



INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA



**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN SOBRE  
CAMBIO CLIMÁTICO, UNAM**

**PROYECTO:**

**“VULNERABILIDAD DE LAS ZONAS COSTERAS DEL  
PACÍFICO MEXICANO (SINALOA- NAYARIT) ANTE EL  
CAMBIO CLIMÁTICO”**

**INFORME FINAL**

**RESPONSABLE: DR. ALFONSO VÁZQUEZ BOTELLO**

**SEPTIEMBRE, 2011**

## **PARTICIPANTES:**

### **Responsable:**

Dr. Alfonso V. Botello

[pomito69@gmail.com](mailto:pomito69@gmail.com)

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología  
UNAM

### **Vulnerabilidad de la zona costera: ecosistemas costeros**

Villanueva F.S. y Alejandro Bustamante

[suvilla11@gmail.com](mailto:suvilla11@gmail.com)

[mvpbustamante@yahoo.com.mx](mailto:mvpbustamante@yahoo.com.mx)

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología  
UNAM

### **Vulnerabilidad de zonas costeras de Sinaloa y Nayarit ante el incremento del nivel del mar**

José Adrián Carbajal Domínguez

División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 1.5 km carr. Cunduacán-Jalpa, Cunduacán, Tabasco, México, C.P.86690

[adrian.carbajal@dacb.ujat.mx](mailto:adrian.carbajal@dacb.ujat.mx)

### **La vulnerabilidad de las entidades de Sinaloa y Nayarit del Pacífico Mexicano ante los eventos extremos del cambio climático: un estudio exploratorio**

Rodríguez Herrero, P. H.

[hipolitorod@gmail.com](mailto:hipolitorod@gmail.com)

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social-Unidad Golfo.  
(CIESAS-Golfo)

Av. Encanto S/N, Esq. Antonio Nava Col. El Mirador, C. P. 91170

Xalapa, Veracruz, México

Bozada Robles, L. M.

[Imbozadarobles@gmail.com](mailto:Imbozadarobles@gmail.com)

CONALEP 058 Don Juan Osorio López. Km 9 Antigua Carretera a Minatitlán.

Coatzacoalcos, Ver

## INTRODUCCION GENERAL

Históricamente, desde hace millones de años, el hombre ha hecho uso de los recursos del medio ambiente para crear sociedades y expandir la civilización sobre el planeta. El rápido progreso de estas sociedades siempre ha estado acompañada de un uso masivo de energía y recursos naturales , lo cual ha dado origen a enormes problemas ambientales, tales como el calentamiento global, la lluvia ácida, la deforestación, el adelgazamiento de la capa de ozono, la desertificación , la extinción de especies, la pérdida de la diversidad biológica y la contaminación de los mantos de agua dulce y de las zonas costeras y marinas; con sus consecuentes implicaciones para los ecosistemas y los organismos que los habitan.

En la actualidad, se estima que más del 65% de la población mundial vive dentro de una franja de 100 km de costa y se prevé que para el año 2025 el 75 % de la población mundial podría habitar en las zonas costeras, muchos de ellos concentrados en megalópolis con problemas de marginación y pobreza, así como los consecuentes impactos ambientales derivados del abasto para las mismas y la generación de enormes volúmenes de desechos, contaminación de los mantos acuíferos y deterioro ambiental generalizado.

A diferencia de la tendencia del crecimiento mundial, en México se estima que sólo una cuarta parte de la población habita en las planicies costeras del Golfo, el Caribe y el Pacífico Mexicano. Se ha señalado que el país carece de una cultura marítima, cuyo desarrollo, hasta tiempos recientes, se dio de “espaldas al mar”, basado principalmente en actividades económicas establecidas en el interior.

Sin embargo, el desarrollo acelerado de ciertas actividades económicas como la industria petrolera, la generación de energía, el turismo, el desarrollo agropecuario y el transporte marítimo han inducido un crecimiento desordenado en las zonas costeras nacionales, con los consecuentes conflictos ambientales derivados de la competencia por el espacio, el uso de los recursos y la generación de residuos tóxicos y contaminantes. Conflictos que inciden en la calidad de vida y disminución de la competitividad de los mismos sectores y sus actividades económicas.

La zona costera en una zona de transición entre los componentes marino y continental del planeta. Es ampliamente reconocida como uno de los más importantes elementos de la biosfera con una amplia diversidad de ambientes y recursos.

Una intensa interacción de ambientes caracteriza a las zonas costeras del mundo y el balance de estas interacciones origina ecosistemas como son las lagunas costeras, con características ambientales únicas (clima, geomorfología, hidrología), regidos a su vez por procesos físicos, químicos y biológicos de alta dinámica.

Los procesos y los ambientes costeros (lagunas) están sujetos a cambios que varían ampliamente en escala geográfica, tiempo y duración y que al combinarse crean sistemas biológicamente muy productivos, pero vulnerables a las presiones ambientales de la diversas actividades humanas.

En contraste, los procesos continentales están dominados por regímenes hidrológicos y flujos horizontales que sostienen gradientes de energía y transferencia de materiales (nutrientes, contaminantes, sedimentos) proveyendo una variedad de condiciones para la transformación de materiales y la sustentabilidad biológica.

Los procesos oceánicos están también dominados por factores hidrológicos y físicos que a su vez controlan el transporte de materiales y los regímenes de energía. El balance resultante entre los procesos terrestres y oceánicos origina heterogeneidad en la estructura física y ecológica y sostiene a su vez la dinámica de la función de las lagunas costeras y los ciclos biogeoquímicos en el territorio costero.

Por lo tanto, la incesante actividad industrial, el intenso incremento de los desarrollos portuario-industriales, los polos turísticos y los asentamientos humanos no regulados en las zonas costeras, aunados a los efectos del cambio climático global, representan, en la actualidad, un gran factor de presión ecológica para los ecosistemas costeros críticos como los manglares, los corales, los pastos marinos, las islas y las lagunas costeras; de cuyo correcto funcionamiento depende directamente la productividad y la sobrevivencia de muchas especies comerciales de fauna marina y estuarina. Su alteración o destrucción, solamente conducirá a la cancelación de múltiples usos de la zona costera y originará, en un futuro muy próximo, problemas ecológicos, sociales y económicos para los habitantes de esas importantes áreas

De igual manera, la zona costera es también una de las áreas más perturbadas del planeta. La contaminación, la eutrofización, la industrialización, los desarrollos urbanos, la reclamación de tierras, la producción agrícola, la sobrepesca, entre otros factores impactan de manera continua la sustentabilidad de los ambientes costeros, entre ellos a las lagunas costeras y las zonas estuarinas. Así, el mayor reto que enfrenta la humanidad hoy en día es como administrar correctamente el uso de esta área de tal manera que las futuras generaciones puedan también disfrutar de sus recursos visuales, culturales, ambientales, energéticos y alimentarios. Una reciente evaluación de los impactos de la contaminación marina y costera desde fuentes terrestres, muestra que estos ambientes están en constante degradación y en muchos sitios se ha intensificado este problema.

Recientemente, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en el 2001, proyectó un incremento mundial de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y elevación en la temperatura de los océanos que afectará de manera significativa a las poblaciones costeras que habitan las zonas bajas.

La evaluación mundial del ambiente, de los recursos mundiales de los océanos y áreas costeras) y del cambio global describen un amplio mosaico de presiones, impactos y sobre todo de cambios impredecibles en las zonas costeras del planeta.

Por lo tanto, la generación de información actualizada y sistematizada sobre los ambientes costeros, principalmente las lagunas y sistemas estuarinos; será de importancia vital en el presente y en el futuro para afrontar los retos impuestos por factores antropogénicos, la variación natural y los efectos del cambio climático y valorar

correctamente sus consecuencias, no solo para los ecosistemas lagunares y los servicios ambientales que estos ofrecen, si no también para los riesgos de las poblaciones humanas que los habitan.

Dicha información, también servirá de base, para valorar la vulnerabilidad de las zonas costeras ante el cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos y proponer medidas de adaptación y mitigación como una respuesta a las diversas amenazas a que serán expuestas estas áreas en un futuro cercano.

### **Adaptación**

Dado el compromiso al aumento del nivel del mar, la necesidad de **adaptación** en áreas costeras continuará por siglos, y este “compromiso a la adaptación costera” necesita ser incorporado a la política del manejo costero a largo plazo. Los sistemas naturales tienen una capacidad de responder autónomamente a presiones externas como el cambio climático, y esto se puede describir como la habilidad natural del sistema (en este caso, el litoral) a responder. Un humedal sano y sin obstrucciones respondería depositando más sedimento y creciendo verticalmente, llevando el mismo ritmo que el aumento del nivel del mar; esto sería un ejemplo de adaptación autónoma.

En muchos lugares, sin embargo, las actividades humanas han reducido la habilidad natural de un sistema para la adaptación, quizá por el desarrollo o la contaminación de la zona costera. La adaptación planificada al aumento del nivel del mar, por lo tanto, deberá incluir la consideración de opciones para revertir estas tendencias de “**no adaptación**”, así como para aumentar la resiliencia natural de la costa y aumentar la capacidad de adaptación autónoma.

Los sistemas socioeconómicos en zonas costeras también tienen la capacidad de responder autónomamente al cambio climático. Los productores pueden cambiar a cultivos que sean más tolerantes a la sal, y las personas pueden mudarse de las áreas cada vez más susceptibles a las inundaciones. Es probable que esto llegue a ser más importante a medida que aumente el nivel del mar.

Dado que los impactos probablemente sean grandes, aún teniendo en cuenta la adaptación autónoma, existe una necesidad adicional para la adaptación planificada. Ejemplos de iniciativas que abarcan la adaptación planificada al cambio climático son la adopción de regulaciones de control de planificación física y desarrollo fortalecidas y mejoradas, e incluyen aquellas relacionadas con el Manejo Integrado de la Zona Costera (ICZM) y la Planificación de Manejo del Litoral. Esto también podría incluir la implementación del proceso de evaluación de impacto ambiental y el manejo de desastres para peligros costeros.

La adaptación planificada, y por lo tanto **proactiva**, apunta a la reducción de la vulnerabilidad de un sistema mediante la minimización del riesgo o la maximización de la capacidad de adaptación. Se identifican cinco objetivos genéricos de la adaptación proactiva pertinentes a zonas costeras:

- 1) Aumento de la fuerza de los diseños infraestructurales y las inversiones a largo plazo. La infraestructura sería diseñada para resistir los acontecimientos extremos más intensos y frecuentes.
- 2) Aumento de la flexibilidad de sistemas manejados vulnerables. Los sistemas serían diseñados y operados para enfrentar una gran variedad de condiciones climáticas. La flexibilidad puede incluir el mejoramiento de la resiliencia de un sistema, es decir, su capacidad de recuperarse de acontecimientos extremos.
- 3) Aumento de la adaptabilidad de sistemas naturales vulnerables. Los sistemas naturales se pueden hacer más adaptables mediante la reducción de las presiones que actualmente enfrentan. Por ejemplo ante la degradación del habitat permitir la adaptación por medios como la eliminación de barreras a la migración (por ejemplo quitando las estructuras costeras duras que pueden bloquear la migración interior de los pantanos o la anidación de las tortugas).
- 4) Reversión de tendencias no adaptativas. Muchas tendencias actuales presentan la vulnerabilidad al cambio climático. Por ejemplo, la subvención del desarrollo en llanuras de inundación puede aumentar el número de personas y la cantidad de propiedades en áreas costeras bajas vulnerables al aumento del nivel del mar y de tormentas costeras.
- 5) Mejoramiento de conocimientos, preparación y previsión sociales. La educación sobre los riesgos del cambio climático y cómo reducirlos o reaccionar ante ellos puede ayudar a reducir vulnerabilidad.

Para zonas costeras, otra clasificación de tres estrategias básicas de adaptación es a menudo utilizada (IPCC, 1992):

- **Protección:** reducir el riesgo de un acontecimiento mediante la disminución de la probabilidad de su ocurrencia.
- **Acomodación:** aumentar la habilidad de la sociedad para enfrentar los efectos del acontecimiento.
- **Retirada:** reducir el riesgo del acontecimiento mediante la limitación de sus efectos potenciales.

Cada una de estas estrategias esta diseñada para proteger el uso humano de la zona costera y, si son aplicadas apropiadamente, cada una tiene consecuencias diferentes para los ecosistemas costeros. La retirada implica renunciar a la tierra mediante una retirada estratégica o la prevención de futuras obras de desarrollo de gran envergadura en áreas costeras que puedan ser afectadas por el futuro aumento del nivel del mar. El ajuste implica el uso alterado de la tierra, incluyendo respuestas de adaptación tales como la elevación de edificios por encima de los niveles de inundación y la modificación de los sistemas de desagüe. La retirada y el ajuste ayudan a mantener la naturaleza dinámica del litoral y permiten que los ecosistemas costeros migren libremente hacia el interior, y por lo tanto, que se adapten naturalmente. Por el contrario, la protección llevará a la constricción costera y a la pérdida de hábitat, aunque esto se pueda aminorar mediante enfoques suaves para la defensa, como el mantenimiento de la playa. Esta estrategia implica la defensa de áreas costeras mediante la construcción o el mantenimiento de estructuras defensivas o mediante el mantenimiento artificial de playas y dunas.

Generalmente se utiliza para proteger los asentamientos y la tierra agrícola productiva, pero a menudo implica la pérdida de las funciones naturales del litoral.

Las opciones de adaptación a la intrusión de agua salada en el agua subterránea no son cubiertas explícitamente por las tres opciones genéricas de retirada, acomodación y protección. Sin embargo, existen varias opciones:

- Recuperación de tierras frente a la costa para permitir el desarrollo de nuevos espejos de agua dulce.
- Extracción de agua subterránea salina para reducir la afluencia e infiltración.
- Infiltración de agua dulce superficial.
- Inundación de áreas bajas.
- Ensanchamiento de áreas de dunas existentes donde ocurre la recarga natural de agua subterránea.
- Creación de barreras físicas.

#### Evaluación de Vulnerabilidad

La principal meta de la evaluación de vulnerabilidad es producir las recomendaciones sobre las acciones para reducir vulnerabilidad e incluye la evaluación tanto de los impactos anticipados como de las opciones disponibles de adaptación (por la forma en que se define aquí, esto dirige hacia el análisis de planificación). Una evaluación de impacto sencilla quizá no considere las opciones de adaptación para facilitar un análisis rápido, pero una evaluación de impacto completa debe considerar las opciones de adaptación, porque el potencial de adaptación influirá sobre la magnitud de los impactos verdaderos.

Primero, se puede diferenciar entre la vulnerabilidad natural del sistema y la vulnerabilidad socioeconómica del sistema al cambio climático, aunque claramente ambos están relacionados y son interdependientes. Segundo, el análisis de vulnerabilidad socioeconómica al aumento del nivel del mar requiere una previa comprensión de cómo el sistema natural será afectado. Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad costera siempre empieza con la respuesta natural del sistema. Por último, otras presiones climáticas y no climáticas son reconocidas, indicando que el aumento del nivel del mar no está ocurriendo aisladamente y que el sistema costero evolucionará por otros factores adicionales al aumento del nivel del mar.

Tanto el sistema natural como el sistema socioeconómico son dinámicos y se adaptan al cambio. La adaptación autónoma representa la respuesta de adaptación espontánea al aumento del nivel del mar (por ejemplo, el aumento del crecimiento vertical de los humedales del litoral dentro del sistema natural, o los ajustes del precio del mercado dentro del sistema socioeconómico). La adaptación planificada, que sólo puede surgir del sistema socioeconómico, puede reducir la vulnerabilidad a través de una serie de medidas.

En general, varios instrumentos de evaluación están disponibles para cada paso/pregunta producida por cualquier marco de evaluación, aunque un marco pueda recomendar una herramienta o un enfoque específico. La Tabla 1 resume las ventajas y

desventajas de cinco diferentes métodos de evaluación de vulnerabilidad para áreas costeras (Secretaría del UNFCCC, 2004):

- IPCC Common Methodology
- U.S. Country Studies Methodology
- UNEP Handbook Methodology
- South Pacific Islands Methodology
- RIKS Decision Support Methodology

De estos enfoques, el UNEP Handbook Methodology es una evaluación de vulnerabilidad y adaptación ampliamente aplicable que puede ser adaptada al enfoque impulsado por los actores clave. Otorga resultados cuantitativos pero es flexible, y el análisis puede ser realizado al nivel apropiado de sofisticación para los modelos y datos disponibles. Las experiencias relevantes de otros enfoques pueden ser utilizados dentro del UNEP Handbook Methodology, si fuera apropiado (otras posibilidades incluyen las técnicas cualitativas desarrolladas en el South Pacific Islands Methodology, y el enfoque del manual utilizado en el U.S. Country Studies Program).

En el caso de México, las zonas costeras del Pacífico, el Golfo de México y el Caribe, representan sitios vitales para las diversas actividades humanas, turísticas, sociales, económicas e industriales; de cuyos ingresos se benefician amplios sectores del país , además de que representan un gran porcentaje del Producto Interno Bruto Nacional (PIB) según Toledo, 2005.

Por lo tanto, las nuevas y más intensas presiones a que se son y se verán sometidos los litorales mexicanos, como son las anunciadas exploraciones y perforaciones de pozos petroleros, el aumento de las infraestructuras turísticas y urbanas obliga a que los estados costeros cuenten con eficientes sistemas de información y alertamiento, así como planes de contingencia para la prevención de desastres y desarrollen además infraestructura humana y tecnológica apropiada que diagnostique los impactos y efectos de los desastres o fenómenos hidrometeorológicos extremos.

La estrategia integral para responder al cambio climático no es una tarea fácil, es un reto interinstitucional y transdisciplinario, y de la conformación de grupos de trabajo multidisciplinarios, pues el estudio de la vulnerabilidad en las zonas costeras involucra en mayor medida a las ciencias naturales, ciencias marinas, y sociales como la economía, sociología y la antropología.

Finalmente, la estrategia para mitigar los efectos del cambio climático global debe formar parte de los planes de desarrollo de los estados costeros, pues los costos sociales y económicos de un desastre siempre son muy grandes y en ocasiones impagables. El presente estudio permitirá analizar los impactos en los asentamientos humanos, los ecosistemas costeros, y de las zonas costeras más vulnerables ante el incremento del nivel del mar. Los resultados contribuirán a la generación de políticas de adaptación al cambio climático, que reduzcan la vulnerabilidad de las zonas costeras y los deltas que se identifiquen como más vulnerables ante el incremento del nivel del mar.

## JUSTIFICACIÓN

En México, se han realizado pocas evaluaciones sobre los impactos en las zonas costeras debido al incremento del nivel del mar que tendrá bajo el cambio climático. Por ello, resulta necesario el realizar este tipo de evaluaciones para identificar cuales serán los impactos potenciales y la vulnerabilidad de las zonas costeras y de los deltas que se identifiquen como más vulnerables, ante el incremento del nivel del mar.

La información generada, apoyará la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas de adaptación de zonas costeras ante cambio climático. Se debe de tener en cuenta que la información climática adquiere un alto valor socioeconómico cuando se le considera en la toma de decisiones

La gestión de las zonas costeras está interrelacionada con diferentes sectores socioeconómicos, como el hídrico, turismo, de construcción, transportes, de energía, y ecosistemas costeros, entre otros, por lo cual los resultados del presente estudio permitirán identificar cuales serían los impactos potenciales que podrían enfrentar dichos sectores ante diferentes escenarios de incremento del nivel del mar bajo condiciones de cambio climático.

Los resultados del estudio permitirán caracterizar el grado de vulnerabilidad de las zonas costeras del Pacífico Mexicano, en especial la región de Sinaloa-Nayarit (Fig.1) y de los deltas más vulnerables ante los efectos del incremento del nivel del mar bajo cambio climático y su relación con diversos sectores socioeconómicos y ambientales. Así, se podrá estimar el riesgo climático para formular y adecuar planes y estrategias de desarrollo que contemplen la adaptación, buscando reducir la vulnerabilidad de las actividades económicas y sociales.





Figura 1. Humedales y Manglares del área Nayarit-Sinaloa.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la vulnerabilidad de la zona costera mexicana, en específico de la región Sinaloa y Nayarit ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático (100 cm) y a los fenómenos hidrometeorológicos extremos.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- 1) Identificar opciones de adaptación de las áreas más impactadas para enfrentar el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y a fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- 2) Este estudio pretender complementar el ya realizado por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología para el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP y obtener información de las áreas que no fueron analizadas y/o consideradas debido a la falta de presupuesto y al corto tiempo en que se realizó el estudio.
- 3) Aportar información reciente y de vital importancia para las Zonas Costeras por parte del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, como una respuesta a la posible resolución.
- 4) Caracterizar la vulnerabilidad social de la zona costera del Pacífico mexicano, ante los eventos extremos del cambio climático.

## **METODOLOGÍAS**

### **Vulnerabilidad ecosistémica**

El grado de vulnerabilidad se estimó tomando como base los parámetros fisicoquímicos recomendados internacionalmente (UNESCO, 2003) de nutrientes y oxígeno disuelto. En el caso de los sistemas costeros mexicanos, se contó sólo con la información de nitratos, nitritos, amonio (definidos como nitrógeno total inorgánico), ortofosfatos, oxígeno, salinidad y como adicionales clorofila "a" y bacterias coliformes (que son constituidas por *E. coli* y *Enterococos*). La clorofila como las bacterias fueron incluidas por considerarse en el proceso de eutrofización generada por asentamientos humanos.

Para determinar la vulnerabilidad se basó en los parámetros anteriores y utilizando el índice propuesto por Bojórquez-Tapia *et al.* (1998). Los cálculos se estimaron para un incremento máximo de 100 cm del nivel del mar (Tabla 2).

Para la estimación del grado de vulnerabilidad de los ecosistemas costeros, se tomó en cuenta la metodología común preparada por el IPCC (1992) y la guía para estudios de vulnerabilidad y adaptación (US Country Studies Program, 1994) para asegurar una adecuada correspondencia con estudios similares en otros países de la región y del mundo.

La vulnerabilidad biológica ha sido definida como el conjunto de factores relacionados con la historia de vida de una determinada unidad taxonómica o taxón que lo hacen frágil o vulnerable y ésta se divide en tres categorías (alta 3, media 2 y baja 1). El impacto que pueden tener las actividades humanas sobre los organismos también ha sido categorizado en alto (4), medio (3) y bajo (2) (INE, 2008). La vulnerabilidad ecológica puede conceptualizarse al incluir aspectos integrales de los ecosistemas, como son la diversidad biológica, la abundancia de los recursos naturales, las tramas ecológicas complejas que les confieren características únicas para el desarrollo y reproducción de especies clave, por lo que la valoración de este tipo de vulnerabilidad puede hacerse en dos niveles: 1) tomando en cuenta ecosistemas relevantes y 2) incluyendo categorías ecológicas generales que albergan o integran a los anteriores.

Para la estimación del grado de vulnerabilidad ecológica frente a las amenazas del incremento del nivel mar y los eventos hidrometeorológicos extremos, se establecieron los criterios siguientes:

#### **Criterios ecosistémicos**

Se consideraron tres tipos de ecosistemas importantes para las regiones costeras; los manglares, los arrecifes de coral y los pastos marinos. Cada uno de ellos representa un ambiente natural con características definidas, propias y simultáneamente se interrelacionan para darle a la zona costera la relevancia ecológica que posee.

#### **Criterios ecológicos generales**

Fueron seleccionados tres aspectos de este nivel integral, las Áreas Naturales Protegidas, los sitios Ramsar y los productos pesqueros. Los dos primeros están íntimamente relacionados uno de carácter nacional y el otro internacional, conformados bajo criterios homogéneos; el rubro pesquero tiene significancia desde el punto de vista

de proveer información valiosa acerca de la abundancia y la diversidad biológica de aquellas especies con importancia ecológica y económica que son capturadas tanto en el medio natural como cultivadas.

La clasificación preliminar que se estableció se muestra en la tabla 2 con su código de color correspondiente, de acuerdo al esquema observado en la gradación de la vulnerabilidad biológica y el impacto de la actividad humana mencionado anteriormente.

Tabla 2. Clasificación preliminar.

Grado de vulnerabilidad	Categoría numérica	Código de color
Baja	1	
Media	2	
Alta	3	

Por otro lado, para poder evaluar el grado de vulnerabilidad ecológica se siguió la estrategia de estimar el posible impacto ambiental sobre los tres grandes ecosistemas considerados. Se adoptó la metodología propuesta por Bojórquez-Tapia *et al.* (1998) la cual consiste en un procedimiento matricial para valorar dicho impacto, considerando parámetros ecológicos divididos en básicos y complementarios; se incluyen los básicos para poder realizar las estimaciones respectivas de las interacciones entre el recurso biológico importante y el factor ambiental limitante derivado de una o varias amenazas como el incremento del nivel del mar o la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos como los huracanes de mayor magnitud y extemporáneos.

