



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

**PROYECTO:**

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

**PRIMER INFORME PARCIAL**

**MARZO, 2011**

**RESPONSABLE: DR. ALFONSO VÁZQUEZ BOTELLO  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

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

### *Resumen*

Este trabajo, forma parte del Proyecto PINCC/UNAM-ICMyL y presenta una estimación de la extensión territorial afectada en el caso de incrementos del nivel del mar de 1m, y los efectos de la alteración del manglar, para las costas de los estados de Sinaloa y Nayarit. Así mismo, se estima el número de habitantes en las zonas vulnerables que serían afectadas por la elevación del nivel medio del mar. 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. Para la estimación de la superficie afectada, se emplea 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 de interés.

### **INTRODUCCION**

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 es 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 las 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.

## **II. JUSTIFICACIÓN**

En México se han realizado pocas evaluaciones sobre los impactos en las zonas costeras de México debido al incremento del nivel del mar tendrá bajo 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.





Humedales y Manglares del área Nayarit-Sinaloa.

### III. OBJETIVOS

- 1) 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 (60 y 100 cm) y a los fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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

### METODOLOGÍA

#### Materiales

Para el presente estudio se emplean los archivos de datos con formato hgt para disponibles en 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). Por otro lado, los datos de población se obtienen de. Se descargan de 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 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 en . 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 de la información de 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<sup>1</sup>

Para determinar el número de habitantes vulnerables, se utilizan los datos del INEGI del conteo de población 2005 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 y que para la definición a 60cm de elevación del nivel medio del mar, no se cuentan con las cartas topográficas que nos permita analizar a ese detalle. 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

---

<sup>1</sup> A. V. Botello et al., *Vulnerabilidad de las Zonas Costeras Mexicana ante el Cambio Climático*, UNAM-INE, 2010.



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.

#### **AREA DE ESTUDIO:**

El área del estudio del presente trabajo, queda comprendida en la Región Hidrológico-Administrativa III-Pacífico Norte (Figs.1y2), en la cual quedan ubicadas importantes lagunas costeras y humedales como las de Agua Brava, que forma parte del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales , en el estado de Nayarit y el sistema lagunar-estuarino San Ignacio-Navachiste-Macapule, en Sinaloa. Esta región es de vital importancia tanto socio-económica como ecológica y ambos sistemas lagunares son sitios RAMSAR.

Estas áreas presentan diferentes condiciones climáticas y de desarrollo en infraestructura agrícola. A pesar de las grandes diferencias, sobretudo en precipitación y en tierras agrícolas tecnificadas (irrigación), ambas zonas presentan problemas similares en lo referente a contaminación de la zona costera (descargas agrícolas y municipales) y la degradación de los bosques de manglar por tala, desvío de canales e instalación de granjas camaronícolas.

La precipitación media anual en los municipios que rodean a la laguna de Agua Brava (Tuxpan, San Blas y Santiago Ixcuintla, Nayarit) es de 1,200 a 1,500 mm, que contrasta fuertemente con la precipitación media anual, 300 a 400 mm, del municipio de Guasave, Sinaloa, en donde se localiza el sistema lagunar-estuarino de San Ignacio-Navachiste-Macapule.

#### **LAGUNA DE AGUA BRAVA**

La Laguna de Agua Brava se encuentra situada al noroeste de la República Mexicana entre los paralelos 22° 04' y 22° 12' latitud norte y los meridianos 105° 24' y 105° 39' longitud oeste en la planicie costera en el noroeste de Nayarit (Fig. 1), formando parte del complejo lagunar Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales entre los límites norte-sur de los estados de Nayarit y Sinaloa (Álvarez *et al.*, 1986; Contreras, 1993).

Esta laguna tiene un área aproximada de 40,000 ha, con gran cantidad de esteros, canales y lagunas bordeadas por mangles separadas del cuerpo lagunar principal. Tiene un ancho variable que va desde de 0.8 hasta 7.5 km en su parte más ancha y con una profundidad promedio de 2.5 m y está separada de la zona litoral por una faja corta de terrenos bajos (Marismas Nacionales) orientados diagonalmente con respecto a la costa (Álvarez *et al.*, 1986; Contreras, 1993). La comunicación con el Océano Pacífico es a través del estero y boca de Teacapán y la boca de Palmar de Cuautla, ésta última fue abierta por el gobierno federal en 1975, en un inicio tenía alrededor de 20 m de ancho actualmente tiene más de 500 m. Los sistemas fluviales que desembocan en este cuerpo lagunar son los ríos Acaponeta, Bejuco, Cañas y Rosa Morada, dominando en éstos los sedimentos limo-arcillosos (Álvarez *et al.*, 1986; Contreras, 1993).



