mala: Este factor no es satisfactorio, pero aporta una función modesta.	2
Crítica: Este factor no es funcional o ya no existe.	1

VULNERABILIDAD = RIESGO X CAPACIDAD ADAPTATIVA					
RIESGO	CAPACIDAD ADAPTATIVA				
		BAJA	MODERADA	ALTA	
	BAJO	Bajo 	Bajo 	Bajo 	
	MODERADO	Medio 	Medio 	Bajo 	
	ALTO	Alto 	Medio 	Medio 	
	EXTREMO	Alto 	Alto 	Medio 	
ACOTACIONES					

Si el Riesgo (Probabilidad x Consecuencias) es:

- **Alto**, significa que el elemento en cuestión repercute en el aumento de la vulnerabilidad y se tiene la oportunidad de reducirlo mediante estrategias de adaptación al cambio climático.
- **Bajas**, es posible que el elemento en cuestión no repercuta en el incremento de la vulnerabilidad y que no haya oportunidad de reducirlo (sobre todo la probabilidad) mediante estrategias de adaptación.
- **Moderadas**, es posible que el elemento en cuestión repercuta en la vulnerabilidad, en especial si puede interactuar con otro factor y podría darse la oportunidad de reducirlo mediante estrategias de adaptación al cambio climático.

Si la Capacidad Adaptativa es:

- **Alto**, es posible que no tenga relación con el incremento de la vulnerabilidad, y en ese caso podría no haber oportunidades de aumentarla como estrategia de adaptación.
- **Bajas**, repercute en el incremento de la vulnerabilidad, en cuyo caso su aumento (de la capacidad adaptativa) es una oportunidad al formular estrategias de adaptación;
- **Moderadas**, podría estar relacionada con la vulnerabilidad, en cuyo caso el incremento de la capacidad adaptativa podría ofrecer una oportunidad en la formulación de estrategias de adaptación.

VULNERABILIDAD = RIESGO X CAPACIDAD ADAPTATIVA					
RIESGO	CAPACIDAD ADAPTATIVA				
		BAJA	MODERADA	ALTA	
	BAJO	Bajo 	Bajo 	Bajo 	
	MODERADO	Medio 	Medio 	Bajo 	
	ALTO	Alto 	Medio 	Medio 	
	EXTREMO	Alto 	Alto 	Medio 	
ACOTACIONES					

Si el Riesgo (Probabilidad x Consecuencias) es:

- **Alto**, significa que el elemento en cuestión repercute en el aumento de la vulnerabilidad y se tiene la oportunidad de reducirlo mediante estrategias de adaptación al cambio climático.
- **Bajas**, es posible que el elemento en cuestión no repercuta en el incremento de la vulnerabilidad y que no haya oportunidad de reducirlo (sobre todo la probabilidad) mediante estrategias de adaptación.
- **Moderadas**, es posible que el elemento en cuestión repercuta en la vulnerabilidad, en especial si puede interactuar con otro factor y podría darse la oportunidad de reducirlo mediante estrategias de adaptación al cambio climático.

Si la Capacidad Adaptativa es:

- **Alto**, es posible que no tenga relación con el incremento de la vulnerabilidad, y en ese caso podría no haber oportunidades de aumentarla como estrategia de adaptación.
- **Bajas**, repercute en el incremento de la vulnerabilidad, en cuyo caso su aumento (de la capacidad adaptativa) es una oportunidad al formular estrategias de adaptación;
- **Moderadas**, podría estar relacionada con la vulnerabilidad, en cuyo caso el incremento de la capacidad adaptativa podría ofrecer una oportunidad en la formulación de estrategias de adaptación.



Environmental
Defense
Fund