La definición y escala de cada uno de estos criterios han sido establecidas con precisión por Bojórquez-Tapia (1989) y Bojórquez-Tapia *et al.* (1998) (Tabla 3).

Se utilizó el índice básico de impacto ambiental  $med_{ij}$  donde los criterios de magnitud (M), extensión (E) y duración (D), se integran en la siguiente fórmula aplicada:

$$MED_{ij} = 1/9 (M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$$

donde  $MED_{ij}$  puede tener valores desde 0.33 (impacto bajo) hasta 1 (impacto alto).

Tabla 3. Criterios para determinar el grado de vulnerabilidad ecológica.

Escala	Magnitud del impacto (M)	Extensión del Impacto (E)	Duración de la acción (D)
Concepto	Intensidad de la afectación en el área de estudio definida por la superficie impactada.	Área de afectación con respecto al área disponible en la zona de estudio.	Definida por la extensión en el tiempo de la acción y la repercusión del impacto ambiental.

1	Mínima. Cuando la afectación cubre la menor proporción del total de los recursos existentes en el área de estudio (< 15%) o cuando los valores de la afectación son menores a un 30% respecto al límite permisible.	Puntual. Ocurre y se extiende dentro del área de estudio.	Corta. Cuando la acción dura menos de 30 días.
2	Moderada. Cuando la afectación cubre una proporción intermedia del total de los recursos (< 30%) o si los valores de la afectación se ubican entre 31 y < 75 % respecto al límite permisible.	Local. Ocurre y/o se extiende en un radio no mayor o igual a 1000 m.	Mediana. Cuando la acción dura entre 1 mes y dos años.
3	Alta. Cuando la afectación cubre la mayor proporción del total de los recursos existentes o si los valores de la afectación rebasan el 75% de los límites permisibles.	Regional. Si ocurre y su extensión excede a los 1000 m a cada lado o 1000 m de radio del área de proyecto.	Larga. Cuando la acción dura más de dos años.

### Vulnerabilidad de zonas costeras de Sinaloa y Nayarit ante el incremento del nivel del mar

Se emplean los archivos de datos con formato hgt para disponibles ([http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/North\\_America/](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/North_America/)), relativos a los estados de Sinaloa y Nayarit. Cabe mencionar que estos archivos contienen los datos de información de elevación de terreno obtenidos en la misión del transbordador espacial (Shuttle Radar Topography Mission) ([http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/p\\_status.htm](http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/p_status.htm)). Por otro lado, los datos de población se obtienen de (<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp?s=est&c=10395>). Se descargan de (<http://www.concyteq.edu.mx/cqrn2/kmldownload.htm>) los archivos kml con los polígonos que delimitan la extensión territorial de los estados y municipios de estos estados.

El procesamiento se realiza en ambiente Windows, con programas en c para el procesamiento de los datos de terreno y en lenguaje python para la escritura y despliegue de la información en archivos tipo kml (KeyHole Markup Language) para realizar la georreferenciación de los resultados obtenidos.

Para el procesamiento y los cálculos se emplea una computadora pc con procesador AMD phenom de cuádruple núcleo y 2 GB de memoria RAM, con disco duro de 300 GB. Para visualizar los resultados, se emplea el programa World Wind <http://worldwind.arc.nasa.gov/java/> para la visualización espacial de los resultados.

#### Descripción de la metodología utilizada

Como ya se mencionó previamente, los archivos DEM (Digital Elevation Models), utilizados son los SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA y que están disponibles gratuitamente via ftp ([http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/North\\_America/](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/North_America/)). Estos archivos comprenden 1° lat. por 1° long. Su nomenclatura se refiere a la esquina sur-oeste de este (esq. Inferior

izquierda) de este cuadrado. Cada uno de ellos contiene del orden de 1,214 X 1,214 mediciones, aunque estos valores cambian en cada caso, por lo que se tiene aproximadamente una medida elevación cada 100m. Cada uno de estos archivos es transformado con un programa propio en dos archivos de texto: uno con la información del tamaño de archivo y coordenadas, y otro con los datos de elevación del terreno en coordenadas UTM.

Los datos de elevación son procesados para determinar las zonas menores o iguales a la cota de incremento del nivel del mar considerada.

Sin embargo, de esta forma se obtiene sólo un muestreo discreto de datos o puntos de una superficie bidimensional. En este caso se utiliza el método reportado en el trabajo sobre el Golfo de México ([http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/North\\_America/](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/North_America/)).

Para determinar el número de habitantes vulnerables, se utilizan los datos del INEGI del conteo de población 2005

(<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp?s=est&c=10395>). Para los estados de Sinaloa y Nayarit. Como primer paso, se consideran únicamente los datos de los municipios cuyo polígono coincide o contiene parte del área de afectación calculada para el caso de 1m debido a que se piensa es el escenario más probable en el mediano plazo. De cada municipio se toman en consideración, en aras de facilitar el cálculo, la información correspondiente a las poblaciones mayores a 1,000 habitantes que lo conforman así como sus respectivas coordenadas geográficas. Con un programa propio, los datos son empleados para escribir un archivo con la información de las coordenadas en formato kml para poder desplegarles en un mapa.

Posteriormente, se procede a descartar a las poblaciones que no están dentro o que no estén suficientemente cerca del área de afectación. Aquí se entiende que los asentamientos no son puntuales, si no que tienen una importante extensión llamada comúnmente mancha urbana. Por lo tanto, se consideran puntos cuya mancha urbana quede en la vecindad de las zonas de afectación. De esta forma se obtiene una lista de las poblaciones afectadas en el caso de tal escenario.

## **La vulnerabilidad de las entidades de Sinaloa y Nayarit del Pacífico Mexicano ante los eventos extremos del cambio climático: un estudio exploratorio**

La presente investigación se considera de tipo cuantitativa y exploratoria, comprendiendo la aplicación de los indicadores de vulnerabilidad socio-económica y demográfica propuestos por Rodríguez (2006), Rodríguez y Bozada (2010); para determinar la vulnerabilidad de las poblaciones humanas de la zona costera del Pacífico mexicano ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático. Se examinan las siguientes observables en el área de estudio:

### **a) Sociales**

Los Indicadores del Desarrollo Humano expresan los logros y los rezagos que una sociedad tiene en tres áreas claves: la calidad de vida (salud), el capital humano (educación) y el desarrollo productivo (niveles de ingreso). Adicionalmente se contempla la

consideración a nivel Municipal del Índice de Rezago Social (CONEVAL, 2007), el cual constituye el referente de la política social para atender zonas vulnerables en México.

#### **b) Económicos**

Los datos que ofrecen los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2010) permiten construir indicadores sobre participación de la población económicamente activa, participación sectorial y categorías laborales. Asimismo, estos indicadores permiten establecer nociones más precisas, a nivel municipal, sobre escolaridad y género en la población trabajadora.

## VULNERABILIDAD DE LA ZONA COSTERA: ECOSISTEMAS COSTEROS

A través del tiempo el hombre en busca de mejorar sus condiciones de vida ha actuado de manera tal que ha alterado los ecosistemas que sustentan un delicado equilibrio dinámico natural. Durante este tiempo estuvo limitada la realización de actividades de limpieza, planificación, verificación y por lo tanto, actuar pensando en el ambiente; a pesar del llamado de la comunidad científica. Siempre se pensó que el planeta poseía la capacidad degradativa y amortiguadora para superar los desequilibrios causados, hasta que surgieron eventos que evidenciaron lo contrario; en la actualidad es visible el daño en los diversos ecosistemas y sus efectos en el ambiente.

El calentamiento global y cambio climático son fenómenos provocados total o parcialmente por el aumento en la concentración de gases de invernadero en la atmósfera, principalmente el CO<sub>2</sub> relacionado directa o indirectamente con actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y deforestación. Estudios científicos indican que el cambio climático ya está teniendo efectos sobre la biosfera (González *et al.*, 2003).

Algunos de los efectos son:

- ✦ Modificación de los patrones climáticos, causado por el aumento de temperatura y aumento del nivel del mar (Hernández Arana, 2007). Cambio en la frecuencia y/o intensidad de los fenómenos meteorológicos.
- ✦ Modificación de la circulación de los océanos (Hendry, 1993), así como procesos físicos del sistema (oleajes, mareas y oleadas).
- ✦ Afectación de límites geográficos. Cambios en la geología (inundaciones, erosión y sedimentación) y los límites de la zona costera.
- ✦ Alteración de ciclos hidrológicos (disponibilidad de agua dulce, eutrofización e hipoxia o anoxia), biológicos (cambios en productividad, distribución de especies así como su posible extinción) y biogeoquímicos (salinización de suelos, disponibilidad de minerales, etc.).
- ✦ Alteración de los ecosistemas costeros y la ecología del ambiente.
- ✦ Alteración de las actividades socioeconómicas de comunidades (cambio de actividades, valores económicos, ecológicos, culturales y de subsistencia a causa de la pérdida de tierras, infraestructura y hábitats costeros), ciudades y países.

Dependerá de los sistemas, adaptación y respuesta, y sus componentes involucrados, además de la injerencia del ser humano en la magnitud de afectación de los ecosistemas. Es por ello urgente e indispensable conocer, describir y entender la variabilidad de los ecosistemas asociados y las condiciones oceanográficas y costeras de los mares e investigar sobre sus tendencias a escala climática.

### Análisis de la vulnerabilidad

En México el litoral costero abarca una gran variedad de ambientes que incluyen: ríos, deltas, estuarios, lagunas, bahías, humedales, manglares y arrecifes, los cuales proporcionan una infinidad de hábitats que propician una gran diversidad biológica. Estos ecosistemas, por su localización en la zona intermareal, se estima que serán los más afectados por el cambio climático global, en particular frente a los efectos del incremento

del nivel medio del mar, fuerza de vientos, oleaje y corrientes, y patrón de tormentas. Uno de los ecosistemas más vulnerables y que han sufrido una mayor pérdida son los humedales costeros mexicanos, cuyos servicios ambientales no han sido estimados en todo su potencial, al actuar como amortiguadores de zonas contaminadas, además ricos en biodiversidad. Estos sistemas se encuentran amenazados en principio por la alteración del sistema hidrológico, debido al crecimiento de redes carreteras e infraestructura petrolera, urbana, turística y agropecuaria, que alteran la dinámica y procesos ecológicos.

En relación con los cambios en la fisicoquímica o calidad del agua de los ecosistemas, los estudios han sido escasos a nivel mundial y particularmente en economías emergentes, donde se tienen otras “prioridades”.

Los arrecifes de coral, marismas de agua salada, manglares, la vegetación acuática sumergida y las pesquerías sufrirán los impactos del incremento del nivel del mar, además de estar sujetos a muchas presiones:

- Aumento de la temperatura de la superficie del mar
- Cambios en los depósitos de nutrientes.
- Ingreso de contaminantes.
- Introducción de especies exóticas.
- Variabilidad natural del clima.

Los impactos de este aumento en el nivel medio de mar sobre manglares y marismas de agua salada dependerán de la tasa del incremento en relación con la acreción vertical y el espacio para la migración horizontal, que pueden estar limitadas por el desarrollo humano y turístico en zonas costeras. Los arrecifes de coral saludables probablemente puedan hacer frente a este aumento, pero está en duda para los arrecifes degradados por blanqueamiento, radiación UV-b, contaminación u otro tipo de estrés. Los episodios de blanqueamiento de los corales durante los últimos 20 años se han atribuido a varias causas, incluyendo el aumento de las temperaturas de los océanos. El futuro calentamiento de las aguas superficiales aumentaría el estrés sobre los arrecifes de coral y resultaría en una mayor frecuencia de enfermedades marinas (confianza alta). Los cambios en la química de los océanos, resultantes en mayores niveles de CO<sub>2</sub> pueden tener impactos negativos sobre el desarrollo y la salud de los arrecifes de coral, lo cual a su vez tendría efectos perjudiciales sobre las pesquerías costeras y sobre los usos sociales y económicos de los recursos arrecifales.

La producción por acuicultura ha aumentado un 25% de 2000-2008, y en 2008 representó aproximadamente el 16% de la producción comercial total de pescados y mariscos para consumo humano (Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2008). Sin embargo, la productividad futura de la acuicultura puede verse limitada por las poblaciones de arenques, anchoas y otras especies que se utilizan para proporcionar harina y aceites de pescados con el fin de alimentar a especies cultivadas, que pueden sufrir efectos adversos del cambio climático (<http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>).

Existe la posibilidad de que aquellas especies que son amenazadas disminuyan al punto en que puedan extinguirse. Ante tal situación deben establecerse mecanismos para su protección, estas opciones pueden tener limitaciones por políticas públicas, considerando:

- Vedas y creación de refugios, parques y reservas (análisis integrales de los sistemas costeros y sus recursos).
- Inversión en investigación (censo de poblaciones, análisis fisicoquímicos, etc.).

Las evaluaciones integradas de las zonas costeras y los ecosistemas marinos, y una mejor comprensión de su interacción con el desarrollo humano y la variabilidad climática pueden facilitar las mejoras en la gestión y el desarrollo sostenibles. En consecuencia, un análisis correcto de vulnerabilidad, es necesario determinar el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima. La importancia ecológica de la zona costera se hace patente al existir en el país, 56 Áreas Naturales Protegidas marinas o costeras, de un total de 154 Áreas Naturales Protegidas federales, bajo diferentes estatus.

En consecuencia, un análisis correcto de vulnerabilidad, es determinar el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima. La vulnerabilidad esta en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y de la variación a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación (<http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>).

## **OBJETIVO PARTICULAR**

Estimar el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas costeros de los estados de **Sinaloa y Nayarit**, considerando manglares y pesquerías (escama y granjas camaronícolas) ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y a los fenómenos hidrometeorológicos extremos.

## **DESCRIPCIÓN AMBIENTAL**

En México el litoral costero se extiende aproximadamente a lo largo de 11 122 km. Existen 447 municipios costeros (224 en el litoral del Pacífico y 223 en el litoral del Golfo de México).

### **Manglares**

El ecosistema de manglar está presente en los 17 estados de la República con litoral. La Región Península de Yucatán contiene el 55% (423,751 ha) de la extensión de manglares en México, seguida por la región Pacífico Norte con 24.5% (188,900 ha). Las regiones Golfo de México y Pacífico Sur contienen 11% (84,442 ha) y 8.6% (66,374 ha), respectivamente. La región Pacífico Centro es la que menor extensión de manglar contiene con un 0.9% (6,590 ha). A nivel estatal, Campeche es el que posee la mayor superficie de manglar del país (25.2%), seguido por Quintana Roo (16.9%), Yucatán (12.9%), Sinaloa (10.5%) y Nayarit (9.3%). Del total de la superficie de manglar, el 45.2%

(348,065 ha) se encuentra decretada como Área Natural Protegida (ANP) Federal. El 21.4% (164,713 ha) está dentro de sistemas de áreas protegidas estatales. Debido a una sobreposición entre algunas áreas federales y estatales, la superficie total de manglar bajo protección incluyendo ambas modalidades, es de 53.7% (413,749 ha).

Los estados con el mayor porcentaje de manglares en áreas protegidas federales son: Baja California (100%), Campeche (90.3%), Chiapas (66.9%) y Quintana Roo (64.5%). En Colima, Michoacán, Nayarit y Guerrero no hay áreas protegidas federales. Los estados con el mayor porcentaje de manglares en áreas protegidas estatales son: Chiapas (71.3%), Yucatán (45.8%) y Campeche (35.4%). En los estados de Tabasco, Tamaulipas, Colima, Baja California, Baja California Sur, Nayarit, Guerrero y Oaxaca no se documentaron áreas protegidas estatales. En las reuniones de septiembre de 2007 y 2008, se identificaron 81 sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. En la región del Pacífico norte se identificaron 10 sitios, en el Pacífico centro seis, en el Pacífico sur 13, en el Golfo de México 27 y en la región de Península de Yucatán 25.

Los sitios prioritarios de manglar se encuentran localizados en los mapas estatales. De las cuales en Sinaloa son: (1) Isla Santa María –Topolobampo -Ohuira, 2) San Ignacio – Navachiste -Macapule, 3) Santa María -La Reforma) Sinaloa -Nayarit (Teacapán –Agua Brava –Marismas Nacionales).

**NAYARIT** Está situado en la región occidente del territorio nacional, entre las siguientes coordenadas geográficas extremas: al norte 23° 05'; al sur 20° 36' de latitud norte; al este 103° 43', al oeste 105° 46' de longitud oeste. Limita al norte con los estados de Durango y Sinaloa, al este con los estados de Jalisco, Durango y Zacatecas, al sur con Jalisco y el Océano Pacífico y al oeste con el Océano Pacífico y Sinaloa ([http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_nayarit](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_nayarit)).



**Ilustración 1. Mapa de Nayarit**

El territorio comprende una superficie de 27,335 kilómetros cuadrados que representan el 1.4 por ciento de la superficie nacional, ocupando el vigésimo tercer lugar en el país. Comprende las Islas Marías.

El sistema hidrológico cuenta con 5 regiones: Río San Pedro, Lerma-Chapala-Santiago, Ameca, Acaponeta y Las Cañas. En estas regiones existen 20 ríos, los más importantes son: Acaponeta, San Pedro, Santiago, Huicicila y Ameca, que bañan el 100% del territorio estatal y 14 cuerpos de agua dulce y salobre, de éstos, los más importantes son: Presa de Aguamilpa, Presa San Rafael, Presa Amado Nervo, Laguna de Agua Brava y Laguna de Santa María del Oro. La entidad sobresale por sus importantes recursos hidrológicos.

La entidad presenta variedad de climas, en donde las temperaturas más bajas son de clima templado y se registran al noroeste de la capital Tepic y el clima tropical se presenta en toda la costa del Pacífico, clasificándose de la siguiente forma: cálido subhúmedo, el 65% de la superficie estatal; semicálido subhúmedo el 33% y templado el 2%.

Nayarit cuenta con un litoral de 289 kilómetros de longitud, distribuido en 5 municipios, y una plataforma continental de más de 16 mil kilómetros cuadrados, aguas estuarinas y lagunas con más de 900 kilómetros cuadrados y un gran embalse de 128 kilómetros cuadrados de la presa hidroeléctrica de Aguamilpa.

Las lagunas más importantes son las de Santa María del Oro, San Pedro Lagunillas y Tepetitlic; los esteros de San Blas son fuente importante de producción acuícola y pesquera, principalmente.

En materia de infraestructura pesquera Nayarit, hasta el 2008, contaba con 4,471 embarcaciones registradas, de las cuales 20 se dedican a la pesca de camarón, 9 a la de productos de escama y el resto (4,471 embarcaciones) a la pesca ribereña. Existen en el estado 181 granjas acuícolas, produciendo 11,202 toneladas de peso vivo. Esta actividad empleo a 11,283 habitantes. (Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2008, CONAPESCA) (Tabla 4).

La organización social para la explotación pesquera se encuentra estructurada a través de 75 sociedades cooperativas con una membresía de más de 5 mil socios, varias uniones ejidales pesqueras, uniones de pescadores, empresas privadas y escuelas tecnológicas y de ingenierías.

En los municipios de San Blas, Santiago Ixcuintla, Tecuala, Tuxpan y Rosamorada, se localizan importantes centros de producción y experimentación pesquera y acuícola, a través de granjas que aplican tecnología de punta en los cultivos de camarón y mojarra tilapia. Las especies más importantes son: Camarón, mojarra, huachinango, sierra, lisa, cazón, ostión, tiburón, bandera, róbalo, carpa, pargo y corvina. La producción pesquera anual es alrededor de las 20 mil toneladas.

Tabla 4. Descripción de las pesquerías en Nayarit y Sinaloa

Pesquerías	Parámetro	Nayarit	Sinaloa	Total Nacional
------------	-----------	---------	---------	----------------

Volumen de producción de pesca y acuicultura (ton/año) Peso vivo	26,644	296,750	1,745,424
Participación del total nacional (%)	1.53	17	100
Valor (miles de pesos)	551,938	3,828,799	16,884,106
Participación del total nacional (%)	3.27	22.68	100
Acuicultura (peso vivo)	11,202	45,917	283,625
Participación del total nacional (%)	3.95	16.19	100
valor (miles de pesos)	262,062	1,531,566	7,149,114
Participación del total estatal (%)	47.48	40	-
Volumen Camaron (peso vivo)	9,567	60,441	196,289
Mar abierto (peso vivo)	1,722	15,395	-
Estereos y bahias (peso vivo)	3,437	7,633	-
Cultivo (peso vivo)	4,408	37,413	-
Granjas camaronicolas (número)	181	709	1,168
Área total (ha)	42,239	4,633	72,882
Habitantes involucrados en captura y acuicultura	11,283	44,958	282,389

### Principales Ecosistemas

Respecto a la flora en su mayoría corresponde al grupo llamado sabana y bosque tropical, en este último predominan especies como el huanacaxtle, cedro, caoba, mangle, palmera y los amates. En la zona del altiplano prevalece la vegetación del tipo bosques mixtos de pino-encino y de otras variedades como el fresno y el nogal. En la zona serrana sobresalen las coníferas, vegetación de clima templado.

Las especies más comunes de la fauna son: Venado, jabalí, tigrillo, conejo, armadillo, tejón, mapache, paloma, chachalaca, patos silvestres, codorniz, zanates y tordos, entre otros muchos.

**Características y uso de suelo.** De la superficie total del estado, 438,408 hectáreas son de uso agrícola que representan el 15.7%; 1'691,290 hectáreas son de uso pecuario-forestal que representan el 60.7%; 403,097 hectáreas son pastizales que representan el 14.5%; 134,323 hectáreas son manglares que representan el 4.8% y 119,362 hectáreas son tierras para otros usos, que representan el 4.3% ([http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_nayarit](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_nayarit)).

El 18.21% de la superficie del estado, está constituida por depósitos aluviales acarreados en las cuencas de los ríos y de sus márgenes, debiéndose principalmente a la presencia de formaciones volcánicas denominadas tepetates y su clasificación es desde migajón arenoso, migajón arcilloso, migajón arcillo-arenoso, hasta arcilloso. El 78.29% restantes son rocas ígneas extrusivas no propias para la agricultura.

## SINALOA

Se encuentra situado al noroeste del país, en la costa del Golfo de California (27° 02' - 22° 29', 105° 23' - 109° 28'); limita al norte con Sonora, al este con Chihuahua y Durango (separado de ellos por la Sierra Madre Occidental) y al sur con Nayarit. Sinaloa es uno de los estados agrícolas importantes de México; adicionalmente, cuenta con una de las más grandes flotas de pesca del país ([http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_sinaloa](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_sinaloa)).



**Ilustración 2. Mapa de Sinaloa**

Sinaloa está ubicada en una región naturalmente fértil, cuenta con 11 ríos y 11 presas. Se divide en 18 municipios (citados de Norte a Sur): Choix, El Fuerte, Ahome, Guasave, Sinaloa de Leyva, Mocorito, Angostura, Salvador Alvarado, Badiraguato, Culiacán, Navolato, Cosalá, Elota, San Ignacio, Mazatlán, Concordia, Rosario y Escuinapa. 10 municipios se encuentran en el litoral, cuenta con 656 kilómetros del litoral pertenecientes en su mayoría al Golfo de California y el resto al Océano Pacífico. Además de tener 12 bahías y 15 esteros.

La mayor parte del territorio sinaloense está constituido por terrenos planos, el resto lo forma una pequeña porción montañosa. Aproximadamente el 80% de los terrenos de la entidad se localizan por abajo de los 600 metros sobre el nivel del mar (msnm) y más de la mitad de la superficie del territorio se halla por abajo de los 150 msnm dando por resultado, una elevación media 344 msnm. En el estado, menos del 1% de la superficie sobrepasa los 1,820 metros de altitud.

El estado cuenta con clima cálido en la faja costera; templado cálido en los valles y en las faldas de los declives; templado frío en las montañas de poca elevación y frío en las más altas.

Sinaloa, hasta el 2008, contaba con 12,660 embarcaciones registradas, de las cuales 752 se dedican a la pesca de camarón, 38 a la pesca de atún, 11 sardina anchoveta, 31 a la de productos de escama y el resto (11,828 embarcaciones) a la pesca ribereña. Existen en el estado 709 granjas acuícolas, produciendo 45,917 toneladas de peso vivo. Esta actividad da empleo a 44,958 habitantes. (Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2008, CONAPESCA) (Tabla 4).

## **Principales Ecosistemas**

### ***Vegetación***

La vegetación constituye uno de los factores más importantes como componente de los ecosistemas de la biosfera, funciona como elemento de regulación climática, hidrológica, paisajista y controla la erosión de los suelos; por otra parte, proporciona hábitat y alimento a la fauna silvestre.