El clima de la región corresponde al tipo Aw, subtropical cálido subhúmedo, según el sistema de Köepen modificado por García (1973). En cuanto a datos meteorológicos se tienen como antecedentes una temperatura promedio anual de 25°C, con precipitación anual cercana a 1,660 mm y presenta vientos provenientes del noroeste en invierno, y de oeste a sureste durante el verano. Respecto a la hidrología de la Laguna de Agua Brava los valores de temperatura superficial del agua más bajos (23°C) se registran en el invierno, y los más altos (hasta 32°C) en primavera. Además se mencionan salinidades de 21 ups en épocas de secas y 0 ups en lluvias (Álvarez *et al.*, 1986; Flores-Verdugo *et al.*, 1997<sup>a</sup>).

El tipo de vegetación que se presenta alrededor de la laguna son grandes bosques de manglar donde dominan el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), y en menor proporción el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el botoncillo (*Conocarpus erectus*). Sin embargo, los cambios provocados por la apertura de la boca artificial, en 1975, han permitido una mayor colonización de plántulas de *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* (Amezcuca-Linares *et al.*, 1992). La mayor fuente de detritus de esta laguna es la hojarasca aportada por la defoliación de los bosques de manglares, esta defoliación ocurre mayormente al final del periodo de secas y a inicios del periodo de lluvias (Flores-Verdugo *et al.*, 1997b; González-Farías *et al.*, 1997).

La laguna posee una elevada biodiversidad constituida por fitoplancton, zooplancton, invertebrados bentónicos, peces, aves, reptiles y mamíferos (Gómez, 1981; Hendricks *et al.*, 1983; Álvarez *et al.*, 1986; Quiroga, 1987).

#### **SISTEMA LAGUNAR-ESTUARINO DE SAN IGNACIO-NAVACHISTE-MACAPULE**

El sistema lagunar-estuarino de San Ignacio-Navachiste-Macapule se ubica al noroeste de México en el estado de Sinaloa, entre los paralelos 25° 22' y 25° 34' de latitud norte y 108° 40' y 109° 02' de longitud oeste (Fig.1). Limita al este con la Isla de San Ignacio y el municipio de Ahome, al sur con la Isla de San Ignacio y al este y norte con la planicie costera del municipio de Guasave (Orduña-Rojas y Longoria-Espinoza, 2006):

Es un sistema semicerrado con una profundidad media de 4 m, se encuentra separado del mar abierto por una barrera arenosa de 23 km de largo y varias islas. Posee dos comunicaciones directas al Golfo de California denominadas Ajoro y Vasequilla con un ancho de 2 y 1.5 km, respectivamente. Sus principales afluentes son el Colorado y el Caracol, los cuales reciben aportes de drenes agrícolas del Distrito de Riego 063 Guasave y aguas municipales no tratadas de la ciudad de Guasave y del poblado Juan José Ríos, Sinaloa. Otros drenes agrícolas como el Navobampo y Batamonte desembocan directamente al sistema (Orduña-Rojas y Longoria-Espinoza, 2006).

Dentro de este sistema se ubican varias islas, como son Macapule, Vinorama, Sierra del Negro, Isla del Indio, San Ignacio, Isla de los Cerros de Huituviana,



Lucas y Guasayeye. Es importante señalar que las islas antes mencionadas, así como todas las ínsulas dentro del Golfo de California están declaradas como zonas de reserva ecológica (Gobierno de Guasave, 2008).

Según el sistema de Köepen modificado por García (1973) el tipo de clima es BW(h') semiárido sub-húmedo con una temperatura media anual de 25.5°C (mínima y máxima de -6.0°C y 41.5°C, respectivamente). La precipitación pluvial media anual es de 392.8 mm, la época de lluvias va de julio a septiembre, la época de secas es de noviembre a junio. Los vientos predominantes son en dirección suroeste y presentan velocidades de hasta 2 m/s. (SAGARPA, 2004).

Este sistema es de gran importancia económica y ecológica, en ella se realizan actividades de pesca (camarón, ostión, almeja, lisa, mojarra, botete, pargo, mero y robalo) y de acuicultura, específicamente el establecimiento y la operación de granjas camaronícolas (Orduña-Rojas y Longoria-Espinoza, 2006).

## 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

Estado	%	Sup. Vul.*
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
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

De 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.