Los factores del medio que actúan como determinantes de los tipos de vegetación son: La topografía, la altitud sobre el nivel del mar, el suelo y el clima (precipitación pluvial y temperatura), dichos factores no actúan en forma aislada, sino que a menudo tienen influencias sobre la actividad de otros. Las principales comunidades de vegetación son las siguientes:

- Selva baja caducifolia
- Selva mediana subcaducifolia
- Bosque de encino
- Bosque de pino-encino
- Matorral sarcocaula
- Vegetación halófila
- Manglar
- Vegetación de dunas costeras

## **ÁREA NATURALES PROTEGIDAS**

La creación de las áreas naturales protegidas (ANP) tiene como propósito conservar la biodiversidad del país y detener los procesos de deterioro que le amenazan.

A la fecha se han registrado en el Diario Oficial de la Federación 61 Áreas Naturales Protegidas (34 Reservas de la Biosfera, 15 Parques Nacionales, 10 Áreas de Protección de Flora y Fauna, 1 Monumento Natural y 1 Santuario). Actualmente, las 61 ANP registradas cubren una superficie de 12,999,100 hectáreas que equivalen al 53.26 % de las 24,406,886 hectáreas decretadas.

## **NAYARIT**

Cuenta con 6 ANP (Tabla 5), en diferente estatus cada uno, con un área de 648,595 ha, sin contar aquellas que se encuentran en más de un estado (Marismas Nacionales y Cuenca de riego 043).

Tabla 5. Descripción de Áreas Naturales Protegidas en Nayarit.

<b>NOMBRE DEL ANP</b>	<b>Otras designaciones</b>	<b>Sitio Ramsar (# , Fecha de designación)</b>	<b>Fecha de Designación</b>	<b>Estado</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Isla Isabel	Parque Nacional y RAMSAR	71 (27-Nov-03)	07-Jun-00	Nayarit	194
Islas Marietas	Parque Nacional y RAMSAR	72 (2-Feb-04)	25-Abr-05	Nayarit	1,383
La Tovara	Santuario y RAMSAR	73 (02-Feb-08)		Nayarit	5,733
Islas Mariás	Reserva de la biosfera		27-Nov-00	Nayarit	641,285
<u>Cuenca Alimentadora del Distrito de Riego 043</u>	Áreas de protección de recursos naturales		08-Jun-49	Durango, Jalisco, Nayarit, Agascalientes y Zacatecas	2,328,975
Marismas Nacionales	Reserva de la biosfera y RAMSAR	101 (22-Jun-95)	12-May-10	Nayarit y Sinaloa	133,854



**Ilustración 3. Áreas naturales protegidas de Nayarit**

De dichas ANP's solo se encontraron fichas técnicas de:

### 1) Islas Marías

Arrecifes, manglares, selvas bajas deciduas, selvas medianas subdeciduas y vegetación: asociación de dunas costeras.

Especies representativas:

1) Flora: *Acacia cochliacantha*, *Plumeria rubra*, *Randia thurberi*, *Prosopis laevigata*, *Acanthocereus occidentalis*, *Opuntia sp.*, *Pereskia porteri*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Selenicereus vagans*, *Stenocereus standleyi*, *Cephalocereus aff. purpusii*, y *Mammillaria spp.*

2) Fauna: conejo de Tres Marías (*Sylvilagus graysoni*) y el mapache de las Islas Marías (*Procyon insularis*).

Presiones y amenazas: Incendios forestales, efectos de huracanes, sismos y actividad volcánica, introducción de especies exóticas en ecosistemas terrestres o acuáticos, erosión y degradación de suelos y contaminación (agua y suelo) ([http://simec.conanp.gob.mx/Info\\_completa\\_ext.php?id\\_direccion=63](http://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=63)).

### 2) Isla Isabel

Selva baja caducifolia, vegetación de dunas costeras. En las inmediaciones de la isla hay presencia de tortugas marinas, principalmente golfina prieta y Carey.

Especies representativas

1) Flora: *Crataeva tapia*, *Euphorbia schlechtendalii*, *E. schlechtendalii*, *Cyperus lingularis*, *Jouvea pilosa* y *Cenchrus viridis* e *Ipomea* sp.

2) Fauna: *Fregata magnificens*, *Sula leucogaster*, *Sula nebouxii*, *Sula sula*, *Pelecanus occidentales*, *Phaethon aethereus*, *Larus heermanni*, *Sterna fuscata*, *Ctenosaura pectinata* e *Iguana iguana*.

Presiones y amenazas: Sobreexplotación de especies, incendios forestales, efectos de huracanes, sismos y actividad volcánica, introducción de especies exóticas en ecosistemas terrestres o acuáticos, malas prácticas turísticas, contaminación (agua y suelo) ([http://simec.conanp.gob.mx/Info\\_completa\\_ext.php?id\\_direccion=62](http://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=62)).

### 3) Islas Marietas

Vegetación existente: Selva caducifolia

Especies representativas

1) Flora: *Phlebodium decumanum*, *Orbignea guacoyule* (*Athalea cohune*).

2) Fauna: *Sula leucogaster*, *Larus atricilla*, *Larus heermanni*, *Sula nebouxii*, *Fregata magnificens*, *Progne chalybea* y *Pelecanus occidentalis*.

Presiones y amenazas: Desarrollo de infraestructura de turismo de alto impacto, efectos de huracanes, sismos y actividad volcánica, presión por malas prácticas turísticas, contaminación (agua y suelo) ([http://simec.conanp.gob.mx/Info\\_completa\\_ext.php?id\\_direccion=64](http://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=64)).

### 4) Cuenca alimentadora del Distrito de riego 043

Vegetación existente: Bosque de coníferas, Bosque de encino, Bosque mesófilo de montaña, Matorral xerófilo, Palmar natural, Pastizal, Selva caducifolia, Selva subcaducifolia, Sin vegetación aparente, Vegetación hidrófila, Vegetación inducida.

Especies representativas

1) Flora: *No hay información disponible*

2) Fauna: *No hay información disponible*

Presiones y amenazas: Explotación no planificada de recursos forestales (maderables y no maderables), erosión y degradación de suelos ([http://simec.conanp.gob.mx/Info\\_completa\\_ext.php?id\\_direccion=198](http://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=198)).

## 5) Marismas Nacionales

Son representativas de una gran diversidad de ecosistemas como vegetación halófila, cuerpo de agua, selva baja caducifolia, matorral espinoso, vegetación de dunas costeras, esteros, lagunas, marismas y manglares.

Especies representativas

1) Flora: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*.

2) Fauna: *Panthera onca*, *Herpailurus yagouarondi*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii*, *Crocodylus acutus*, *Amazona finschii*, *Ardea herodias santilucae*, *Egretta rufescens*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata* y *Lepidochelys olivacea*.

Cabe mencionar que la ficha técnica en la parte de presiones y amenazas se encontró la leyenda: “no existen datos” ([http://simec.conanp.gob.mx/Info\\_completa\\_ext.php?id\\_direccion=167](http://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=167)).

## Sinaloa

Cuenta con 9 ANP's, con un área de 497,937 ha (sin contar Marismas Nacionales la cual comparten con el estado de Nayarit) (Tabla 6).

Tabla 6. Descripción de Áreas Naturales protegidas en Sinaloa.

NOMBRE DEL ANP	Otras designaciones	Sitio Ramsar (#, Fecha de designación)	Fecha de Designación	Estado	Superficie (ha)
Meseta de Cacaxtla	Áreas de protección de recursos naturales		27-Nov-00	Sinaloa	50,862
Playa Ceuta	Santuario y RAMSAR	97 (02-Feb-08)	Decreto de Creación: 29-Oct-86 Acuerdo de Recategorización: 16-Jul-02	Sinaloa	77
<u>Playa el Verde Camacho</u>	Santuario y RAMSAR	94 (02-Feb-04)	Decreto de Creación: 29-Oct-86 Acuerdo de Recategorización: 16-Jul-02	Sinaloa	63
Laguna Playa Colorada – Santa María La Reforma	RAMSAR	95 (02-Feb-04)		Sinaloa	53,140

Laguna Huizache-Caimanero	RAMSAR	96 (02-Feb-07)		Sinaloa	48,283
Ensenada de Pabellones	RAMSAR	98 (02-Feb-08)		Sinaloa	40,639
Sistema Lagunar San Ignacio – Navachiste – Macapule	Patrimonio Natural y RAMSAR	99 (02-Feb-08)		Sinaloa	79,873
Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira	RAMSAR	100 (02-Feb-09)		Sinaloa	225,000

Vegetación existente: Selva caducifolia, Selva espinosa, Vegetación hidrófila, Manglar.



**Ilustración 4. Áreas naturales protegidas**

De dichas ANPs solo se encontraron fichas técnicas de:

**1) Meseta de Cacaxtla**

Especies representativas

1) Flora: selvas bajas caducifolias, las selvas medianas subcaducifolias, así como los matorrales xerófilos, los esteros y las lagunas representan una gran riqueza natural.

2) Fauna: La tortuga marina, el pargo, el tiburón, la curvina, el camarón, la langosta, el pelicano café, la fragata, el loro frente blanca, el loro corona lila, el carpintero cabeza roja, la lechuza, la cerceta alas verdes, la cerceta alas azules, el águila pescadora, el halcón peregrino, el venado cola blanca, el jabalí, el puma, el jaguar, el tigrillo, el ocelote, el cacomixtle, el coatí, el mapache, el monstruo de gila, y la víbora de cascabel.

Presiones y amenazas: Contaminación (agua y suelo) ([http://simec.conanp.gob.mx/Info\\_completa\\_ext.php?id\\_direccion=19](http://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=19)).

## **2) Playa Ceuta**

Playa de Anidación de tortuga marina

Vegetación existente: Selva caducifolia, Sin vegetación aparente, Vegetación hidrófila

Especies representativas

1) Flora: *No hay información disponible*

2) Fauna: *tortugas marinas*

Presiones y amenazas: Sobreexplotación de especies, Tráfico ilegal de especies silvestres

## **3) Playa Verde Camacho**

Playa de Anidación de tortuga marina

Vegetación existente: Pastizal, Selva espinosa, Vegetación de dunas costeras, Vegetación hidrófila.

Especies representativas

1) Flora: *No hay información disponible*

2) Fauna: *tortugas marinas*

Presiones y amenazas: Sobreexplotación de especies, Tráfico ilegal de especies silvestres ([http://simec.conanp.gob.mx/Info\\_completa\\_ext.php?id\\_direccion=21](http://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=21)).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dado que estos sistemas costeros se ubican en el Pacífico están sujetos a un clima extremo: de escasas o nulas lluvias en la época de sequía y una época de lluvias torrenciales. Estos ambientes costeros son importantes por diversos puntos de vista: por su mayor superficie, por su evolución geológica, porque son puertos, hay turismo, existen recursos pesqueros, hay una importante acuicultura (camarón), así como por haber sido nombrados Sitios Ramsar (Marismas Nacionales). Con el cambio de clima y el consecuente aumento del nivel del mar, la modificación del frente hidráulico no les permitiría descargar las aguas fluviales y de origen antropogénico al mar y esto traducirse en un posible incremento de materiales (salinidad, sales inorgánica-orgánicas del nitrógeno y de fósforo, así como de materia orgánica y la disminución del grado de aireación) con tendencia a la eutrofización de los cuerpos costeros con las consecuencias de la disminución de los recursos.

Específicamente las variaciones salinas de las lagunas en esta región del sur de Sinaloa y Nayarit, han mostrado un significativo incremento en la época de sequías llegando a la hipersalinidad, dada la disminución de los aportes fluviales y pluviales, aunado al cierre de las comunicaciones marinas por su evolución geológica natural y ahora acelerada por las actividades humanas. En estos cuerpos de agua costeros la época de lluvias diluye la salinidad llegando a mesohalino, aunque la apertura de bocas marinas, como la de Cuautla (Marismas Nacionales) ha experimentado una salinización inapropiada para las comunidades de flora y fauna. Con la expansión agrícola y acuícola, se han fragmentado y azolvado estos ambientes con la consecuente formación de marismas y por lo tanto mayor salinización.

Se registraba normalmente desde hipoxia hasta la sobresaturación de oxígeno ( $< 2.0$  a  $>6.0$  ml/l), pero actualmente con el incremento de esas actividades humanas la hipoxia es más frecuente con tendencia a la anoxia.

Las granjas camaroneras de Sinaloa están situadas en la planicie costera, las de la zona sur, entre la línea de playa y el borde continental de las lagunas costeras; las de la zona centro, alejadas de la línea de playa entre la parte estuarino-lagunar y el límite de los terrenos de uso agrícola. Las de la zona norte cerca de la línea de playa, entre la parte estuarino-lagunar y el límite de los terrenos agrícolas.

Están construidas en áreas de inundación con suelos aluviales, litorales y palustres con fase salino-sódica. Por lo general en estas regiones se encuentran las partes terminales de las cuencas de los ríos y arroyos de temporal que al desembocar en el Océano Pacífico forman parte de lagunas costeras y arroyos.

La acción erosiva de las aguas está causando la pérdida de suelos en algunas partes medias y altas de la sierra, el producto de esta erosión es acarreado hasta las zonas bajas en donde ha causado un alto nivel de azolvamiento en esteros y lagunas costeras, sobre todo en la zona sur del Estado.

En las zonas centro y norte del Estado, las aguas superficiales presentan un alto nivel de utilización para uso agrícola, para lo cual existen complejas redes de canales de riego que mantienen una actividad agrícola permanente con aplicación intensiva de fertilizantes y plaguicidas. El agua de desecho de estos sistemas de riego desemboca, mediante canales (drenes) a las regiones estuarino-lagunares en donde se ubica la mayoría de las granjas camaroneras.

Como ya se mencionó anteriormente, las granjas camaroneras de Sinaloa están ubicadas en áreas de inundación por lo que se han presentado problemas de daños a instalaciones e infraestructura de apoyo en las granjas durante la época de lluvias y huracanes. Esta situación representa ya una problemática constante a la que habrán de enfrentar los camaricultores con las estrategias más adecuadas de construcción.

Cabe destacar que en estos estados la camaronicultura se desarrolla activamente con altas producciones, por lo que las fertilizaciones y adiciones de alimento son significativas e incrementan las concentraciones de nutrientes y materia orgánica en las aguas de recambio, que toman del los ríos y llegan a los cuerpos receptores (lagunas, estuarios, marismas, alcanzando incluso el ambiente marino). Páez-Osuna *et al.* (2007) han estimado en un balance de masas una entrada de nitrógeno en el agua de ingreso a los estanques (17.8%) y un incremento a la de salida (36.7%) debida a las fertilizaciones y adiciones de alimento; en el caso del fósforo de 13.4% y 30.3%, respectivamente. Estos excesos de nutrientes en el agua de recambio y descargados a las propias lagunas pueden ser amortiguados según la capacidad de carga, pero como esta actividad acuícola puede ser semi-intensiva o intensiva con dos ciclos de cosecha al año, las descargas pueden sobrepasar dicha capacidad de asimilar los excesos de nutrientes y en consecuencia condicionarse un ambiente eutrófico, aún cuando el agua de recambio llegara al mar. Dichos autores han calculado descargas de nitrógeno y fósforo a los sistema costeros predominando en orden de importancia, el atmosférico, agrícola, ganadero, suelos, acuícola y municipal (Páez-Osuna *et al.*, 2007)

Con base en la literatura consultada se obtuvieron los siguientes resultados de los parámetros fisicoquímicos y con ellos se calculó el índice de vulnerabilidad.

## **Nayarit**

De acuerdo a los datos anteriores se destaca un alto impacto por salinidad y oxígeno. Bajo impacto por fosfatos, clorofila y nitrógeno. Se puede ver que para las regiones estudiadas la salinidad (hipersalinidad) y el oxígeno (hipoxia-anoxia) son parámetros limitantes, no así para clorofila, fosfatos y nitrógeno (Tabla 7, 8).

Tabla 7. Datos fisicoquímicos de algunas localidades en Nayarit.

NAYARIT	Salinidad (ups)	Oxígeno (ml/L)	Nitratos (μmol/L)	Nitritos (μmol/L)	Amonio (μmol/L)	Fosfatos (μmol/L)	Clorofila (mg/m <sup>3</sup> )	Enterococos (NMP/100 ml)
Laguna de Mezcaltitlán	35	5.8	NR	NR	1.8	4.7	NR	NR
Parque Nacional Isla Isabel	34	5.7	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Laguna Agua Brava	27.3	4	2	2	NR	0.7	0.5	NR
Laguna el Valle	27.8	3.7	0.7	0.1	0.4	0.3	0.3	NR
Estero El Gavilán	24	2.4	0.3	0.9	2.4	0.9	1.7	NR
Laguna Pescadero	23.7	3.9	0.3	1.6	2.1	3	1	NR

NMP= número mas probable; NR= no reportado

Tabla 8. Vulnerabilidad en Nayarit considerando parámetros fisicoquímicos.

Nayarit	Salinidad	Fosfatos	Oxígeno	Clorofila	Nitrogeno	Enterococos
M	3	1	3	1	1	NR
E	3	1	3	1	1	NR
D	3	3	3	2	2	NR
MED	1	0.56	1	0.44	0.44	NR

NR= No reportado

## Sinaloa

De acuerdo a los datos anteriores se destaca un alto impacto por salinidad y oxígeno. Bajo impacto por fosfatos, clorofila y nitrógeno, para enterococos impacto medio. Se puede ver que para las regiones estudiadas la salinidad (hipersalinidad) y el oxígeno (hipoxia-anoxia) son parámetros limitantes, no así para clorofila, fosfatos y nitrógeno, y se debe poner atención en la variabilidad en el parámetro bacteriológico (Tabla 9, 10).

Tabla 9. Datos fisicoquímicos de algunas localidades en Sinaloa.

SINALOA	Salinidad (ups)	Oxígeno (ml/L)	Nitratos (μmol/L)	Nitritos (μmol/L)	Amonio (μmol/L)	Fosfatos (μmol/L)	Clorofila (mg/m <sup>3</sup> )	Enterococos (NMP/100 ml)
Laguna San Ignacio Navachiste	37.5	6.3	3	0.2				
Sistema lagunar Chiricahueto-Caimanero	26.8	5.3	1.1	3.9	68	3.15		
Estero Teacapán		4.4				1	0.3	109
Laguna Grande	25.6	3.7			0.8	1.7	0.1	109
Laguna Pericos	25.4	3.1	0.4	0.2	2.3	0.7	0.2	

NMP= número mas probable

Tabla 10. Vulnerabilidad en Sinaloa considerando parámetros fisicoquímicos.

Sinaloa	Salinidad	Fosfatos	Oxígeno	Clorofila	Nitrógeno	Enterococos
M	3	1	3	1	2	2
E	3	1	3	1	1	2
D	3	3	3	2	2	2
MED	1	0.56	1	0.44	0.56	0.67

## Manglar

Del total de la superficie de manglar existente en México, 43% es superficie que se encuentra decretada como Área Natural Protegida (ANP) y 64% de la superficie total de cobertura de manglar en nuestro país, está inscrito en la Convención Internacional Ramsar, para la protección de los humedales. En México existen solo cuatro especies que componen este ecosistema *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro, madre de sal) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). En investigaciones como: “Estudio ecológico y poblaciones de *rhizophora mangle* en México” y “Los manglares de México: estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo” se reportan 3 especies de mangle para el estudio de marismas nacionales (Tabla 11) en los estados de Sinaloa y Nayarit (Tabla 12).

Debido al efecto de la salinidad sobre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), la estimación del índice de impacto ambiental nos dice que el impacto sobre esta especie es medio, no así para las otras especies existentes (Tabla 11) cuyo impacto es bajo.

Tabla 11. Estimación de del índice básico de impacto ambiental ( $MED_{ij}$ ) para las especies dominantes de mangle en Nayarit y Sinaloa.

Especie	Condición adecuada (salinidad en ups)	Salinidad reportada (ups)	M	E	D	$MED_{ij}$
<i>Rhizophora mangle</i> (rojo)	10-100	25.6	1	3	3	0.78
<i>Laguncularia racemosa</i> (blanco)	15-20	25.6	2	3	3	0.89
<i>Avecennia germinans</i> (negro)	40	25.6	1	3	3	0.78
Promedio						0.82
Desviación estándar						0.06

Tabla 12. Descripción de los manglares en Nayarit y Sinaloa (Tomada de CONABIO, 2009).

MANGLARES	NAYARI T	SINALOA A
Extensión de manglar (superficie (ha))	71,742	80,597
Extensión de la línea de costa (superficie (ha))	299	634
Manglar en áreas naturales protegidas federales (superficie (ha))	-	8,394
Manglar en áreas naturales protegidas estatales (superficie (ha))	-	348
Total de manglar bajo protección (superficie (ha))	-	8,742
Sitios prioritarios de manglar (Número)	1	4
Sitios RAMSAR con Manglar (Número)	2	7
Áreas naturales protegidas federales con manglar (Número)	-	2
Áreas naturales protegidas estatales con manglar (Número)	1	1
Línea de costa ocupada con manglar (porcentaje)	55.2	69.1
Manglar protegido en el estado (Porcentaje)	-	11

Para calcular el grado vulnerabilidad del manglar por estado, se consideró tanto el número de especies como la cobertura del manglar en hectáreas de las tres zonas y el tipo de manglar que domina.

El grado de vulnerabilidad en los estados de Nayarit y Sinaloa respecto al número de especies y extensión del manglar es bajo, debido al área que abarca este ecosistema son muy similares en los dos estados (Tabla 13).

Tabla 13. Grado de vulnerabilidad en manglares de los estados de Nayarit y Sinaloa.

Manglar	Parámetro	Nayarit	Sinaloa
	No. De especies	4	4
	Extensión	71,742	80,597

Grado de vulnerabilidad	1	1
-------------------------	---	---

El manglar del sur de Sinaloa y norte de Nayarit es de los más extensos del mundo (Marismas Nacionales, Tabla 13) con un grado de alteración bajo, por lo que su resiliencia es mayor así como su cobertura lo que le brinda un menor grado de vulnerabilidad ante eventos naturales extremos .

Las presiones humanas sobre este tipo de ecosistema han provocado una disminución de la cobertura natural; las mediciones realizadas a través de la herramienta satelital han permitido estimar que de 1970 a 1993 se perdió aproximadamente un 23% del manglar de Nayarit (Ramírez *et al.*, 1998) y un valor similar fue estimado para Sinaloa (Ruiz y Berlanga, 1999); además, la variabilidad en los datos reportados sobre deforestación de manglar es tal que no permite uniformizar los criterios para atender en orden de prioridad aquellas localidades que realmente estén siendo afectadas por las actividades antropogénicas, principalmente la tala de este recurso forestal, a pesar de existir en la actualidad normatividad nacional vinculada con este rubro ambiental. Todo este panorama hace que este ecosistema sea particularmente vulnerable. La creación de infraestructura de comunicaciones terrestres, petrolera, turística, urbana, eléctrica, así como insumos domésticos de carbón y leña, artefactos para pesquerías como tapos, galeras para secado de tabaco, aprovechamiento de taninos, son ejemplos de la amplia diversidad en la que el manglar se ha utilizado desde hace muchas décadas, creando hábitos y mitos difíciles de modificar con la subsecuente alteración del manglar que aunado a los fenómenos naturales, se magnifica el grado de impacto recibido.

## **Pesquerías**

Los planes de desarrollo nacional han impuesto condiciones críticas al equilibrio ecológico existente en las zonas costeras y ribereñas. Las obras portuarias, industriales y turísticas, aunadas a la creciente explotación de recursos pesqueros, ocasionan alteraciones ambientales de diferente magnitud y persistencia, lo cual afecta de manera directa a la pesca ribereña artesanal. Por sus implicaciones socioeconómicas, la pesca ribereña artesanal ha sido considerada reiteradamente, por organismos nacionales e internacionales, como un elemento esencial en los planes integrales de ordenamiento de la zona costera.

En la actualidad, la declinación en la producción de las especies acuáticas en general se ha asociado a la pérdida de diversos tipos de hábitats estuarinos y ribereños, como la vegetación acuática sumergida, vegetación marginal halófila, substratos someros lodosos, arrecifes ostrícolas y restos de vegetación arbórea. Sin embargo, es pertinente señalar que la declinación en el tamaño de las poblaciones es causada por una serie de procesos biológicos, geológicos, físicos y químicos, tales como la alteración física de los hábitats, la modificación de los influjos de agua dulce y la contaminación crónica o accidental.

Los recursos pesqueros son los bienes más abundantes y valiosos que la franja costera ofrece para satisfacer las necesidades de una creciente población. O bien, no se utiliza

ni con la intensidad ni con el cuidado que merecen, todo lo cual se refleja en quienes se dedican a dicha actividad. La pesca en el litoral de Sinaloa y Nayarit es una actividad socioeconómica de primer orden, sobre todo la camaronicultura es la actividad que sustenta en gran medida la economía de la región.

Sinaloa cuenta con el mayor número de unidades comerciales de producción de cultivo de camarón en el país, de acuerdo con la Carta Nacional Pesquera, se registraron 488 granjas con una superficie de 41,557 ha en 2003; CONAPESCA para 2006 reporta 592. En Nayarit se registraron 60 granjas con una superficie de 3,252 ha; (INP/SAGARPA, 2006), de ahí la importancia que tenga este estado sobre la pesquería a nivel nacional.

El volumen total de organismos capturados en la zona litoral de Sinaloa es de 224,639 toneladas por año. Los túnidos representan 39.5% de la pesca litoral con un volumen de 88,661 toneladas por año; mientras que el tiburón y el cazón representan el 2.3%. Los grupos biológicos son túnidos, sardinas, camarones, jaibas, mojarras y tiburones y cazones; el volumen de producción acuícola es de 31,061 toneladas por año. El camarón es el producto que representa la mayor parte con el 81% de la captura total (25,159 toneladas año<sup>-1</sup>); el ostión es el recurso con menor captura (< 1%), 27 toneladas anuales.

Las pesquerías en los estados de Nayarit y Sinaloa se encontrarían en riesgo debido al incremento del nivel del mar (granjas acuícolas cercanas a la costa cuya infraestructura se verá afectada por dicho evento). El grado de vulnerabilidad calculado considera el volumen de producción de pesca y en el grado de vulnerabilidad en ambos estados es medio, porque no solo estaría en riesgo las pesquerías si no también aquellas poblaciones asociadas a dicha actividad, los hábitos de algunas comunidades cambiarían y se verían reflejadas en los costos de producción de los productos pesqueros. No se tiene el conocimiento exacto de cuantas granjas pudiesen ser afectadas, esto debido a que solo se habla de números de granjas sin especificar a que altitud se encuentran dichas construcciones y si la geografía relacionada a cada una de ellas permitiría su operación posterior a eventos severos.

Tomando en cuenta estos valores de captura tanto pesquera como acuícola, se estimó el grado de vulnerabilidad de los recursos pesqueros para las tres entidades litorales analizadas, obteniendo la siguiente categorización de fragilidad debido a las amenazas del incremento del nivel del mar y de los eventos hidrometeorológicos extremos (Tabla 14).

Tabla 14. Grado de vulnerabilidad en recursos pesqueros de los estados de Nayarit y Sinaloa.

Parámetro	Nayarit	Sinaloa
Acuicultura	3	3
Productos de escama	2	2
Granjas camaronícolas	2	2
Psicultura	2	2
Pesquerías	2	2

## **Áreas Naturales Protegidas (ANP)**

Para complementar este análisis, se consideraron otros criterios ecosistémicos de jerarquía más alta que engloban una mayor biodiversidad, también contemplan el aprovechamiento sustentable de la misma por núcleos de población humana específicos, se trata de las áreas naturales protegidas (ANP's) a nivel nacional y de los sitios RAMSAR en escala internacional.

Desde hace varias décadas los estudiosos del ambiente, su conservación y aprovechamiento razonado, propusieron la creación de áreas naturales protegidas como uno de los mecanismos para conservar la naturaleza, perfectible, con el objetivo fundamental de preservar los recursos para las generaciones venideras. En el contexto del desarrollo regional sustentable, las ANP's permiten la vinculación entre las actividades socioeconómicas y la conservación mediante los procesos de ordenamiento ecológico de México.

Las áreas protegidas fueron definidas como porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados; se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Se clasifican en seis categorías: reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna, santuarios (CONANP, 2009).

### **Reservas de la Biosfera (RB)**

Son áreas representativas de uno o más ecosistemas no alterados por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

### **Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFyF)**

Son áreas establecidas de conformidad con las disposiciones generales de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y otras leyes aplicables en lugares que contienen los hábitats de cuya preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres.

### **Santuarios (S)**

Áreas establecidas en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna o por la presencia de especies subespecies o hábitat de distribución restringida. Abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas.

Para propósitos de la evaluación de la vulnerabilidad ecológica costera, se estimó el número de áreas naturales protegidas existentes hasta la fecha en cada una de las dos entidades litorales que se seleccionaron. Asimismo, se consideró la superficie total oficial de estas áreas para poder calcular el grado de vulnerabilidad que pueden poseer. En el cuadro 15 se presenta esta información y puede observarse que Sinaloa cuenta con la cantidad mayor de ANP's, en total posee 9 áreas protegidas de diversa índoles, desde reservas de la biosfera, santuarios, hasta áreas de protección de flora y fauna silvestre con aproximadamente 497,937 ha; en segundo lugar está Nayarit con 6 áreas naturales protegidas, un santuarios, 2 reservas de la biosfera y uno para proteger la flora y la fauna silvestres con aproximadamente 648,595 ha.

En la tabla 15 se presenta el grado de vulnerabilidad para los dos estados analizados. Sinaloa obtiene el valor más alto (3), es influenciado directamente por la dimensión de la superficie protegida reportada. Nayarit obtiene el valor medio.

Tabla 15. Grado de vulnerabilidad ecológica de los litorales de Nayarit y Sinaloa.  
Criterio ecológico: Áreas Naturales Protegidas (ANP).

Entidad	No. de ANP	Tipos y no. de ANP	Superficie de ANP (ha)	Grado de vulnerabilidad
Nayarit	6	2 RB, 2 PN, 1 S y 1 APFyF	648,595	2
Sinaloa	9	2 S, 2 APFyF, 1 RB y 5 Nd	497,937	3

RB: Reserva de la Biosfera; APFyF: Área de Protección de Flora y Fauna; S: Santuario; PN: Parque nacional; Nd: no definidos

De acuerdo a los sitios RAMSAR, Nayarit presentó un valor de 3, ya que presentó una superficie menor respecto a Sinaloa.

Tabla 16. Grado de vulnerabilidad ecológica de los litorales de Nayarit y Sinaloa.  
Criterio ecológico: Sitios RAMSAR.

Entidad	No. de sitios RAMSAR	Superficie (ha)	Grado de vulnerabilidad
Nayarit	4	7,310	3
Sinaloa	7	148,516	2

Por lo tanto, las amenazas actuales y futuras derivadas de las actividades humanas y de los eventos naturales acelerados por las mismas, entre ellos los propiciados por el cambio climático global, tendrán un impacto en estos ecosistemas costeros y el grado de conservación que tengan será una característica que los haga resistir y sobrevivir adecuadamente a estas presiones; en la actualidad, esta región natural tan importante no tiene estatus de área natural protegida, se esperaría que en poco tiempo se logre la designación de ANP y con ello la procuración de recursos y esfuerzos para su conservación y aprovechamiento sostenible a largo plazo.

La vulnerabilidad ecológica de una región, un estado o un país, debe evaluarse de forma integral ya que si se considera sólo un aspecto de la ecología, posiblemente se incurra en una valoración limitada de este problema.

Es necesario incluir el criterio de las áreas naturales protegidas (ANP's), ya que en esta conceptualización operativa están contemplados aspectos de biodiversidad, de utilización planificada de los recursos, de educación ambiental, entre otros, por lo que es de carácter integral y permite promover la designación de nuevas áreas protegidas, proporcionando un territorio nacional ordenado con miras a la conservación de los recursos naturales y por tanto, a fortalecer su capacidad de resistencia a las amenazas que se presenten.

## CONCLUSIONES

El impacto de los fenómenos climáticos, tales como son los fenómenos hidrometeorológicos extremos (tormentas, huracanes, ciclones e inundaciones) es uno de los principales eventos que influyen en el estado de salud de una zona costera.

De acuerdo a los resultados obtenidos, del grado de vulnerabilidad ecosistémica, de los criterios ecológicos generales y del índice básico de impacto ambiental  $MED_{ij}$ , en la tabla 16 se presenta la integración del comportamiento mostrado de forma individual para Sinaloa y Nayarit en función de los diversos criterios y parámetros considerados.

Nayarit, es la entidad litoral que presenta dos grados de vulnerabilidad ecológica y de impacto ambiental más altos respecto a Sinaloa, que son los sitios RAMSAR y los recursos pesqueros. Sin embargo, tomando en cuenta los 7 parámetros analizados en este estudio, se observa que los dos estados presentan grados de vulnerabilidad muy semejantes, debido básicamente a la conformación ecológica de ambas (Tabla 16).

El caso de Sinaloa, es importante señalarlo ya que en la región sur de este Estado del Pacífico subtropical mexicano y en la zona norte del vecino estado de Nayarit se localiza uno de los ecosistemas más importantes del mundo, los humedales conocidos como Marismas Nacionales, donde el manglar es un área fundamental, lo que le ha valido ser designado como un sitio Ramsar, las amenazas actuales y futuras derivadas de las actividades humanas y de los eventos naturales acelerados por las mismas, entre ellos los propiciados por el cambio climático global, tendrán un impacto en estos ecosistemas costeros y el grado de conservación que tengan será una característica que los haga resistir y sobrevivir adecuadamente a estas presiones; en la actualidad (Tabla 16).

Tabla 16. Grado de vulnerabilidad ecológica de los litorales de Nayarit y Sinaloa. Criterios ecológicos e índice de impacto ambiental.

Entidad	Fisicoquímicos	Manglar	ANP	RAMSAR	Recursos pesqueros	$MED_{ij}$ (manglar)	Grado de vulnerabilidad
Nayarit	2	1	2	3	3	0.82	2
Sinaloa	2	1	3	2	2	0.82	2

La vulnerabilidad ecológica de una región, un estado o un país, debe evaluarse de forma integral ya que si se considera sólo un aspecto de la ecología, posiblemente se incurra en una valoración limitada de este problema.

Es necesario incluir el criterio de las Áreas Naturales Protegidas, ya que en esta conceptualización operativa están contemplados aspectos de biodiversidad, de utilización planificada de los recursos, de educación ambiental, entre otros, por lo que es de carácter integral y permite promover la designación de nuevas áreas protegidas, proporcionando un territorio nacional ordenado con miras a la conservación de los recursos naturales y por tanto, a fortalecer su capacidad de resistencia a las amenazas que se presenten.

En general, aquellas comunidades que no se adaptan fácilmente serán las más susceptibles de impactar. Por lo que el grado de conservación o deterioro del manglar, la presencia de áreas protegidas y la abundancia y diversidad de recursos pesqueros y camaronícolas, tomando en cuenta que esta industria aporta una parte importante a la economía nacional, van a determinar el grado de la vulnerabilidad en estas dos regiones y con ello las consecuencias que puedan derivarse de eventos naturales o antropogénicos extraordinarios; una evaluación previa de los posibles escenarios, debe redituarse en contar con medidas de prevención, o en su caso de restauración de ecosistemas alterados para aumentar su resiliencia y con ello su permanencia ante las amenazas que puedan presentarse.

## VULNERABILIDAD DE ZONAS COSTERAS DE SINALOA Y NAYARIT ANTE EL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR

En esta sección se presenta una estimación de la extensión territorial afectada en el caso de incrementos del nivel del mar de 1m para la costa de los estados de Sinaloa y Nayarit. Así mismo, se estima el número de habitantes afectados en las zonas vulnerables que se producirían por este incremento. Para ello, se utilizan los datos de elevación del terreno de la Shuttle Radar Topography Mission de la NASA junto con un algoritmo propio que permite la reconstrucción de la zona afectada. En la estimación de la superficie, se empleó el procesamiento digital de imágenes para la delimitación de dichas zonas. Los resultados se procesan georreferenciados para compararlos con los asentamientos humanos en la región del estudio.

### OBJETIVO

Determinar la extensión territorial y la población afectada ante el incremento del nivel del mar en el escenario de 1m en la costa de Sinaloa y Nayarit.

Obtener y procesar información de elevación de Terreno para la costa los estados de Sinaloa y Nayarit.

- Estimar la extensión territorial vulnerable en el escenario del incremento de 1m en el nivel del mar.
- Determinar la extensión territorial vulnerable para cada estado considerado.
- Determinar el número de habitantes y las poblaciones más vulnerables ante el escenario considerado.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Superficie vulnerable

Los resultados de la superficie vulnerable se muestran en la tabla 1. Para Sinaloa, se observa una superficie vulnerable correspondiente al 7.79% de su extensión territorial, lo que corresponde a 4,470 km<sup>2</sup>. En el caso de Nayarit, se tiene que el 6.86% de su superficie es vulnerable. Esto es, 1,908 km<sup>2</sup>.

**Tabla 1**

<b>Estado</b>	<b>%</b>	<b>Sup. Vul.*</b>
Sinaloa	7.79%	4,470
Nayarit	6.86%	1,908

\* en km<sup>2</sup>

#### Población afectada

La tabla 2 muestra el número de habitantes vulnerables por estado. Para Sinaloa 466,068 habitantes viven en zonas vulnerables, cantidad que representa el 17.86% de la población total. Estos se distribuyen en 41 asentamientos. La densidad de habitantes en zonas vulnerables es de 104.26 hab/km<sup>2</sup>.

En cuanto a Nayarit, 78,141 personas viven en zonas vulnerables, lo que corresponde al 8.22% de la población total del estado. Esta población se distribuye en 26 asentamientos. En este caso, la densidad de habitantes en zonas vulnerables es de 40.95 hab/km<sup>2</sup>.

**Tabla 2.** Resultados de la población afectada por estado

	<b>Estado</b>	<b>Hab. Vulnerables</b>	<b>%Pob.</b>	<b>No. Asentamientos</b>	<b>Densidad Hab/km<sup>2</sup></b>
1	Sinaloa	466,068	17.86%	41	104.26
2	Nayarit	78,141	8.22%	26	40.95

En la siguiente tabla se listan los asentamientos poblacionales que se encuentran en zonas vulnerables en cada uno de los estados, junto con el número de habitantes y sus coordenadas geográficas.

### Sinaloa

<b>Localidad</b>	<b>Población</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Altata	1737	24.636	-107.933
Bachoco	3204	25.698	-108.814
Bachomobampo Número Dos	1411	25.739	-109.147
Bacorehuis	1740	26.320	-109.086
Barrón	1833	23.123	-106.276
Campo San Juan	1206	23.914	-106.940
Chametla	1810	22.878	-105.958
Costa Azul	1611	25.104	-108.136
Cristo Rey	1797	22.582	-105.724
Dauillos	2270	24.719	-107.974
Ejido de la Campana Número 1	1068	22.698	-105.603
El Caracol	1060	25.494	-108.746
El Castillo	3008	24.544	-107.704
<b>Localidad</b>	<b>Población</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
El Castillo	2265	23.196	-106.339
El Cerro Cabezón	2889	25.566	-108.857
El Cubilete (El Cubilete Número Uno)	2642	25.480	-108.520
El Estero (Juan José Ríos)	4280	25.763	-108.837
El Huitussi	2379	25.510	-108.778
El Molino (El Molino de Sataya)	1246	24.571	-107.665
El Progreso	1155	25.432	-108.593
Empaque Tarriba	2382	23.903	-106.931
Fraccionamiento los Ángeles	5011	24.848	-107.361
Isla del Bosque	4588	22.733	-105.846
Jitzamuri	1404	26.214	-109.264

Juan José Ríos	23468	25.757	-108.822
La Brecha	2075	25.371	-108.419
La Reforma	6859	25.081	-108.056
Las Aguamitas	1675	24.576	-107.801
Las Arenitas	1831	24.373	-107.536
Las Grullas Margen Derecha	1324	25.878	-109.338
Las Grullas Margen Izquierda	2371	25.854	-109.328
Los Pozos	1006	23.009	-106.153
Mazatlán	352471	23.241	-106.410
Ojo de Agua de Palmillas	2673	22.620	-105.604
Palmito del Verde	1334	22.659	-105.771
Palos Verdes	1307	25.379	-108.458
Playa Colorada	1018	25.290	-108.324
Pueblo Nuevo	1437	24.594	-107.351
Teacapan	4034	22.540	-105.738
Tecualilla	1157	22.767	-105.672
Topolobampo	6032	25.606	-109.050

## Nayarit

Localidad	Población	Latitud	Longitud
Bucerías	11059	20.7552778	105.334722
San Blas	9114	21.5397222	105.285556
La Peñita de Jaltemba	7062	21.0386111	105.249167
Valle Dorado	6400	20.7136111	105.275556
Las Jarretaderas	5589	20.6925	105.273889
Mezcales	3814	20.7302778	105.284444
Villa Juárez (La Trozada)	2796	21.6891667	105.389722
Guadalupe Victoria (La Virocha)	2613	21.6797222	-105.3275
Cruz de Huanacastle	2589	20.75	105.382222
Sayulita	2318	20.8688889	105.440833
Pericos	2144	22.0494444	105.354167
Colonia Paraíso Escondido	2069	21.0533333	105.238333
Corral del Risco (Punta de Mita)	2032	20.7736111	105.516667
Rincón de Guayabitos	1919	21.0261111	-105.265
Aután	1652	21.69	105.307222
Lo de Marcos	1560	20.9569444	105.353333
Cañada del Tabaco	1548	21.7097222	105.354167
Pimientillo	1516	22.0158333	105.410556
Puerta de Mangos	1485	21.7169444	105.335278
San Francisco	1459	20.9025	105.413333

Palmar de Cuautla (Cuautla)	1370	22.2197222	-105.6475
Santa Cruz de Miramar	1353	21.4325	105.197778
Colonias 18 de Marzo	1299	22.0463889	105.309167
Santa Cruz (Las Haciendas)	1233	21.9811111	105.601389
Boca de Camichín	1078	21.7463889	105.489444
Unión de Corrientes	1070	21.9752778	-105.43

En la figura 1 y 2, se muestran los mapas de la zona estudiada con las poblaciones ahí asentadas. Las zonas vulnerables se muestran en rojo, mientras que en blanco se muestran las fronteras de los estados y los municipios. Los círculos pequeños muestran la ubicación geográfica de las poblaciones, de acuerdo a sus coordenadas. Algunas de las poblaciones que no aparecen claramente dentro de la zona de afectación se incluyen en este estudio debido a la cercanía a la zona de su mancha urbana.



**Figura 1.** Sinaloa.



**Figura 2.** Nayarit

## CONCLUSIONES

Se obtuvo una estimación para la superficie afectada en la costa Sinaloa y Nayarit para un incremento del nivel del mar de 1m. Así mismo, se obtuvo una estimación de la población total vulnerable de esta región. Los resultados muestran que el área afectada total corresponde al 7.79% y 6.86% de la extensión territorial de Sinaloa y Nayarit, respectivamente. En estas zonas se asienta actualmente el 17.86% y 8.22% de la población de cada uno de estos estados. Se verán afectadas 41 y 26 asentamientos de más de 1,000 habitantes.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios mas detallados para conocer la topografía del terreno alrededor a los núcleos de población importante con mejor precisión usando otras tecnologías como el LIDAR (Hinkel y Klein, 2009). Lo anterior es necesario para conocer a detalle las zonas y sus niveles de impacto así como las zonas que podrían servir para la instalación de nuevas zonas urbanas. En este caso, es importante que la reubicación sea lo mejor planeada y organizada posible con el fin de optimizar recursos y que se pueda resolver también el problema de la dispersión poblacional en las regiones rurales (Bosello *et al.*, 2007)

Se sugiere impulsar estudios orientados forma que comprenda los efectos locales del incremento del nivel del mar por mareas, corrientes marinas y procesos de erosión de la franja costera que permita tener una visión más clara de la dinámica costera de cada lugar, principalmente, los más vulnerables (McGranahan *et al.*, 2007).

Se pide que los gobiernos diseñen planes de desarrollo urbano que tomen en cuenta las zonas vulnerables aquí reportadas porque de lo contrario, el número de habitantes en tales zonas podría verse acrecentada significativamente, lo que conllevaría graves consecuencias. De hecho se deberían considerar políticas que prohíban los asentamientos humanos en dichas áreas.

Se debe hacer un inventario para infraestructura vulnerable y así hacer una mejor evaluación de los impactos y así conocer que áreas son rentables de proteger con defensas costeras y cuales son más rentables dejar sin protección. De esta forma, los tomadores de decisiones podrán tener la información que les permita decidir de forma correcta las estrategias a seguir, en términos de costo y seguridad de la población (Cayan *et al.*, 2008).

Es muy importante que con la información obtenida por estudios como el presente y posteriores, se desarrolle una sistema de información geográfica (SIG) dedicado a los problemas de cambio climático, de acceso público, para facilitar la educación de la población y la toma de decisiones.

# LA VULNERABILIDAD DE LAS ENTIDADES DE SINALOA Y NAYARIT DEL PACÍFICO MEXICANO ANTE LOS EVENTOS EXTREMOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: UN ESTUDIO EXPLORATORIO

El propósito fundamental del presente estudio fue determinar mediante la aplicación de indicadores socio-económicos y demográficos, las áreas de alta vulnerabilidad en los estados de Sinaloa y Nayarit del Pacífico mexicano ante los eventos extremos del cambio climático.

Rodríguez-Herrero y Bozada-Robles (2010) son muy puntuales al señalar que el término “cambio climático” puede estar cubriendo, en su simpleza, una diversidad de fenómenos de gran complejidad: cambios en las temperaturas, cambios en las mareas, cambios en los patrones de precipitación pluvial, cambios en los ecosistemas, cambios en las capacidades del suelo para asimilar la creciente humedad, cambios en la magnitud de los huracanes, etc. La coincidencia o confluencia de algunos de estos fenómenos, es lo que explica en un momento dado la envergadura de una amenaza, la cual adquiere, de manera súbita, proporciones que rebasan la capacidad de respuesta del grupo social.

La primera parte del presente informe comprende una revisión de la literatura sobre la vulnerabilidad ante el cambio climático en el Pacífico mexicano. En una segunda parte, se analizan los indicadores socioeconómicos y demográficos de las entidades del Pacífico mexicano y de los municipios de Sinaloa y Nayarit.

El eje central de la presente investigación está fundamentado en el siguiente cuestionamiento:

¿Cuáles son los factores de desarrollo que determinan las áreas de alta vulnerabilidad en la zona costera del Pacífico mexicano?

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Aplicar indicadores socio-económicos y demográficos en las entidades del Pacífico mexicano y en los municipios costeros de Sinaloa y Nayarit.

Sobre la definición de zona costera, Yáñez-Arancibia, Lara-Domínguez, Sánchez- Gil y Day (2004) y Yáñez-Arancibia y Day (2010), la consideran como una *“amplia ecoregión con intensas interacciones físicas, biológicas y socioeconómicas donde ocurre un dinámico intercambio de energía y materiales entre el continente, el agua dulce, la atmósfera y el mar adyacente. Incluye por lo general la planicie costera, la cuenca baja de los ríos, humedales hidrófitos, manglares, selva baja inundable, dunas, lagunas costeras, estuarios, playas y la pluma estuarina sobre la plataforma continental nerítica. En la práctica y para propósitos de manejo en un marco legal, [...] incorporan Municipios [...] con frontera geográfica-política hacia el continente, y la plataforma continental como extensión hacia el mar. En México la Zona Federal Marítimo Terrestre (Zofemat) de 20 m queda incluida como una pequeña franja de este concepto de zona costera”*.

El nivel del mar es una importante variable oceanográfica afectada por el cambio climático. Basado en el Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, los datos globales indican que en el periodo comprendido entre 1961 y 2003 el nivel del mar aumentó a una tasa promedio de  $1.8 \pm 0.5$  mm por año<sup>-1</sup>. Las proyecciones de este mismo organismo señalan que el nivel del mar seguirá aumentando, lo cual afectará las zonas costeras. Zavala-Hidalgo *et al.* (2010), señalan que los datos del nivel del mar en México muestran tendencias similares a las globales. Las tendencias del incremento del nivel del mar para el Pacífico mexicano se muestran en la Tabla 1, donde sobresale la tendencia negativa en Acapulco, Guerrero. La explicación de esta situación se encuentra en un movimiento de la corteza terrestre provocado por un doble sismo suscitado en 1962; el cual provocó una elevación de la corteza terrestre de 22 cm, con una disminución relativa del nivel medio del mar. Las tendencias en La Paz, Puerto Ángel y Salina Cruz son las menores y la mayor se registra en Guaymas, Sonora; mientras Manzanillo, Mazatlán, Topolobampo y Ensenada registran una tendencia intermedia.

Tabla 1. Tendencias del incremento del nivel del mar para diversos sitios analizados en el Pacífico mexicano (Tomada de Zavala-Hidalgo *et al.*, 2010)

Sitio	Tendencia mm año <sup>-1</sup> .	Periodo	Número de años en el cálculo
Acapulco, Guerrero	$-2.4 \pm 3.2$	1952-1999	36
Ensenada, Baja California	$2.7 \pm 1.7$	1956-1992	30
La Paz, Baja California Sur	$1 \pm 2.2$	1952-1991	20
Manzanillo, Colima	$3 \pm 2.5$	1954-1988	25
Mazatlán, Sinaloa	$1.9 \pm 3.3$	1953-1992	19
Puerto Ángel, Oaxaca	$1.7 \pm 11.7$	1967-1990	7
Salina Cruz, Oaxaca	$\pm 1.7$	1952-1992	26
San Carlos, Baja California Sur	$16.1 \pm 13.2$	1968-1987	8
Topolobampo, Sinaloa	$3 \pm 4.3$	1952-1992	19
Guaymas, Sonora	$4.2 \pm 1.7$	1951-1991	25

Caetano, Innocentini, Magaña, Martins y Méndez (2010), consideran que la temperatura de la superficie del mar es un factor que interviene en la intensidad de los huracanes y sugiere que los cambios climáticos relacionados con el incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico conducirán sustancialmente a un incremento en la intensidad ciclónica tropical. Emanuel *et al.* (2008) citado por Caetano *et al.* (2010), anotan que un acercamiento sencillo para cuantificar la respuesta de la actividad ciclónica tropical al cambio climático del pasado es usar registros climáticos históricos y de tormentas.