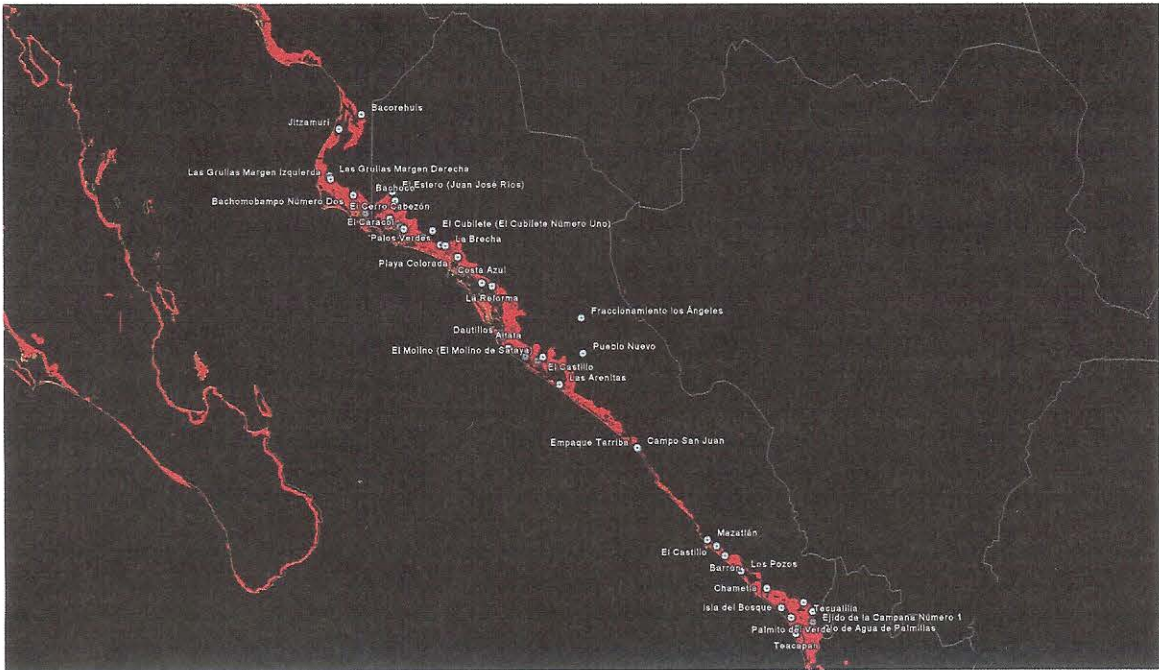


figura 1 Sinaloa.