Díaz-Castro (2010), registra que la incidencia de ciclones tropicales en las costas del Pacífico mexicano suman un total de 153 eventos durante el periodo de 1963 a 2009. La frecuencia de ciclones tropicales en los estados costeros del Pacífico mexicano se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Incidencia de ciclones tropicales (%) en los estados costeros del Pacífico mexicano en el periodo de 1963 a 2009.

Estado costero	Incidencia (%)
Chiapas	2.0
Oaxaca	6.5
Guerrero	5.9
Michoacán	9.2
Colima	3.9
Jalisco	5.9
Nayarit	3.3
Sinaloa	23.5
Sonora	8.4
Baja California	3.9
Baja California Sur	27.5

Romero-Vadillo, Zaytsev y Morales-Pérez (2006), establecen que la principal región de la formación de ciclones en el Océano Pacífico, comprende el Golfo de Tehuantepec, entre los 8 y los 15° N. El análisis histórico de los ciclones que se han generado durante los últimos 28 años (de 1966 a 2004) muestra un promedio de 16.2 ciclones por año, consistente en 8.8 huracanes y 7.4 tormentas tropicales. Fig. 1.

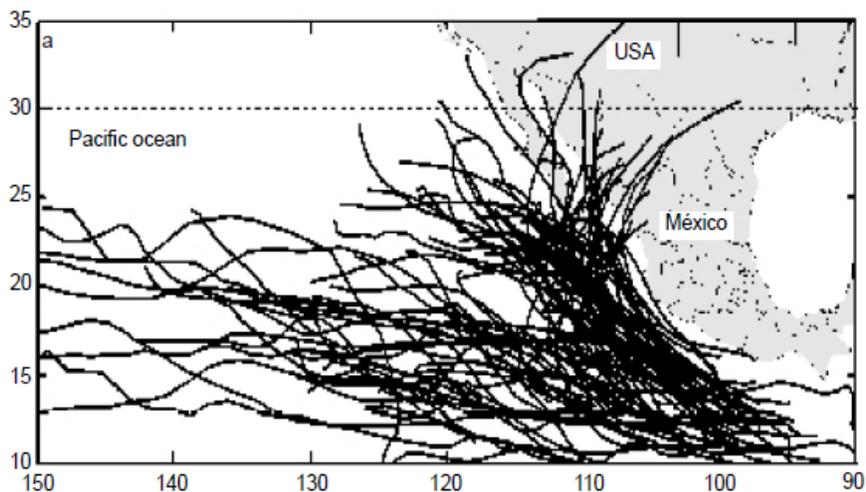


Figura 1. Trayectorias de ciclones tropicales en el Pacífico mexicano durante el periodo 1966-2004 (Tomado Romero-Vadillo et al., 2006).

La mayor actividad ciclónica en el Pacífico mexicano se registra de julio a septiembre, suscribiéndose que el mayor porcentaje de huracanes de alta intensidad (categorías 3,4,5) y los huracanes con una larga duración (mayor a 12 días) son mayores durante

los años Niño que durante los años no Niño ( Romero-Vadillo *et al.*, 2006). Por otra parte, Díaz-Castro (2010), anota que en el Pacífico mexicano no se observa una tendencia al incremento de la intensidad de los huracanes y que los registros de huracanes de categoría cinco, han sido poco frecuentes en el Pacífico mexicano.

En la Tabla 3, se presentan los principales efectos de algunos huracanes del Pacífico mexicano, señalándose los costos de pérdidas económicas y vidas humanas.

Por otra parte, cuarenta y ocho huracanes han tocado tierra en las costas mexicanas de 1965 a 2003. Es decir, un huracán en promedio por año, causando considerables pérdidas humanas y destrucción en construcciones costeras. Los huracanes más notables que han tocado tierra en las costas del Pacífico mexicano, comprenden:

Huracán Oliva (categoría 3, 22 al 25 de octubre de 1975) afecto las costas de Nayarit.

Huracán Liza (categoría 4, 29 de septiembre al 8 de octubre de 1976) afectando tierras adentro de Baja California Sur.

Huracán Madeline (categoría 4, 22 de septiembre al 8 de octubre de 1976) ingresando a tierra en Michoacán.

Huracán Virgil (categoría 3, 1 al 5 de octubre de 1992) tocando tierra en Michoacán y Jalisco.

Huracán Winifred (categoría 3, 6 al 10 de octubre de 1992) penetrando tierras adentro en Jalisco.

Díaz, Aragón, Arreola, Brito, Burrola, Carreón, Cruz, González, Manzano, Martínez, Padilla y Urías (2008), registran 13 regiones costeras vulnerables al incremento del nivel medio del mar en el Golfo de California, basados en la aplicación del Índice de Vulnerabilidad al incremento del nivel medio del mar propuesto por Gormitz *et al.*, (1997). La mayor vulnerabilidad se registra en el Alto Golfo, seguido de Mazatlán y Los Cabos, Loreto, Guaynas-Yavaros, Agiabampa-Ceuta, San Felipe, Puerto Peñasco, Huizache-Caimanera, Bahía de Kino, Rosalía, La Paz y Laguna Gde-Teacapan. El análisis de las superficies menores a 10 m de altura sobre el nivel medio del mar en el alto California es muy grande 475,803.13 ha, debido a que se trata de una región muy baja, con una gran amplitud de marea. Los Cabos comprende una región con pendientes escarpadas, comprendiendo una área menor a 10 m. de 1,28124 ha, sin embargo las actividades de este centro turístico se desarrollan en los primeros metros de la costa por lo que un incremento afectará acentuadamente la región. Mazatlán también es una región baja con 31,647.76 ha de superficie menor a 10 metros sobre el nivel medio del mar y con una gran actividad turística, acuícola y un importante puerto naviero.

Tabla 3. Principales efectos de algunos huracanes que ocurrieron en México en las últimas dos décadas (modificado de Díaz-Castro, 2010)

<b>Año</b>	<b>Nombre</b>	<b>Estados afectados</b>	<b>Muertos</b>	<b>Perdidas (USD)</b>
1995	Ismael	Sinaloa, Sonora, Baja California Sur	Guasave fue una de las ciudades más afectadas. Entre 150 y 200 personas muertas en Sinaloa. 24,111 damnificados en Sonora y 21,500 ha de cultivos dañados.	7.5 X 10 <sup>9</sup>
1997	Paulina	Costas de Oaxaca, Guerrero	En Oaxaca 400 muertos, más de 5000 damnificados, más de 120 000 ha de cultivo dañadas y 80 000 ha de bosques y selvas perdidas, inundaciones y daños a la infraestructura carretera.	7.5 X 10 <sup>9</sup>
1998	Lluvias intensas	Chiapas, Baja California	En Chiapas 417 muertos, 353 poblaciones afectadas y cerca de 30 000 damnificados. En Baja California se desalojaron Tijuana y Rosarito, casi 1000 damnificados y 584 personas refugiadas, 14 muertos y más de 50 colonias inundadas.	
1998	Bajas temperaturas	Todos los estados	241 muertos y numerosos casos de infecciones respiratorias. En el norte del país se presentaron cuantiosos daños. En Sonora se perdieron 17 000 ha en los Valles del Yaqui y El Mayo.	
2002	Kena	Nayarit, Jalisco	6 muertos	124.454 X 10 <sup>6</sup>
2002	Sequía	Sonora, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz y San Luis Potosí	Pérdida de 11 600 cabezas de ganado y afectación de 145 000 hectáreas de cultivos	
2005	Ismael	Sinaloa, Sonora	111 muertos	8.65 x 10 <sup>6</sup>
2006	John	Baja California Sur, Guerrero, Chihuahua	6 muertos	
2007	Hendiente	Guerrero, Baja California Sur, Sonora	13 muertos	25 X 10 <sup>6</sup>

Luque-Agraz, Gómez (2007) y Luque, Doode y Gómez (2008), afirman que el Golfo de California se ha transformado en una región construida socialmente y transita a constituirse en una zona de integración y de administración que incluye aspectos ambientales y que comprende a los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y una parte de Jalisco (Municipio de Puerto Vallarta), juntos con el cuerpo marino y territorio insular, que dichos estados bordean. Los grupos indígenas son los habitantes originales del Golfo de California. Sin embargo, debido al proceso de colonización europea su población fue drásticamente disminuida e incluso para algunos grupos, este fue el fin de su historia, simplemente desaparecieron. En lo que ahora se denomina estado de Nayarit habitaban los grupos Coras, Huicholes y Mexicanos entre

otros; en Sinaloa, estaban los grupos Cachita, Sinaloa, Tehueco, Zuaque, Tahue, Xixime, Acaxee, Los Guasave, Zoe, Témoris Y Guazapares. En Sonora habitaban también parte del grupo Cachita (Mayos y Yaquis), Guarijios, Seris, Pima Bajo, Pima Alto O Pápagos, Eudeve, Jova Y Opatas. Mientras que en la Península de California estaba poblada por los Pericú, Guaycura, Monqui, Cochimi Sureño, Cochimi, Cochimi Norteño, Kiliwa, Paipái, Kwatl, Huerte, Cucapa Y Tipai.

Los grupos indígenas que actualmente tienen presencia en el Golfo de California son: Cucapá (Baja California); O'otam (pápagos en Sonora); Comc'ac (Seri, en Sonora), Yoreme (Yaqui en Sonora), Yoreme-Mayo (Mayo, en Sonora); Yoreme-Mayo (Mayo de Sinaloa y Wixarika (Huchol de Nayarit). Registrándose que únicamente los Comc'ac (Seri) y los Yoreme (Yaqui) lograron conservar parte de su territorio costero y adicionalmente cuentan con zonas exclusivas pesqueras.

Luque-Agraz, Gómez (2007) y Luque, Doode y Gómez (2008), resumen la presencia indígena en el Golfo de California de la manera siguiente:

Grupo con territorio costero legal (Seri y yaqui)

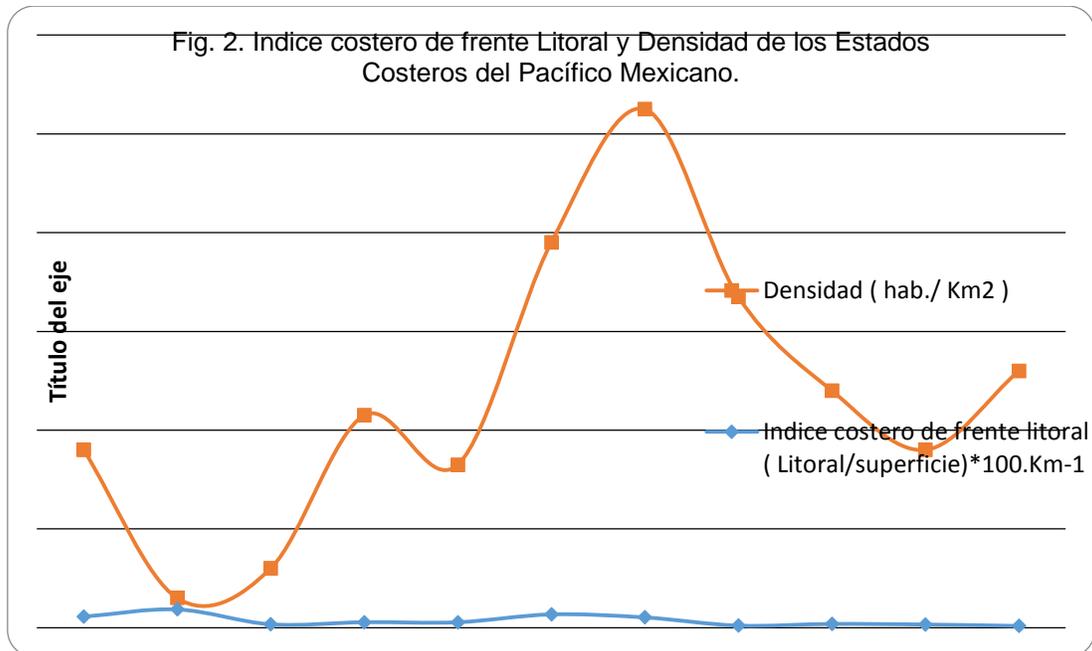
Grupo con zona legal marina de exclusividad pesquera (Seri, Yoreme)

Grupo con localidades costeras y actividades productivas y de subsistencia relacionadas al Golfo de California (Cucapá)

Grupo con rituales, es decir, con "uso" simbólico del Golfo de California (Cucapá, Hia'ed O' Odham, Seri, Yaqui, Mayo y Huichol)

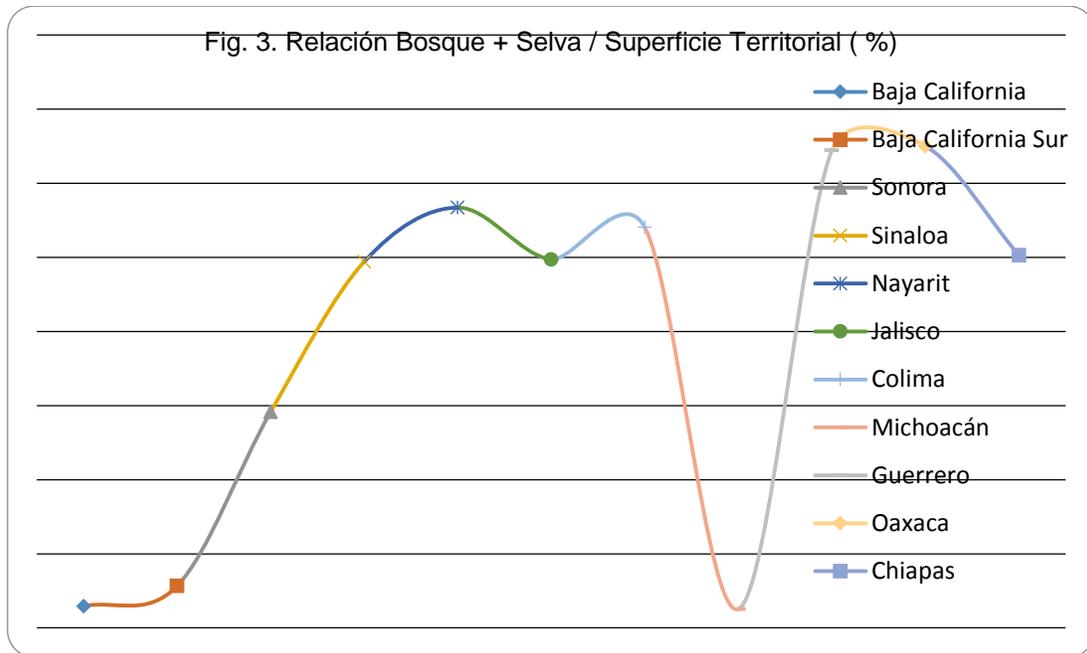
Grupo migrante con actividades productivas relacionadas al Golfo de California (pesca, artesanías, turismo, acuacultura).

Jiménez *et al.* (2004) efectuaron una aproximación para identificar la vocación costera del país, estableciendo el **Índice Costero de Frente Litoral (Icfl)**, el cual se obtiene de dividir la longitud de la costa entre la extensión territorial de la región asociada, multiplicándola por 100. Los valores de *Icfl* que se muestran en la figura 2., comprenden los estados costeros del Pacífico mexicano; exhibiendo los mayores valores para Baja California, Baja California Sur y Jalisco, con un valor de *Icfl* de 3.69, 2.68 y 2.22, respectivamente; Nayarit registra un valor de *Icfl* de 1.09 el cual resulta un valor muy semejante al correspondiente a Sinaloa (1.1). Es muy claro que el Estado de Baja California Sur exhibe la mayor vocación costera del Pacífico mexicano, destacando adicionalmente el hecho de que el estado de Baja California anota uno de los porcentajes menores de cobertura vegetal natural. Por otra parte, la densidad de habitantes por km<sup>2</sup> de los estados costeros del Pacífico mexicano resulta en promedio 46.2 habitantes/km<sup>2</sup>, registrándose las mayores densidades en Colima, Jalisco Michoacán, Chiapas y Guerrero respectivamente. Mientras que los valores intermedios (pero debajo del promedio) se anotan en Sinaloa, Oaxaca, Baja California y Nayarit; inscribiéndose los menores valores en Sonora y Baja California Sur.



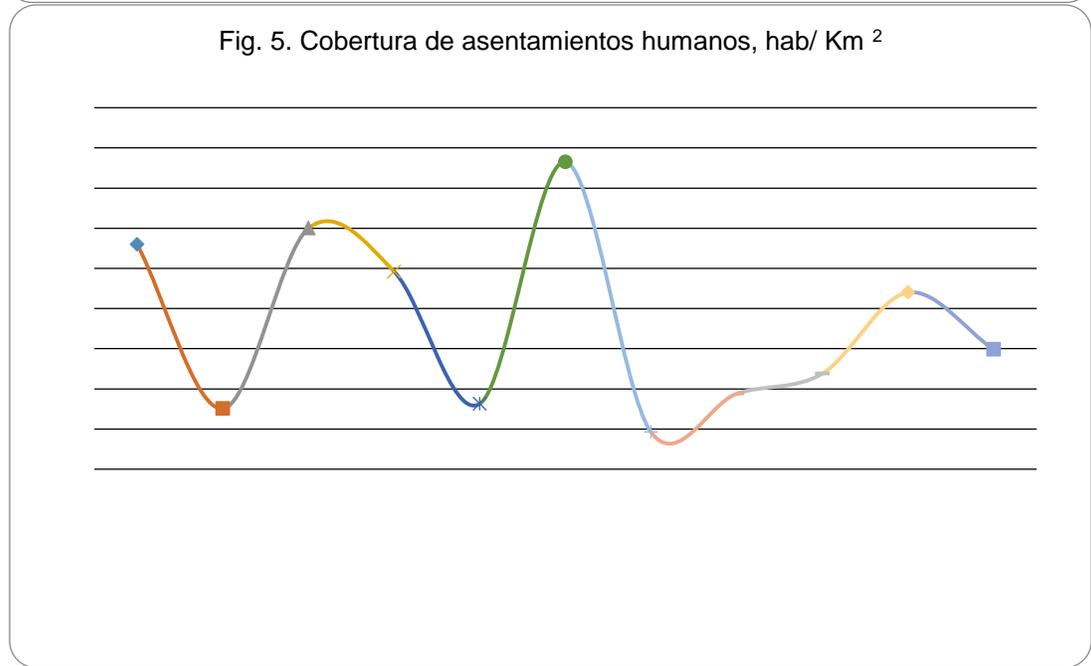
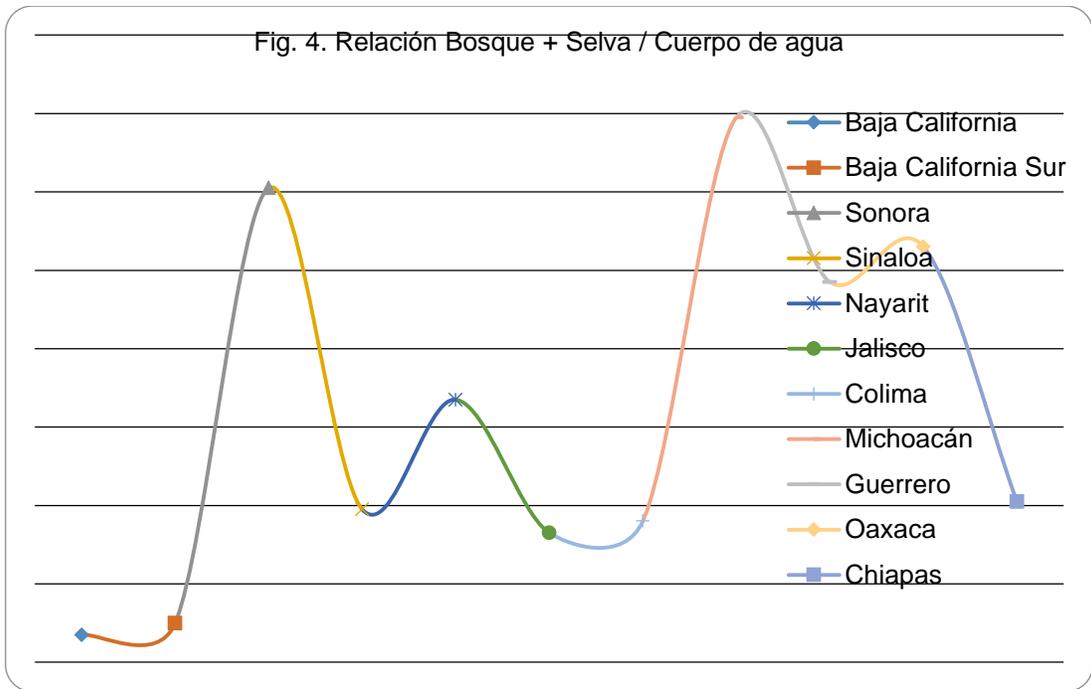
El análisis de *I<sub>chl</sub>* con relación a la densidad de población registrada en los estados costeros del Pacífico mexicano, muestran tres escenarios: un excedente costero; al soportar una menor densidad de población con un mayor índice de vocación costera en los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora; un déficit costero al soportar una mayor densidad de población con menor índice de vocación costera en los estados de Sinaloa, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas y una densidad de población igual al valor del índice de vocación costera en Nayarit y Jalisco.

En el ámbito nacional se registra una cobertura de 32.4 % de bosques y selvas, porcentaje que se incrementa a 36.6 % para los estados los estados costeros. El indicador costero de cobertura de vegetación natural, registra una condición crítica para Michoacán. Mientras que los estados con mayor índice de cobertura vegetal natural resultan ser Oaxaca, Guerrero, Nayarit, Colima, Chiapas, Jalisco, Sinaloa (Fig.3).

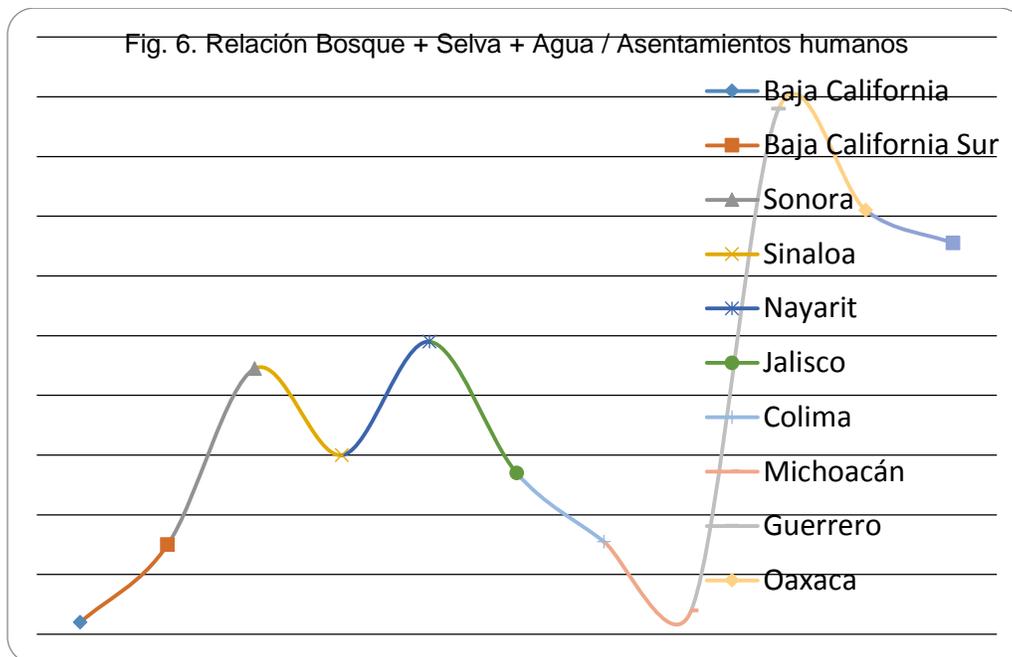


El indicador bosque-selva-agua muestra que a nivel nacional cada Km<sup>2</sup> de cuerpos de agua es soportado por 58 km<sup>2</sup> de cobertura vegetal natural; sin embargo, para los estados costeros este indicador se elevó a 73 Km<sup>2</sup> (Fig. 4). En los casos analizados, resulta crítico en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Jalisco, Colima, Chiapas y Nayarit. Por otro lado, los estados de Oaxaca, Sonora y Michoacán soportan cada km<sup>2</sup> de cuerpos de agua con más de 100 Km<sup>2</sup> de bosques y selvas y Guerrero con valores cercanos a los 100 Km<sup>2</sup> (Jiménez *et al.*, 2004).

Los estados con mayor cobertura espacial de asentamientos humanos del Pacífico mexicano comprenden Jalisco, Sonora, Baja California, Sinaloa y Oaxaca, con más de 400 hab/Km<sup>2</sup>, mientras que los que presentan menores asentamientos humanos son Baja California Sur, Nayarit, Colima, Michoacán con menos de 200 hab/Km<sup>2</sup> (Fig.5).



El establecimiento de la carga de agua, bosque y selva que se dispone actualmente para sustentar los asentamientos humanos en las zonas costeras, identifica como crítico a los estados de Baja California, Michoacán, Baja California Sur y Colima con valores de 4 a 31 Km<sup>2</sup> de agua, bosque o selva por cada Km<sup>2</sup> de asentamientos humanos. Asimismo, en el balance agua-bosque y soporte de asentamientos humanos, el estado de Guerrero presenta la condición ambiental más favorable para sustentar el desarrollo costero (Jiménez *et al.*, 2004) (Fig. 6).



Diversas investigaciones han apuntado que la principal causa de pérdida de la cubierta vegetal en las zonas costeras, se encuentra relacionada con cinco factores: desarrollo de la ganadería, expansión de la agricultura de riego, proyectos de acuacultura, crecimiento de las áreas turísticas y procesos de urbanización acelerada. Estos factores, que son los que han dado prosperidad a las zonas costeras, son precisamente los que contribuyen acentuadamente a incrementar su vulnerabilidad ( Seinger, Espejel y Fermán Almada, 2009).

## MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual fue estructurado con los conceptos de Desarrollo Humano y Capital Social para explicar la vulnerabilidad de las poblaciones humanas ante los eventos extremos del cambio climático; una descripción detallada del marco conceptual aplicado se encuentra en Rodríguez y Bozada (2010).

### Hipótesis

Las hipótesis que orienta la presente investigación se formula a continuación:

- 1) Los mayores índices de vulnerabilidad social se encuentran asociados a los índices negativos de Desarrollo Humano (o de rezago social, o de marginación).
- 2) Si se identifican las localidades donde se registran los más altos índices de vulnerabilidad, se puede orientar la política social hacia las áreas críticas.

## EL ÁREA DE ESTUDIO

Con base en la iniciativa de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte, se proponen mapas de ecoregiones que consideran tres niveles, donde el nivel I incluye diferencias entre los ecosistemas marinos que ocurren a escala de las cuencas

oceánicas, entre las que destacan la temperatura y la circulación de las grandes corrientes y masas de agua marina, quedando comprendidas en la zona exclusiva de México: las regiones Pacífico Centroamericano, Pacífico transicional mexicano, Golfo de California, Pacífico sudcalifornio, Pacífico transicional de Monterrey. Mientras que el nivel II refleja la distribución de los ambientes bentónicos e incluye las diferencias entre los ambientes bentónico-nerítico (sobre la plataforma continental hasta una profundidad aproximada de 200 m) y los pelágicos-oceánicos (zonas epipelágica, mesopelágica, batipelágica y abisopelágica), y en él las morfoestructuras a gran escala, tales como taludes continentales, planicies abisales, islas oceánicas, fosas y cadenas montañosas submarinas son utilizadas para caracterizar el fondo marino en cuanto a su profundidad y topografía, como un determinante de las comunidades de la biota béntica, que suple el desconocimiento prevaleciente sobre la vida y los procesos ecológicos que se desarrollan a gran profundidad. En este nivel los fondos de los mares del Pacífico Mexicano quedan comprendidas 20 regiones. Finalmente en el nivel III se logra un acercamiento más fino al interior del ambiente nerítico, capturando variaciones localmente significativas para cada una de las 24 regiones en que fue subdividida la plataforma continental mexicana y los ambientes estuarinos adyacentes. Estas regiones ecológicas concentran la mayor parte de las pesquerías y por ende la mayor parte del conocimiento científico marino se refiere a ellas (Lara-Lara *et al.* 2008). Basado en esta clasificación, la región de estudio que comprende las entidades federativas de Sinaloa y Nayarit, se localizan en el Golfo de California ( Nivel I); Plataforma cortésiana y Talud y depresiones del Golfo de California ( Nivel II) y Región Costera Nerítica Cortésiana Oriental ( Nivel III).

Sinaloa es una entidad federativa que se ubica en el Noroeste del país a los 27° 07' y 22° 20' de Latitud Norte y los 105° 22' y 109° 30' de Longitud Oeste; cuenta con una superficie total de 58,092 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 2.9% de la superficie del país. De este total, 608 Km<sup>2</sup> lo conforma la superficie insular, 17,751 Km<sup>2</sup> la plataforma continental, 2,216 Km<sup>2</sup> de lagunas costeras, 570 Km<sup>2</sup> de aguas continentales y 656 km el litoral sinaloense. La Superficie Estatal se divide políticamente en 18 municipios de los cuales 10 son costeros. Fig. 7.

En la amplia planicie costera de Sinaloa, se localizan 10 ecosistemas costeros: Agiabampo-Jitzámiri-Bacorehuis, El Colorado, Topolobampo-Ohuira-Santa María, San Ignacio-Navachiste-Macapule, Santa María La Reforma, Altata-Ensenada del Pabellón, Ceuta, Bahía de Mazatlán, Huizache-Caimanero, Teacapán-Agua Brava; catalogados entre los más productivos a nivel nacional (Contreras, 1994). En éstos ambientes se localizan 75,000 ha de manglar, lo que coloca a Sinaloa entre los primeros lugares nacionales, solamente superado por Nayarit (153,409 ha) y Campeche (117,300 ha). Esta gran extensión representa una importante zona de cría y alimentación de diversas especies de importancia comercial, y provee zonas de refugio de innumerables aves migratorias y residentes. Por ello, CONABIO ha incluido a 4 localidades de Sinaloa dentro del Programa de Ecosistemas Marinos Prioritarios, a saber: *Piactla-Urías*, *Sta. María-La Reforma*, *Laguna de Chiricahueto*, y *Marismas Nacionales* (parte norte), y dentro de las Regiones Hidrológicas Prioritarias como la número 19, la zona *Bahía de Ohuira - Ensenada del Pabellón*, la cual posee una extensión de 4,433.79 km<sup>2</sup> (Patricia Muñoz-Sevilla y Diana Escobedo-Urías, Ordenamiento Ecológico Costero del Estado de Sinaloa, 2008).

Los climas más representativos del estado de Sinaloa, corresponden al cálido que comprende a los secos, muy secos y semisecos y que ocupan el 48.35% del territorio estatal, le siguen en importancia los cálidos y semicálidos subhúmedos que se distribuyen en el 47.53% de la entidad. El restante 4.12% está representado por los templados subhúmedos y semifrío subhúmedo.

El clima de tipo Cálido y Seco se localiza a lo largo de la llanura costera en la franja donde se desarrolla la agricultura de riego, principalmente, desde el Noreste de la población de El Fuerte hasta Culiacán de Rosales y el Norte de Mazatlán, y corresponde a cerca de 21% de la superficie Estatal (Ordenamiento Ecológico Costero del estado de Sinaloa, 2008).

Los escurrimientos superficiales (ríos) provienen de las Sierras de Sonora, Chihuahua y Durango y en menor grado, de pequeñas subcuencas que están dentro del mismo Estado, las cuales drenan al Golfo de California y Océano Pacífico. Con el propósito de disponer de agua para riego agrícola y generar electricidad, se han construido 11 presas, convirtiendo al Estado de Sinaloa en una de las Entidades que tienen mayor capacidad en esta materia. Las presas en funcionamiento son: Luis Donald Colosio, Miguel Hidalgo (Mahome), Josefa Ortiz de Domínguez, Gustavo Díaz Ordaz, Guillermo Blake Aguilar, Eustaquio Buelna, Adolfo López Mateos ( El Huamaya), Sanalona, Juan Guerrero A., José López Portillo (El Comedero), Aurelio Benassini Viscaíno (Ordenamiento Ecológico Costero del Estado de Sinaloa, 2008).

El estado de Sinaloa cuenta con una extensión total de 1,939,350 ha para la Agricultura, de las cuales 1,050,483 ha son de Riego y 834,210 ha de Temporal. Las tierras más aptas para cultivo en Sinaloa, considerando su relieve, tipo de suelo y clima, ocupan aproximadamente el 11% de la superficie total del Estado. Los Municipios que aportan el mayor porcentaje al valor total en este aspecto son; Guasave con una aportación del 24.1%, Ahome 16.8% y Culiacán, con el 12.4%, entre los tres municipios alcanzan una aportación de 53.3% respecto del total estatal. Por otra parte, el 83% de las 817,156 hectáreas de riego existentes en la entidad en el año 2006, se concentra en cinco Municipios, que son a su vez los principales productores, tanto de granos como de hortalizas: Ahome, Guasave, Mocorito, Navolato y Culiacán. La falta de infraestructura de irrigación en el sur de Sinaloa ha propiciado que los Municipios de esta región sean los menos favorecidos en lo referente al uso del riego para la actividad agrícola.( Ordenamiento Ecológico Costero del Estado de Sinaloa, 2008 ).



Figura 7. Los municipios costeros del estado de Sinaloa 1. Ahome; 2. Guasave; 3. Angostura; 4. Navolato; 5. Culiacán; 6. Elota; 7. San Ignacio; 8. Mazatlán; 9. El Rosario; 10. Escuinapa (Tomado de Ruiz-Luna<sup>1</sup>, Acosta-Velázquez y Berlanga-Robles)

La actividad pesquera en el litoral de Sinaloa ubica 154 comunidades, en la que obtienen empleo más de 37,737 personas, de las cuales 22,865 se encuentran agrupadas en 414 Cooperativas Pesqueras. La flota camaronera y atunera comprende 930 embarcaciones mayores para pesca de altura (12.8%), 6,301 rivereñas (87.1%) y 11825 embarcaciones menores. Para el atraque de su flota pesquera, Sinaloa cuenta con cuatro puertos pesqueros: Topolobampo, La Reforma, El Castillo, Mazatlán. En su plataforma continental y en los sistemas lagunares, Sinaloa tiene una importante actividad pesquera que en el año 2009 alcanzó una producción en peso vivo de 300,482 Ton que corresponde al 16.99 de la producción nacional (Ordenamiento Ecológico Costero del Estado de Sinaloa, 2008, Conapesca, 2009).

En los 10 municipios costeros del estado de Sinaloa se localizaban 396 granjas camaronícolas cubriendo una superficie de 28,181 ha, que ubicaban al estado con la mayor infraestructura en operación a nivel nacional. Los municipios con mayor número de granjas son: Guasave con 99 granjas en una superficie de 6,261 ha, Culiacán con 83 granjas en 3,438 ha, Navolato con 65 granjas en 5,514 ha y Ahome con 60 granjas en

5,806 ha y una producción en 2009 de 37,188 Ton de camarón de cultivo. (Ordenamiento Ecológico Costero del Estado de Sinaloa, 2008, Conapesca, 2009).

El estado de Sinaloa comprende una población de 2,767,761 habitantes, con una Población Económicamente Activa equivalente a 58,6% del total, y registrando una densidad de 49 Hab/Km<sup>2</sup>. La composición de género anota una población femenina de 1,391,560 (50.3 %) y masculina de 1,376,201 (49,7 %); es decir se registra un mayor número de personas del género femenino. Mientras la Tasa de crecimiento medio anual 2005- 2010 equivale a 1.2 y la Tasa neta migratoria resulta de -1.1 (INEGI, 2010).

En la entidad federativa de Sinaloa se registran 713,142 viviendas particulares de las cuales el 89.7 % disponen de agua de la red pública, el 98.4 % dispone de energía eléctrica, el 91.3 % de drenaje, el 93.2 % poseen piso diferente de tierra, el 96.6% dispone de excusado o sanitario, el 31.1% dispone de computadora, el 73.3 de lavadora, el 93 % dispone de refrigerador y un 95 % dispone de televisión (INEGI, 2010).

El estado de Sinaloa registra una Tasa de Mortalidad de 5.4 y una Tasa de Mortalidad Infantil de 12.8 valor menor al registro nacional (13.7). El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más registra 9.1; superior al registro nacional de 8.6 (INEGI, 2010).

El estado de Nayarit tiene una superficie de 27,815.20 Km<sup>2</sup> que representan el 1.4% del territorio nacional; donde se incluye a las Islas Marías e Isabel y comprende 20 municipios que conforman cinco regiones económicas (Castellón, 1998, citado por Meza Ramos, 2010). La primera región, denominada "Costa Norte", es la de mayor tamaño y está integrada con Acaponeta, Rosamorada, Ruiz, San Blas, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan; con una superficie de 8,907.5 Km<sup>2</sup>, ocupando el 32% del territorio estatal. La segunda, llamada "Centro" está integrada por Tepic (donde reside su capital) y Xalisco; cuenta con una superficie de 2,273.9 Km<sup>2</sup> y ocupa el 8% del suelo de la entidad. La tercera región, llamada "Sur" por su ubicación, comprende los municipios de Ahuacatlán, Amatlán de Cañas, Ixtlán del Río, Jala, San Pedro Lagunillas y Santa María del Oro, cuenta con una superficie de 3,610.5 Km<sup>2</sup> y su territorio representa el 13% del territorio del estado. La cuarta región, reconocida como "Costa Sur" agrupa a Bahía de Banderas y Compostela, con una superficie conjunta de 2,581.3 Km<sup>2</sup>, y su territorio representa el 9.3% del estado. Finalmente la quinta región denominada "Sierra" está integrada por Huajicori, El Nayar y La Yesca con una extensión de 10,086.3 Km<sup>2</sup> y su territorio representa el 36 % de la superficie estatal (Fig.8).

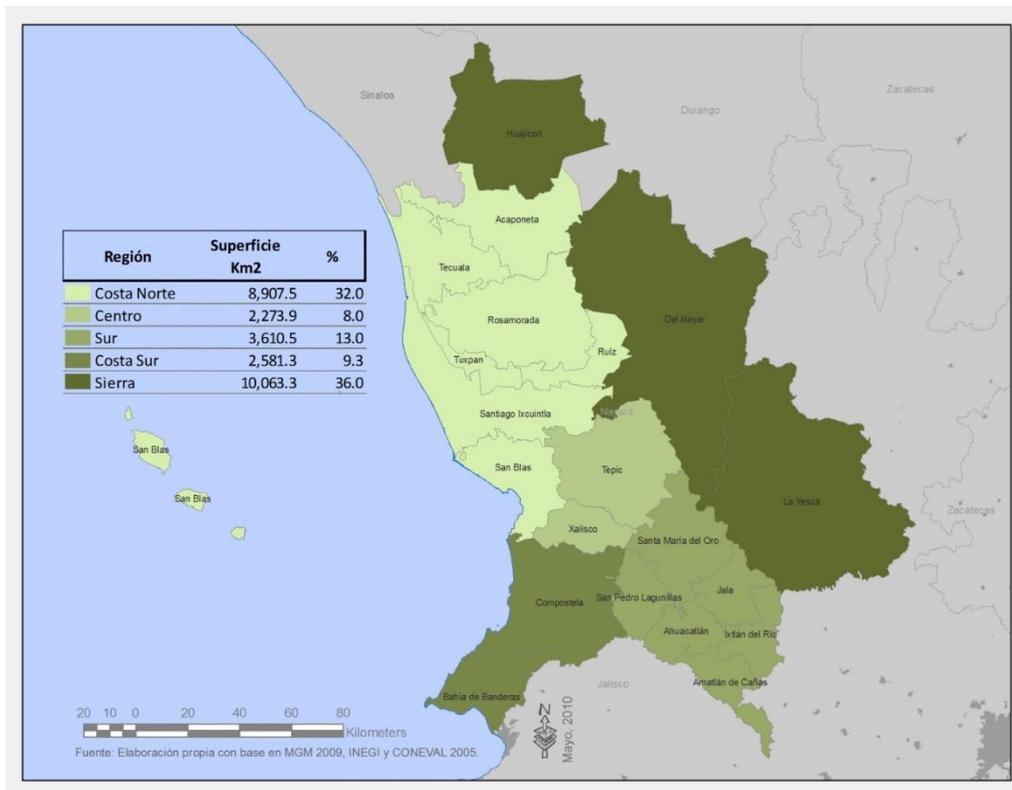


Figura 8. División Regional y Municipal de Nayarit (Tomado de Márquez, 2010)

El sistema hidrológico cuenta con cuatro regiones; Río San Pedro, Lerma-Chapala-Santiago, Ameca, Acaponeta Cañas. En estas regiones se registran 20 ríos, los más importantes son: Acaponeta, San Pedro, Santiago, Huicicila y Ameca, que bañan el territorio Estatal. En la región norte se ubica el sistema lagunar Agua Brava-Marismas Nacionales, donde se desarrolla el bosque de manglar más extenso del Pacífico mexicano y que representa más del 10 % del total de manglares a nivel nacional. Este sistema tiene gran relevancia en términos de su riqueza biológica y sus características ecológicas, por lo cual se ha elegido como región prioritaria para su conservación, y está incluida en la lista de Humedales de Importancia Internacional de la Convención de Ramsar. Asimismo, cuenta con un importante potencial económico (agricultura, pesca, acuicultura, turismo), que ha sido utilizado de forma inadecuada y que en la actualidad está en riesgo por las modificaciones ambientales que han sufrido los recursos naturales del sistema, tanto por eventos naturales como por los inducidos por actividades antropogénicas, siendo la apertura del canal de Cuautla en 1971 el evento negativo más relevante. (Ruiz-Luna, Berlanga Robles, Acosta-Velázquez, 2005).

En el estado de Nayarit, destaca la cuenca Santiago Ixcuintla-Aguamilpa que cruza el 22% de la superficie estatal, en cuya cuenca se realiza el Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa y está en construcción la hidroeléctrica "El Cajón". En el estado actualmente operan las plantas hidroeléctricas de Jumatán y Aguamilpa, así como las presas de San Rafael, y Amado Nervo. Existen además otros ríos, arroyos y presas que son utilizadas para actividades agrícolas (Meza-Ramos, 2010; Ruiz-Luna, Berlanga Robles, Acosta-

Velázquez, 2005). Mientras que la producción pesquera en peso vivo durante 2009, comprendió un volumen de 26, 624 Ton que corresponde al 1.51 % de la producción nacional.

El estado de Nayarit comprende una población de 1, 084,979 habitantes, con una Población económicamente Activa del 62.6 % y registra una densidad de 39 hab. / Km<sup>2</sup>. La composición de género anota una población del género femenino de 543,972 (50.13 %) y del masculino de 541,007 (49.86 %); es decir se registra un mayor número de personas del género femenino, situación posiblemente explicable por el saldo migratorio registrado en la entidad. La Tasa de Crecimiento Medio Anual 2005- 2010 anota 2.7 y la Tasa neta migratoria resulta de 3.5. Se registran 219,000 viviendas particulares de las cuales el 88.1 % disponen de agua de la red pública, el 96.9 % dispone de energía eléctrica, el 94 % de drenaje, el 95.9 % poseen piso diferente de tierra, el 96.5% dispone de excusado o sanitario, el 27.3 % dispone de computadora, el 70.9 de lavadora, el 86.4 % dispone de refrigerador y un 93 % dispone de televisión (INEGI, 2010). Registrado una Tasa de Mortalidad de 5.7 y una Tasa de Mortalidad Infantil de 13.6 valor ligeramente menor al registro nacional (13.7). El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más registra 8.6; igual al valor (INEGI, 2010).

La presente investigación comprende las entidades federativas de Sinaloa y Nayarit y sus municipios costeros; con base al escenario del incremento de un metro en el nivel del mar basado en Weiss® Overpeck de la Universidad de Arizona (Fig. 9).

## Sinaloa





Figura 9. Escenario de incremento en el nivel del mar a un metro en la zona costera de Veracruz. (Tomado en Weiss @ Overpeck de la Universidad de Arizona).

## RESULTADOS

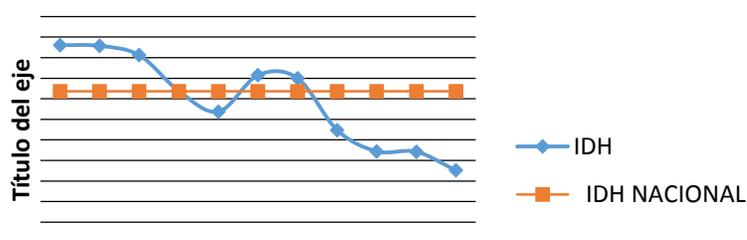
La situación de las entidades federativas del Pacífico mexicano en los indicadores de Desarrollo Humano.

Los indicadores del Desarrollo Humano expresan los logros y los rezagos que una sociedad exhibe en tres áreas claves: la calidad de vida (salud), el capital humano (educación) y el desarrollo productivo (niveles de ingreso). Al examinar las estadísticas que se han elaborado para nuestro país, se observan las desigualdades que se han ido construyendo a través del tiempo entre las entidades federativas localizadas en el Pacífico mexicano.

Con base al informe sobre Desarrollo Humano publicado en 2009 y considerando la Clasificación del PNUD de tres categorías: desarrollo humano bajo (IDH menor de 0.500), desarrollo humano medio (IDH mayor o igual a 0.500 y menor a 0.800) y desarrollo humano alto (IDH mayor o igual a 0.800); de las 11 entidades del Pacífico mexicano en 2000; cuatro alcanzaron un nivel de desarrollo alto y seis un nivel de desarrollo bajo. Mientras que en 2005, seis entidades alcanzaron un nivel de desarrollo humano alto. En ambos periodos el resto de las entidades se clasificaron en la categoría de desarrollo humano medio.

En el periodo 2000-2005, Nayarit fue el Estado que más retrocedió (tres lugares) y las entidades de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Michoacán se mantuvieron en las posiciones relativamente más bajas (Fig. 10).

Fig. 10. El Índice de desarrollo humano en las entidades del Pacífico mexicano



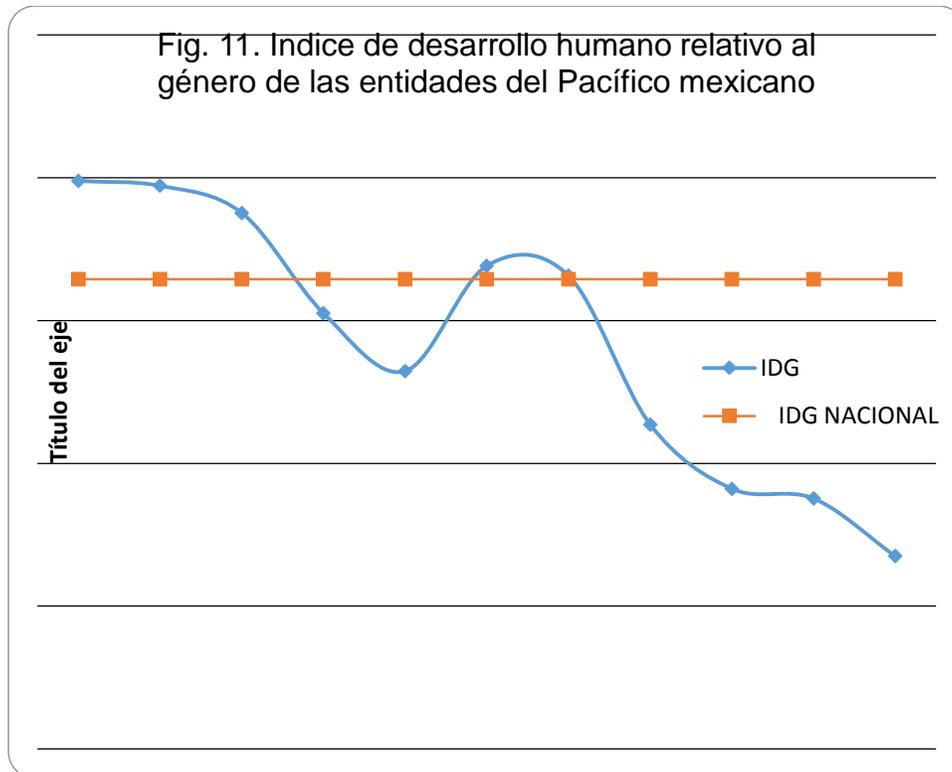
Entre los elementos que componen el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de las entidades de Pacífico mexicano, lo que más destaca fue la desigualdad del ingreso. Las brechas que separan a Chiapas, Oaxaca y Guerrero de la entidad mejor situada (Baja California) en salud y educación no son tan amplias como en ingreso; patrón que se repite con las entidades de Sinaloa y Michoacán, las cuales registran una alta frecuencia de ciclones tropicales; mientras que Baja California Sur se anota solo una pequeña diferencia (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de Desarrollo Humano por Entidad federativa en el Pacífico mexicano.