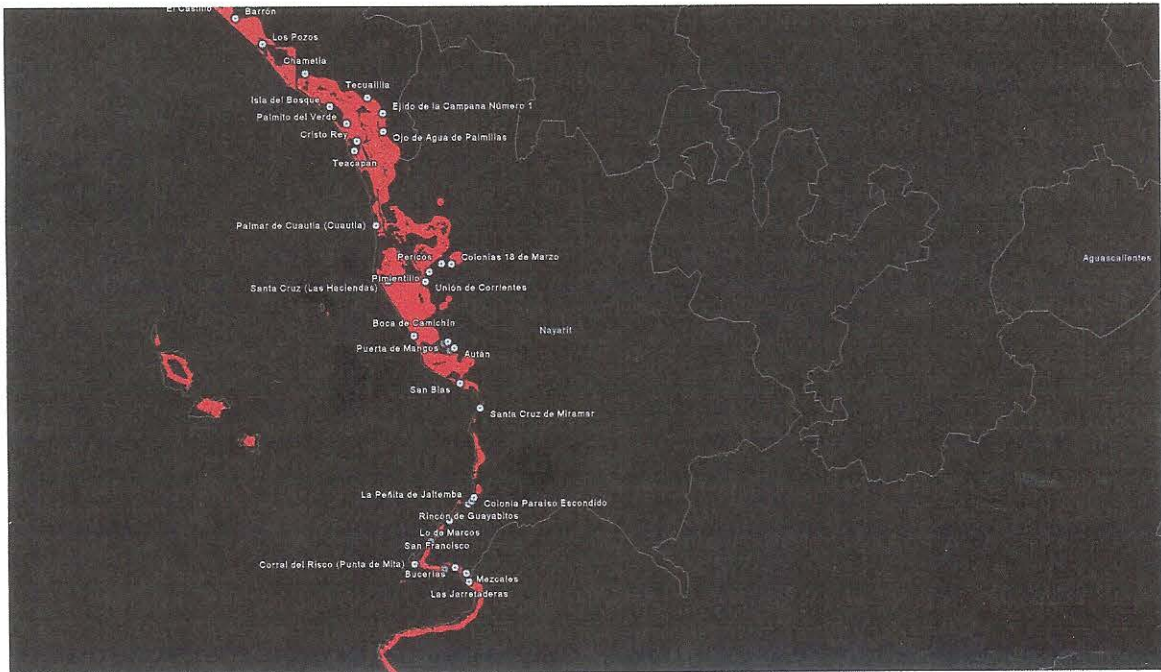


figura 2 Nayarit



## IMPACTOS EN MANGLARES:

Los manglares juegan un importante papel en contra del cambio climático, ya que funcionan como barrera natural que contiene la erosión de vientos y mareas, contribuyendo al mantenimiento de la línea de costa y el sostenimiento de arenas sobre las playas, filtran el agua, permiten el abastecimiento de los mantos freáticos, capturan gases de efecto invernadero y actúan como sumideros de carbono, así mismo son de gran importancia para las pesquerías como la de camarón, entre otras funciones. Por esto los manglares proporcionan servicios ambientales por miles de dólares, solo por producción pesquera generan beneficios por el orden de los 37 mil dólares por hectárea al año<sup>2</sup>.

La destrucción de miles de hectáreas de ecosistema de manglar por la acuicultura intensiva de camarón en nuestros países, atenta contra los derechos humanos de las comunidades locales, pues las desplaza de sus territorios, empobrece sus economías, tiene prácticas de violencia contra pescadores y recolectores artesanales, a quienes se le impide el acceso a sus áreas de trabajo ancestral. En Latinoamérica esta industria está siendo implantada a lo largo de los humedales costeros sin tomar en cuenta los impactos acumulativos ni la recuperación de áreas degradadas al ser abandonadas las actividades.

Indonesia, Australia, Brasil, Nigeria y México representan conjuntamente 47 por ciento del área total de manglares de todo el planeta. Sin embargo, la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) indica que a nivel mundial las pérdidas más grandes en los ecosistemas de manglar de 1980 al 2005 han ocurrido en México, Honduras, Panamá, Estados Unidos y las Bahamas.

A lo largo de las costas de América Latina se han perdido miles de hectáreas de manglar por esta actividad de acuicultura intensiva. Tan sólo en el Ecuador se han perdido en los últimos 30 años el 70% de los manglares por la industria del camarón que en el año 1987 contaba con una cobertura de 362,800 hectáreas y para el año 2000 sólo quedaban 108,000 hectáreas. En Honduras se estima una pérdida de 20,000 hectáreas, mientras que en México tan sólo en el estado de Sinaloa en el año 1998 ya se habían perdido 21,357 hectáreas por esta misma actividad; en Brasil, solo en el estado de Ceará, en el año 2005 se instalaron 247 granjas ocupando una extensión de 6,069 hectáreas.

Los impactos negativos de la acuicultura intensiva han propiciado la destrucción de hábitat, la captura de juveniles silvestres como stock, el uso indiscriminado de fármacos empleados para controlar las enfermedades, el agotamiento y la salinización del agua potable y de las tierras agrícolas, la introducción de especies exóticas, el uso de grandes cantidades de pescado capturado en el mar para alimentar especies acuícolas.

Los actuales esquemas de certificación no ayudan a enfrentar los masivos y severos impactos ambientales y sociales causados por la industria del camarón en



muchas de nuestras comunidades. Estos esquemas de certificación pueden ayudar sólo a legitimar las injusticias pasadas y actuales e incluso llevar hacia una futura expansión. Tampoco pueden aplicarse a los altísimos niveles de consumo de camarón en los países del Norte. Las iniciativas de certificación desarrolladas hasta ahora no han provisto espacio para la participación de las comunidades locales y las Organizaciones No Gubernamentales, constituyéndose en procesos antidemocráticos excluyentes y poco transparentes. Así en nuestra perspectiva la camaronicultura representa profundos daños a la sociedad y al medio ambiente, siendo cualquier propuesta de certificación, una tentativa de legitimar una actividad de destrucción de nuestros ecosistemas costeros.

El análisis de cambio de uso de suelo para la zona de Agua Brava, Nayarit, presentó un caso particular con la clase de Manglar Muerto o Deteriorado, relacionado con los mayores errores de omisión en los años de 1990 y 2002, este resultado fue debido de que a pesar de que se tenía identificada la zona de manglar muerto, al realizar los campos de entrenamiento la firma espectral respondía de manera muy generalizada, asignándose a zonas donde ni siquiera se tenían registros de Manglar, por lo que fue difícil definir con presión la firma espectral de esta clase.