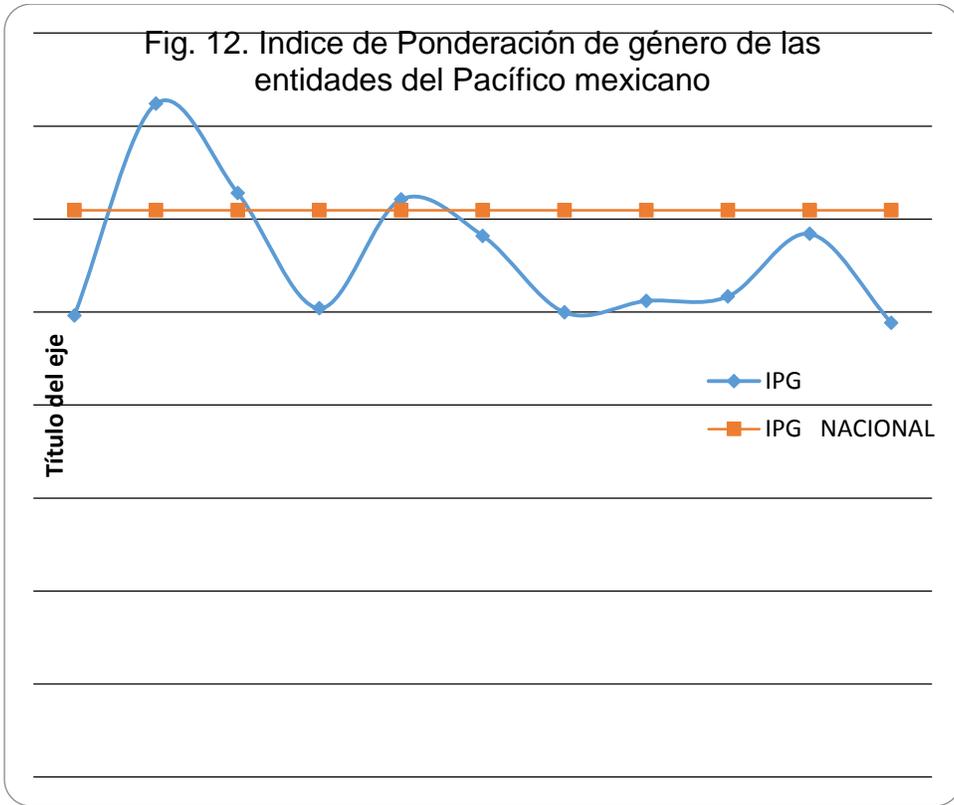
ENTIDAD	IDH-2005	SALUD	EDUCACIÓN	INGRESO
Baja California	0.8522	0.8397	0.8953	0.8214
Baja California Sur	0.8515	0.8390	0.9047	0.8109
Sonora	0.8424	0.8271	0.8958	0.8044
Sinaloa	0.8075	0.8174	0.8769	0.7284
Nayarit	0.7875	0.8235	0.8527	0.6864
Colima	0.8230	0.8320	0.8662	0.7707
Jalisco	0.8200	0.8287	0.8615	0.7699
Michoacán	0.7696	0.8181	0.8126	0.6781
Guerrero	0.7488	0.7981	0.7786	0.6717
Oaxaca	0.7485	0.8088	0.7936	0.6429
Chiapas	0.7303	0.8051	0.7637	0.6222

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) comprende una aproximación al nivel de desarrollo que no considera las regularidades entre hombres y mujeres, las cuales pueden diferir regionalmente. Para incorporar estas diferencias, en 1995 el PNUD propuso el Índice de Desarrollo relativo al Género (IDG); ponderando el IDH, según la desigualdad entre los grupos. En el caso de que el desarrollo promedio de las mujeres fuera igual al de los hombres en todas sus dimensiones, los valores de IDH y el de IDG serían iguales.

Las entidades con menor diferencia entre el IDH y el IDG en las entidades del Pacífico mexicano, comprenden a Baja California, Colima, Jalisco, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit. En otras palabras, estas entidades presentan la mayor igualdad entre hombres y mujeres. Por otra parte, la mayor diferencia entre el IDH y el IDG corresponde a Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. En la comparación de la equidad de género resulta útil recordar los aportes de la teoría del Capital Social. Rodríguez-Herrero (2000) señala que el desarrollo humano plantea la ampliación de las oportunidades de hacer, actuar y elegir para todos los individuos de una colectividad. Esto implica ofrecer las mismas oportunidades a todas las personas, sin importar su género o su condición étnica.



Rodríguez-Herrero (2000) anota acentuadamente que el desarrollo humano considera la autonomía de los individuos y no solo su bienestar, por lo que resulta necesario evaluar la brecha entre hombres y mujeres a partir de los logros de la participación en su entorno. La herramienta que puede ayudar a este propósito corresponde al Índice de Ponderación de Género (IPG), el cual indica la participación de las mujeres en distintos aspectos de la vida pública: participación en cargos públicos, participación en actividades económicas clasificadas, ingreso *per cápita*. En el caso de las entidades del Pacífico mexicano, los mayores valores de IPG se registran en Baja California Sur, Sonora, Nayarit, Oaxaca y Colima y los menores en Guerrero, Michoacán, Sinaloa, Jalisco, Chiapas y Baja California (Fig. 12).



### Las entidades federativas de Sinaloa y Nayarit en los indicadores de Desarrollo Humano.

En el informe de PNUD (2009) el estado de Sinaloa en el periodo 2000- 2005, los municipios de Badiraguato y Choix exhiben los menores valores del Índice de desarrollo humano (IDH), mientras Ahome y Mazatlán, Culiacán, Salvador Alvarado, Angostura exhiben los mayores niveles de IDH. Los restantes municipios (Guasave, Navolato, Escuinapa, Rosario, Concordia, Mocorito, Elota, San Ignacio, Sinaloa, Cosalá) registran valores por debajo del promedio estatal (0.8424). Anotándose que Esquinapa fue el municipio con mayor retroceso en la entidad y Elota comprende el municipio que más avance durante este periodo.

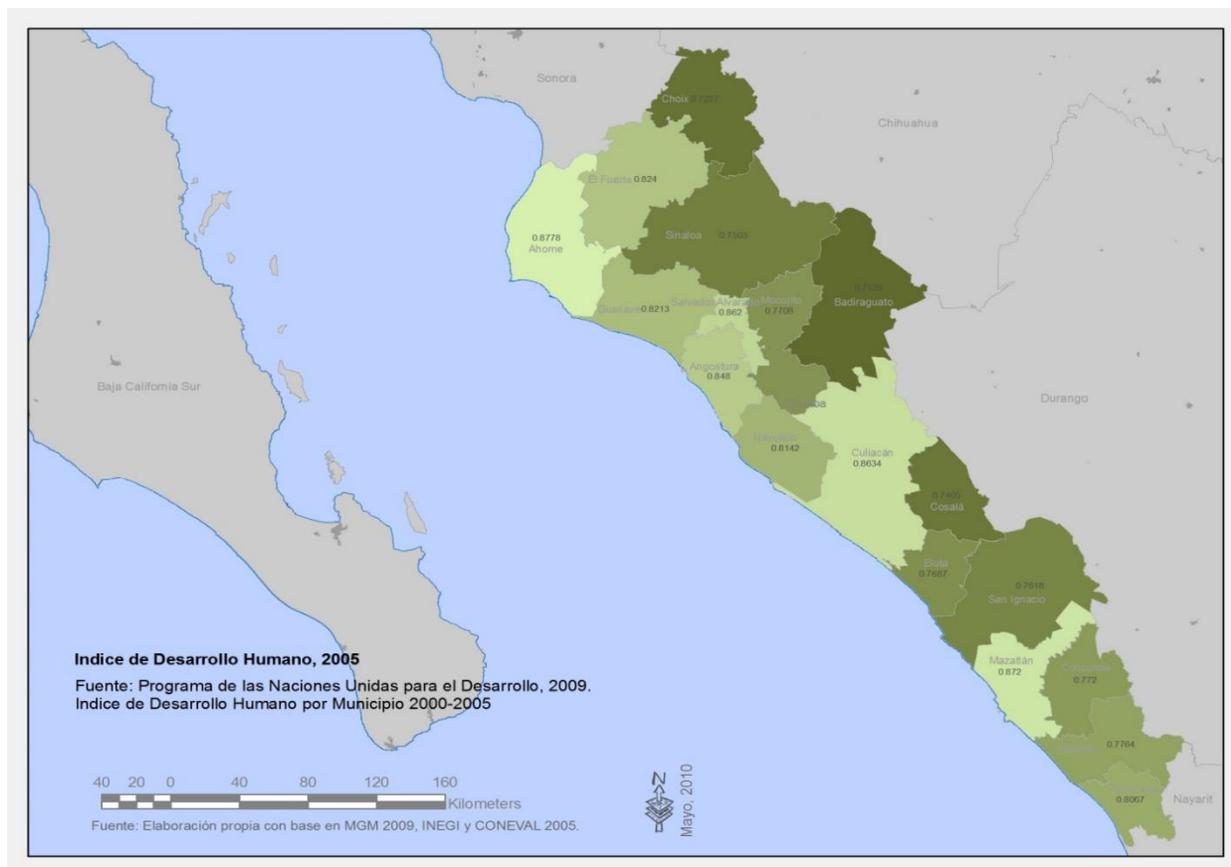


Figura 13. Índice de Desarrollo humano municipal del Estado de Sinaloa

Con referencia al Índice de desarrollo relativo al género (IDG) para 2005, los municipios de Badiraguato y Choix tuvieron el menor desarrollo; en contraparte Ahome y Mazatlán mostraron los mayores valores. Asimismo, el 78 % de los municipio registraron valores por debajo del promedio de la entidad (0.8353). Mientras que Concordia, Rosario y Escuinapa resultaron los municipios que más retrocedieron en el ordenamiento al interior de la entidad; mientras Elota fue el que más avanzó durante este periodo ( Fig. 14.)

La pérdida de desarrollo atribuida a la desigualdad entre hombres y mujeres mediante la diferencia porcentual entre el IDG y el IDH, registra que el municipio de Culiacán anota la menor pérdida en desarrollo humano atribuible a diferencias entre hombres y mujeres, mientras que Badiraguato registró las mayores pérdidas. De manera general se puede señalar que en el 67% de los municipios de la entidad esta, fue mayor a la pérdida promedio de la entidad (0.84 %).

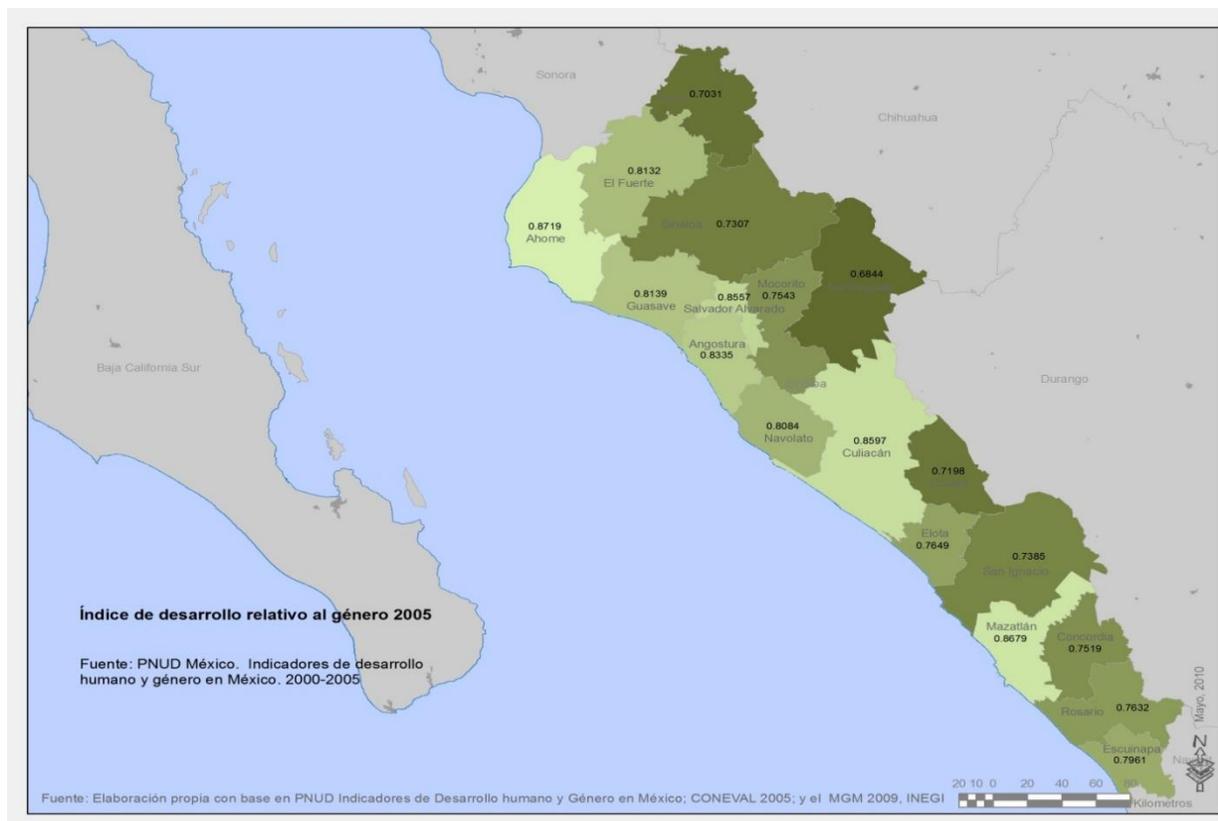


Figura 14. Índice de Desarrollo Humano municipal relativo al género del Estado de Sinaloa

Durante el periodo 200-2005 la población de Nayarit se incrementó en 3.2 % mientras que la economía exhibió una tasa de 5.4 %. La información generada por el PNUD (2009) clasifica a la entidad de Nayarit como de desarrollo medio (IDH de 0.50 a 0.70). Señalando que su posición en la clasificación nacional ha empeorado, al pasar del lugar 22 en 2000 al 25 en 2005. Mientras que para el año 2005 el Índice de desarrollo humano (IDH) estatal fue de 0.7875, valor menor al registro nacional (0.8200).

Con referencia al Índice de desarrollo relativo al género (IDG), éste resulta menor (0.7823) al registro nacional de 2005 (0.8200). La diferencia porcentual entre el IDG y el IDH hace posible la obtención de una medida sobre la pérdida del desarrollo humano atribuible a estas diferencias, pues mientras a nivel nacional fue de 0.66% en la entidad resultó de 0.67%.

El Índice de potenciación de género (IPG) que mide las oportunidades para las mujeres en los ámbitos de participación política, económica y de ocupación en Nayarit registró un valor de 0.6231, mayor al nacional (0.6095).

El índice de Desarrollo Humano municipal (IDH) del estado de Nayarit, registra que los municipios Del Nayar y La Yesca anotaron los menores valores de desarrollo humano; mientras que las circunscripciones de Tepic y Xalisco registraron el mayor nivel de IDH (Fig. 15).

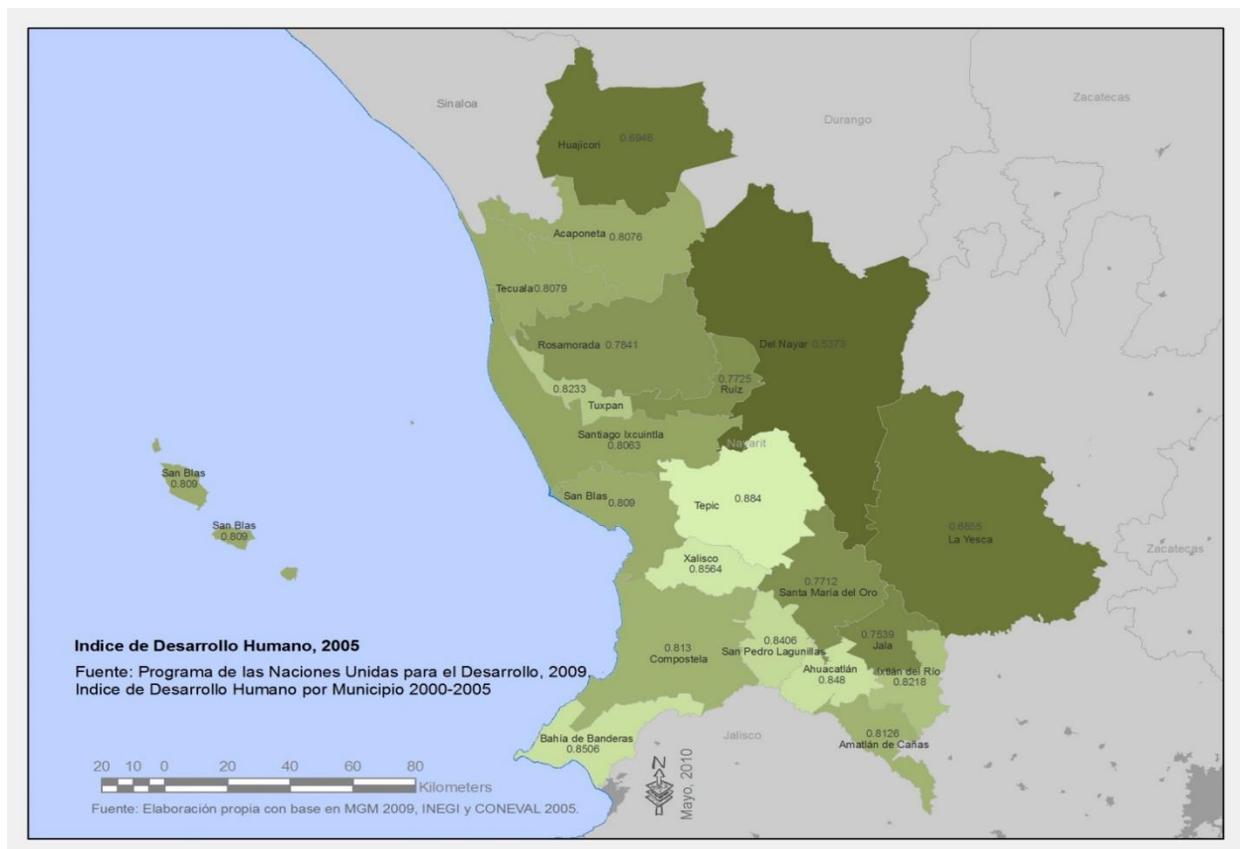


Figura 15. Índice de Desarrollo humano municipal del Estado de Nayarit

Los municipios de Tuxpan, Ixtlán del Río, Compostela, Amatlán de Cañas, San Blas, Tecuala, Acaponeta, Santiago Ixcuintla, Rosamorada, Ruiz, Santa María del Oro, Jala, Huajicori, La Yesca, Del Nayar registran valores debajo del promedio estatal. Asimismo, se exhibe que Ixtlán del Río fue el municipio con mayor retroceso en el ordenamiento interior de la entidad; mientras que San Blas fue el que más avanzó durante el periodo 2000-2005.

Con referencia al Índice de desarrollo relativo al género los municipios Del Nayar y La Yesca mostraron el menor desarrollo; mientras que Tepic y Xalisco registraron los valores mayores. Por otra parte, el 75% de los municipios registraron valores abajo del promedio de la entidad. Adicionalmente, se anota que Tecuala fue el municipio que más retrocedió en el ordenamiento interior de la entidad, mientras San Blas fue el que más avanzó.

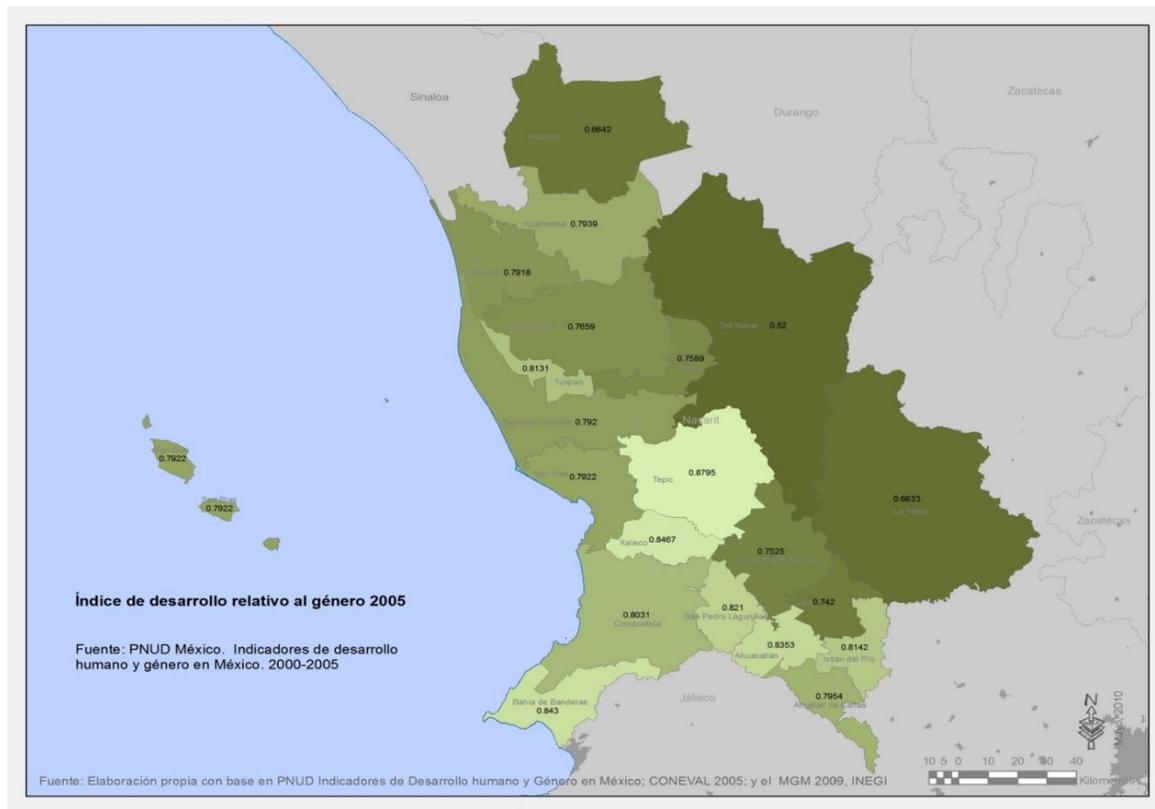


Figura 16. Índice de Desarrollo municipal relativo al género del Estado de Nayarit

En Sinaloa, los municipios más poblados se encuentran en la zona costera, destacando Culiacán, Mazatlán, Ahome y Guasave. Tabla 5. Con excepción de los municipios de San Ignacio y Escuinapa, en todos los municipios costeros la pobreza alimentaria no es superior a 15%. En cambio, en el caso de Nayarit, el municipio más poblado, Tepic, capital del estado, se encuentra tierra adentro, con un porcentaje muy alto de la población de la entidad. Tabla 6. En Nayarit, con excepción de Bahía de Banderas, que es el segundo municipio más poblado de la entidad, y Compostela, la mayor parte de los municipios costeros tiene una pobreza alimentaria que implica a más de 20% de su población. En el caso de Nayarit nos encontramos con una situación más polarizada, pero como en el caso de Sinaloa, la pobreza no se encuentra en los municipios costeros, sino en los que se encuentran tierra adentro.

Tabla 5. Población y pobreza en Sinaloa, 2005

Clave del Municipio	Municipio	Población 2005	Pobreza alimentaria (%)	Pobreza de capacidades (%)	Pobreza de patrimonio (%)
	Sinaloa	2,608,442	13.7	20.5	44.2
001	<i>Ahome</i>	388,344	10.4	16.8	40.7
002	<i>Angostura</i>	42,445	13.6	19.9	42.3
003	Badiraguato	32,295	36.2	44.2	64.4
004	Concordia	27,001	34.9	43.7	65.7
005	Cosalá	17,813	34.7	43.8	66.4
006	<i>Culiacán</i>	793,730	9.1	15.2	39.0
007	Choix	31,763	44.2	53.3	74.1
008	<i>Elota</i>	46,462	10.4	14.7	31.1
009	<i>Escuinapa</i>	49,655	18.2	27.8	57.3
010	El Fuerte	92,585	26.8	35.3	58.6
011	<i>Guasave</i>	270,260	14.2	21.8	47.0
012	<i>Mazatlán</i>	403,888	7.8	13.4	36.8
013	<i>Mocorito</i>	44,217	21.1	27.8	48.6
014	<i>Rosario</i>	47,394	30.1	39.3	63.5
015	Salvador Alvarado	76,537	10.2	17.5	43.6
016	<i>San Ignacio</i>	23,355	34.4	43.4	66.3
017	Sinaloa	85,017	41.2	50.4	72.1
018	<i>Navolato</i>	135,681	11.1	17.6	41.5

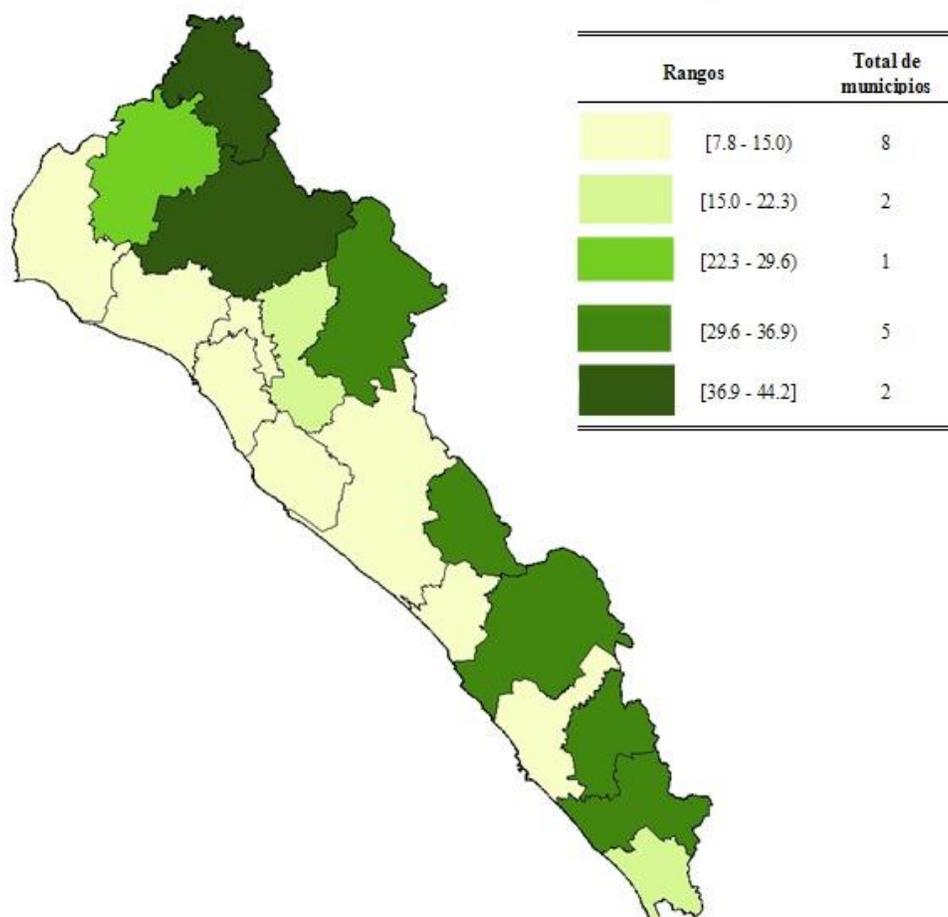
Tabla 6. Población y pobreza en Nayarit, 2005

Clave del municipio	Municipio	Población 2005	Pobreza alimentaria (%)	Pobreza de capacidades (%)	Pobreza de patrimonio (%)
	Nayarit	949,684	17.2	23.3	43.8
001	Acaponeta	34,665	24.9	34.5	61.0
002	Ahuacatlán	14,114	17.6	23.2	41.1
003	Amatlán de Cañas	10,392	23.4	29.4	47.8
004	<i>Compostela</i>	62,925	14.7	20.8	40.9
005	Huajicori	10,561	54.5	61.7	77.4
006	Ixtlán del Río	25,713	13.2	21.1	47.8
007	Jala	16,071	36.4	43.3	61.1
008	Xalisco	42,893	15.4	23.5	49.0
009	Del Nayar	30,551	60.6	66.1	78.3
010	Rosamorada	32,217	32.6	40.3	60.8

011	Ruíz	20,996	22.2	28.5	48.1
012	San Blas	37,478	23.0	28.8	46.3
013	San Pedro Lagunillas	7,155	15.1	19.9	36.2
014	Santa María del Oro	21,688	31.0	35.1	47.0
015	Santiago Ixcuintla	84,314	23.9	31.9	55.0
016	Tecuala	37,234	21.8	28.6	49.4
017	Tepic	336,403	8.6	14.5	37.3
018	Tuxpan	28,550	15.0	23.6	50.7
019	La Yesca	12,025	44.2	51.4	69.0
020	Bahía de Banderas	83,739	1.9	3.2	11.0

Como puede apreciarse en las Figs.17 y 18, las cuales presentan los porcentajes de población en pobreza alimentaria (Coneval, 2006), la mayor parte de los municipios que enfrentan esta situación se encuentran no en la franja costera sino en la zona de sierra, tierra adentro. Esta problemática, sin embargo, repercute en la zona costera, porque la pobreza de los municipios serranos contribuye al deterioro de la cubierta vegetal, es decir, a la expansión de actividades que inciden en la deforestación. De ahí nuestra recomendación de abordar la situación de la vulnerabilidad costera considerando no sólo a las poblaciones situadas en la línea del litoral, sino también a aquellas que afectan lo que ocurre en las partes altas de las cuencas hidrológicas.

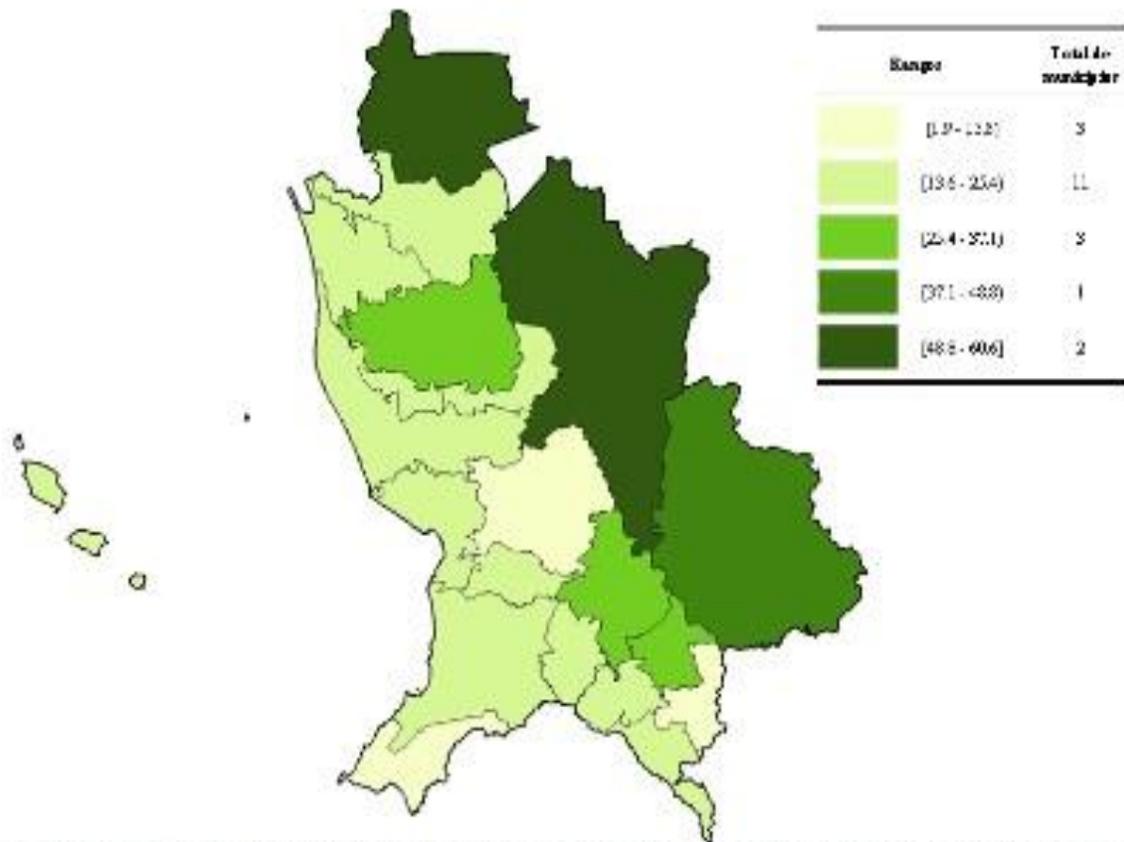
## Porcentaje de población en situación de pobreza alimentaria a nivel municipal, 2005



Fuente: estimaciones del Coneval con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 y la Encuesta Nacional de Ingresos y Gasto de los Hogares 2006.

Figura 17. Porcentaje de población en situación de pobreza en Sinaloa

## Porcentaje de población en situación de pobreza alimentaria a nivel municipal, 2005



Fuente: estimaciones del Coneval con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 y la Encuesta Nacional de Ingresos y Gasto de los Hogares 2005.

Figura 18. Porcentaje de población en situación de pobreza en Nayarit

## CONCLUSIÓN

La información existente en el Pacífico mexicano sobre vulnerabilidad ante eventos extremos por cambio climático es escasa y está concentrada en el Golfo de California. Es claro, que las mayores tendencias sobre el incremento del nivel del mar se reportan para Guaymas, Sonora; mientras Manzanillo, Mazatlán, Topolobampo y Ensenada registran una tendencia intermedia. No obstante que Acapulco, registre valores negativos, su vulnerabilidad está relacionada con los aspectos sísmicos de la región. Por otra parte, la incidencia de ciclones tropicales en el Pacífico mexicano, se registra principalmente en Baja California Sur, Sinaloa, Michoacán, Sonora y Oaxaca.

El registro de 13 regiones costeras vulnerables al incremento del nivel medio del mar en el Golfo de California, basados en la aplicación del Índice de Vulnerabilidad al incremento del nivel medio del mar, anota la mayor vulnerabilidad en el Alto Golfo, seguido de

Mazatlán y Los Cabos, Loreto, Guaynas-Yavaros, Agiabampa-Ceuta, San Felipe, Puerto Peñasco, Huizache-Caimanera, Bahía de Kino, Rosalía, La Paz y Laguna Guadalupe-Teacapan, es decir, regiones con un gran potencial turísticos.

El manejo de algunos indicadores como el balance agua-bosque y soporte de asentamientos humanos, señala claramente al estado de Guerrero como el que presenta la condición ambiental más favorable para sustentar el desarrollo costero.

Se resalta en el Pacífico mexicano la fortaleza de la flota pesquera mayor en los estados del Golfo de California y la debilidad de las amplias áreas de zona de marismas. Con base a que las pesquerías marinas de producción a mayor escala no están amenazadas en forma directa o inmediata por el cambio climático. Mientras las pesquerías más sensibles al cambio climático son también las más afectadas por intervenciones humanas como las pesquerías y actividades de acuacultura efectuadas en los humedales localizados en Sinaloa y Nayarit.

El análisis de las 11 entidades del Pacífico mexicano en 2005, muestra que seis entidades alcanzaron un nivel de desarrollo humano alto y el resto de las entidades se clasificaron en la categoría de desarrollo humano medio. Sin embargo, en el periodo 2000-2005, Nayarit fue el Estado que más retrocedió (tres lugares) y las entidades de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Michoacán se mantuvieron en las posiciones relativamente más bajas. Al comparar los elementos que componen el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de las entidades de Pacífico mexicano, lo que más destaca fue la desigualdad del ingreso, ya que las brechas en salud y educación no son tan amplias.

Las entidades con menor diferencia entre el IDH y el IDG en las entidades del Pacífico mexicano, comprenden a Baja California, Colima, Jalisco, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit. En otras palabras, estas entidades presentan la mayor igualdad entre hombres y mujeres. Por otra parte, la mayor diferencia entre el IDH y el IDG corresponde a Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Mientras que el Índice de Ponderación de Género (IPG), que indica la participación de las mujeres en distintos aspectos de la vida pública; los mayores valores de IPG se registran en Baja California Sur, Sonora, Nayarit, Oaxaca y Colima y los menores en Guerrero, Michoacán, Sinaloa, Jalisco, Chiapas y Baja California.

En las entidades de Sinaloa y Nayarit del Pacífico mexicano, se anota que los valores del Índice de Desarrollo Humano, son bajos en los municipios de las zonas serranas en comparación con los costeros; observación anteriormente reportada para la zona del Golfo de México. Sobre esta observación, Rodríguez (2000) y Rodríguez y Bozada (2010) han señalado reiteradamente que no será posible comprender los problemas que afectan las zonas costeras si no se considera lo que ocurre en las zonas serranas. El principio de explicación es muy simple, todo lo que ocurre en las partes altas repercute en las partes bajas. Siendo quizá la mejor forma de construir un desarrollo sustentable en la zonas costeras, el de brindar oportunidades al desarrollo de las zonas serranas.

## LITERATURA CITADA

### Vulnerabilidad ecosistémica

Anuario estadístico de pesca y acuicultura, 2008. CONAPESCA. SEMARNAT. (<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario2008>).

Bojórquez-Tapia L.A, E. Ecurra y O. García, 1998. Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. *Journal of Environmental Management*, 53: 91-99

Bojórquez-Tapia, L.A., 1989. Methodology for prediction of ecological impacts under real conditions in Mexico. *Environmental Management*, 13(5):545–551

CONABIO. 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.

Estudio ecológico y poblaciones de *Rhizophora mangle* en México, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de ecología. Informe final SNIB-CONABIO, <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/Inf%20B007%20primera%20parte.pdf>

CONANP, 2009. Disponible en: [http://www.conap.gob.mx/q\\_anp.html](http://www.conap.gob.mx/q_anp.html).

González M., E. Jurado, S. González, O. Aguirre, J. Jiménez, y J. Navar, 2003. Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia uanl*, 6(3): 377-385.

Hernández-Arana H. A., 2007. Calentamiento global y zona costeras: Peligrosa combinación. *Ecofronteras*, 31: 10-13.

Hendry M., 1993. Sea-level movement and shoreline change. En: G.A Maul (ed.). *Climate change in the Intra-America Sea*, London: Edward Arnold Publishers.

Hughes L., 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?. *Trends Ecol. Evol.*, 15(2):56-61.

Instituto Nacional de Ecología (INE), 2008. Cambio Climático en México. Disponible en: [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx](http://cambio_climatico.ine.gob.mx).

IPCC, 1992. Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change. <http://www1.ipcc.ch/ipccreports/assessments.reports.htm>

INP/SAGARPA. 2006. Carta Nacional Pesquera. D. O. F. 25 agosto.

INP/SAGARPA. 2006. Sustentabilidad, y pesca responsable en México: Evaluación y manejo. 543 p.

“Los manglares de México: Estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo: 1ra etapa”, INFORME FINAL DEL PROYECTO DQ056.

[http://207.249.181.113/comunidades/c7/IMG/pdf/Informe\\_FinalConabio\\_oct07.pdf](http://207.249.181.113/comunidades/c7/IMG/pdf/Informe_FinalConabio_oct07.pdf)

Páez-Osuna, F., Ramírez-Reséndiz, G., Ruiz-Fernández, A. y Soto-Jiménez, M. 2007. La contaminación por Nitrógeno y fósforo en Sinaloa: Flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. En: F. Páez-Osuna. (ed.) Serie 2, **Lagunas costeras de Sinaloa**. SEMARNAT-CONACYT. 304 pp.

Ramírez G.P., B.J.López Ocaña. 1998. Mangrove vegetation assessment in the Santiago River Mouth, Mexico, by means of supervised classification using Landsat TM imagery. *Forrest Ecology and Management* 105 (1-3):217-229.

Ruiz, L.A., R.C.A.Berlanga. 1999. Modifications in coverage patterns and land use around the Huizache-Caimanero lagoon system, Sinaloa, Mexico: A multi-temporal analysis using LANDSAT images. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49(1):37-44.

Toledo, A. 2005. Marco Conceptual: caracterización ambiental del Golfo de México, p.25-52. In: A.V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. 2da. Edición. Univ. Autón. De Campeche, Univ. Nal. Autón. De México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.

UNESCO, 2003. The Integrated Strategic Design Plan for the ocean observations module of the Global Ocean Observing System. Goos Report N° 125. IOC Information Documents Series No. 1183. pp. 56,57, 58,59.

U.S. Country Studies Program (USCSP). *Climate Change: Mitigation, Vulnerability and Adaptatin in developing and transition countries*. October 1999.

Páginas manglares

<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/sitios.html>

### **Vulnerabilidad de zonas costeras de Sinaloa y Nayarit ante el incremento del mar**

Los archivos están disponibles para Norte América en [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/North\\_America/](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/North_America/)

La página oficial de la misión se puede consultar en [http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/p\\_status.htm](http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/p_status.htm).”

Conteo de Población INEGI 2005. Principales resultados por localidad 2005 (ITER), <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp?s=est&c=10395>.

Página del Consejo de Ciencia y Tecnología de Querétraro, <http://www.concyteq.edu.mx/cqrn2/kmldownload.htm>.”

El programa World Wind está disponible en <http://worldwind.arc.nasa.gov/java/>

Department of Geosciences Enviromental Studies Laboratory, <http://geongrid.geo.arizona.edu/arcims/website/slrworld/viewer.htm>

J.W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*, Roberts & Company Publishers, 2004.

R.C. Gonzalez y R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2007.

J. Hinkel y R.J. Klein, “Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: The development of the DIVA tool,” *Global Environmental Change*, vol. 19, Ago. 2009, págs. 384-395.

F. Bosello, R. Roson, y R. Tol, “Economy-wide Estimates of the Implications of Climate Change: Sea Level Rise,” *Environmental and Resource Economics*, vol. 37, Jul. 2007, págs. 549-571.

G. McGranahan, D. Balk, y B. Anderson, “The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones,” *Environment and Urbanization*, vol. 19, Abr. 2007, págs. 17-37.

D. Cayan, P. Bromirski, K. Hayhoe, M. Tyree, M. Dettinger, y R. Flick, “Climate change projections of sea level extremes along the California coast,” *Climatic Change*, vol. 87, Mar. 2008, págs. 57-73.

## **Vulnerabilidad de las entidades de Sinaloa y Nayarit del Pacífico Mexicano ante los eventos extremos del cambio climático: un estudio exploratorio**

Bojórquez-Tapia, L. A., S. Díaz y R. Saunier. 1997. Ordenamiento ecológico de la Costa Norte de Nayarit. OEA-UNAM, México, D.F.

Caetano, E., Innocentini, V., Magaña, S., Martins y B. Méndez (2010). Cambio climático y el aumento del nivel del mar. p.283-304. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.

Carbajal, D. J. A. ( 2007). Efectos del calentamiento global en el Golfo de México: incremento del nivel del mar. Recuperado el 13 de diciembre del 2008 de <http://adriancarabajal.no-ip.org/inundación/reportegolfo.pdf>

CONEVAL (2007) Mapas de Pobreza por Ingresos y Rezago Social 2005. Recuperado de [http://www.coneval.gob.mx/coneval2/htmls/publicaciones/HomePublicaciones.jsp?id=mapas\\_de\\_pobreza\\_2007](http://www.coneval.gob.mx/coneval2/htmls/publicaciones/HomePublicaciones.jsp?id=mapas_de_pobreza_2007).

Cutter, S.L.(1993).Respuestas sociales a los riesgos ambientales. Recuperado de (<http://lorax.geog.sc.edu/hrl/home.html>).

Cutter, S.L., J. B. Boruff, W. Lynn, 2003. Social vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2): 242-261.

Díaz Castro, S. C. (2010). Variabilidad de los Ciclones Tropicales que afectan a México. *Interciencia*, 35(4): 306-310.

Díaz S. C., A. Aragón, A. Arreola, L. Brito, S. Burrrola, S. Carreón, A. Cruz, P. González, M. Manzano, G. Martínez, G. Padilla, y D. Urias, 2008. Análisis de vulnerabilidad del Golfo de California asociado al incremento del nivel medio del Mar. Primera Bienal de la Agenda de Investigaciones del Programa de Ordenamiento ecológico marino del Golfo de California. [ine/Semarnat](http://ine/Semarnat).

García, R., 2000. *Sistemas Complejos*. Editorial Gedisa, España.

INEGI (2011) *Perpectiva estadística Nayarit*. INEGI. México.

INEGI (2011) *Perpectiva estadística Sinaloa*. INEGI. México.

IPCC, 2007. Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II Y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza.

Jiménez, S., W. Salinas y J. Campos, 2004. Impacto de la urbanización en zonas costeras. Caso de Estudio: zona conurbada Altamira-Madero-Tampico, Tamaulipas, México. p 361-372.

Lara-Lara, J.R., et al. 2008. Los ecosistemas marinos, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 135-159.

López, P., R. de la Torre, 2004. *Capital Social y Desarrollo Humano en México*. Estudios sobre desarrollo Humano Pnud-México No 2004-14.

Luque-Agraz, D., Gómez, E. (2007). La construcción de la región del Golfo de California desde lo ambiental y lo indígena. *Ra Ximhai* 3(1):83-116.

Luque, D., Doode, S., Gómez, E. (2008). Hacia una Diversidad Biocultural del Golfo de California, México. 1ra Bienal del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California 20-21 nov. 2008. La Paz, B.C.México.

Meza-Ramos, E. (2005). Estructura Económica y Migración Interna en Nayarit. Un Análisis Microeconómico. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Baja California, p 53.

Patricia Muñoz-Sevilla, P., Diana Escobedo-Urías, D. (2004). Análisis de caso: Sinaloa. p. 368-374. En: Rivera Arriaga, E., G. J. Villalobos, I. Azuz Adeath, y F. Rosado May (eds.), 2004. El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 p.

PNUD (2009). Indicadores de Desarrollo Humano y Género en México 2000-2005. PNUD. p 451.

Rodríguez Herrero, P.H. y Bozada Robles, L. M. (2010). Vulnerabilidad Social al Cambio Climático en las Costas del Golfo de México: un estudio exploratorio. 427-468. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, Gutiérrez y J.L. Tojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas Costeras mexicanas ante el Cambio Climático. Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, 514 p.

Rodríguez, H., 2006. Desarrollo Humano y Desastres en Veracruz. pp 73-89. En: Universidad Veracruzana. Inundaciones 2005 en el Estado de Veracruz.

Romero-Vadillo, E., O. Zaytsev, Morales-Pérez, R. (2007). Tropical cyclone statistics in the Northeastern Pacific. *Atmósfera* 20(2), 197-213.

Ruiz-Luna, A., C. A. Berlanga Robles, J. Acosta-Velázquez (2005). Bases para el ordenamiento ecológico de la zona costera del norte de Nayarit, México. Recuperado de [http://www.isprs.org/publications/related/semana\\_geomatica05/front/abstracts/Dimecres9/G18.pdf](http://www.isprs.org/publications/related/semana_geomatica05/front/abstracts/Dimecres9/G18.pdf)

Seingier, G., Espejel, I., J. L. Fermán Almada (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental*, 1:54-69.

Toledo, A., 2004. Entre la ciencia y la política. In-tegrando los componentes marinos, costeros y continentales del Golfo de México. pp 937-959. En: M. Caso-Chávez, I. Pisanty, y E. Ez-curra, (eds). *Diagnostico Ambiental del Golfo de México*. México: INE-SEMARNAT, Instituto de Ecología, A. C., Heartresearch Institute for Gulf of Mexico Studies.

Universidad Autónoma de Nayarit (2009). Propuesta de programa de ordenamiento ecológico regional de los municipios de Bahía de Banderas, Compostela y San Blas, Nayarit. [http://www.semanay.nayarit.gob.mx/Bitacora\\_Ambiental/03-POERMBBCSB/DOCUMENTO/Costa\\_Sur.pdf](http://www.semanay.nayarit.gob.mx/Bitacora_Ambiental/03-POERMBBCSB/DOCUMENTO/Costa_Sur.pdf)

Universidad autónoma de Nayarit (2008). Ordenamiento Ecológico de la Llanura Costera del Estado de Nayarit. México. Recuperado de [http://www.semanay.nayarit.gob.mx/Bitacora\\_Ambiental/Llanura\\_Costera/INFORME/CA RACTERIZACION/3%20%20Zona%20de%20Estudio.pdf](http://www.semanay.nayarit.gob.mx/Bitacora_Ambiental/Llanura_Costera/INFORME/CA RACTERIZACION/3%20%20Zona%20de%20Estudio.pdf)

Yáñez-Arancibia, A., y Day, J. (2010). La zona costera frente al Cambio Climático - Vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en manejo costero. p1. In: A. Yáñez-Arancibia (Ed.) *Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera*. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México.

Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, y J. Day, 2004. Interacciones eco-lógicas estuario-mar: marco conceptual para el manejo ambiental costero. p 433-

490. En: M. Caso-Chávez, I. Pisanty, y E. Ezcurra, (eds). Diagnostico Ambiental del Golfo de México. Semarnat, Instituto de Ecología, A. C., Hear-te Research Institute for Gulf of Mexico Studies.

Zamudio S.F., J.L. Romo L., Morales M., J.C. (2006). Análisis comparativo del desarrollo Humano en los Estados de Chihuahua y Sinaloa, 1995-2000. *Región y Sociedad* XVIII (35):43-73.

Zavala-Hidalgo, J., R. de Buen Kalman, R. Romero-Centeno, y F. Hernández Maguey (2010). Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas, p. 249-268. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.