De la clase Manglar se obtuvo un decremento continuo en la cobertura de 1973 al 2002, en parte por el canal artificial abierto a mediados de los años 70, que erosionó parte del manglar que se localizaba en la barrera, y también por el deterioro de diferentes áreas del bosque de manglar, que se han convertido en marismas. En 1973 se tenía una gran cantidad de manglar en buenas condiciones, que para el 2002 se presenta como muerto o deteriorado. La pérdida total de manglar en Agua Brava, Nayarit, de 1973 al 2002 es de 14,451 ha, que representa una tasa de pérdida de casi 500 ha por año.

En la zona de Agua Brava para el 2002, se observa la presencia de granjas camaronícolas que en años anteriores no se encontraban, las granjas digitalizadas en este estudio correspondían a granjas activas y granjas fuera de servicio, que debido a la simetría sobre el terreno se identificaban visualmente. La superficie cubierta por muchas de estas granjas, en años anteriores, era ocupada por marismas y manglar; sin embargo; en la actualidad ya no pueden ser colonizadas por éste último, pero si por otros usos de suelo definidos por el hombre, o por la misma condición natural de regeneración de los ecosistemas.

Para el caso de la zona de San Ignacio Navachiste, Sinaloa, se presenta una condición muy similar a la laguna de Agua Brava, en lo referente a las proporciones de cambio de uso de suelo, ya que de la misma manera la cobertura de Manglar disminuye al paso del tiempo; sin embargo, la cobertura de Marisma se mantiene constante, tanto al inicio como al final del periodo de estudio. Por otra parte, la cobertura de granjas camaronícolas en San Ignacio Navachiste es considerablemente mayor que en Agua Brava. Es innegable que las granjas camaronícolas han ocasionado la pérdida de grandes áreas de manglar, ya que en zonas donde había manglar en 1986, para el año 2002 eran áreas ocupadas por



las granjas. La pérdida total de manglar en San Ignacio Navachiste, Sinaloa, de 1986 al 2002 es de 10,112 ha, que representa una tasa de pérdida de más de 630 ha por año.

Se ha obtenido 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.

Se recomienda realizar estudios mas detallados para conocer la topografía del terreno aledaño a los núcleos de población importante con mejor precisión usando otras tecnologías como el LIDAR. 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.

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. 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 saber 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. 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.



## LITERATURA CITADA

Álvarez, R.M., F. Amezcua L. y A. Yáñez-Aranciba, 1986. Ecología y estructura de las comunidades de peces en el sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, Nayarit, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 13(1): 185-242.

Amezcua-Linares, F. y Z.G. Castillo-Rodríguez, 1992. Alimentación y reproducción del sol *Achirus nazatlanus* (Steindachner, 1869) en el sistema lagunar costero de Agua Brava, Pacífico de México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 19(2): 181-94.

Flores-Verdugo, F., F. González-Farías, M. Blanco Correa y A. Núñez-Pastén, 1997<sup>a</sup>. The Teacapan-Agua Brava-Marismas ecosystem, Pacific coast of Mexico: an ecological and anthropogenic activity profile. En: Kjerfve, B., L. Drude de Lacerda y E.H. Salif Diop (Eds.) *Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa*. ISME, U.S. y UNESCO. París: 35-46.

Galindo-Reyes, J.G., L.D.; Venezia, G. Lazcano-Álvarez y H. Rivas-Mendoza, 2000. Enzymatic and osmoregulative alterations in white shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to pesticides. *Chemosphere*, 40:233-37.

García, E., 1973. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Copen (Adaptación a Condiciones de la República Mexicana)*, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, 243 pp.

Gómez-Aguirre, S., 1981. *Comunidades planctónicas representativas de estuarios y lagunas costeras del noroeste de México (105°-110° W y 22°-27° N) en los años 1963 a 1973*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, 122 pp.

González-Farías, F., F. Flores-Verdugo y M. Hernández-Garza, 1997. Annual variation of particulate organic carbon and mangrove detritus in Agua Brava lagoon, Nayarit, Mexico, pp. 47-63. En: B. Kjerfve, L. Drude de Lacerda y E.H. Salif Diop (Eds.) *Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa*, ISME, US y UNESCO, París, 349 pp.

Gobierno de Guasave, 2008. *Principales ecosistemas del municipio de Guasave*. [http://www.guasave.gob.mx/cms/index.php?option=com\\_content&task=view&id=206&Itemid=70#Principales\\_ecosistemas\\_](http://www.guasave.gob.mx/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=206&Itemid=70#Principales_ecosistemas_). Accesado el 20 de enero del 2008.

Hendrickx, M.E., F. Flores-Verdugo, A.M. van Der Heiden y R. Brisero-Dueñas, 1983. Fauna survey of the decapod crustaceans, reptiles and coastal birds of the estero el verde, Sinaloa, Mexico, with some notes on their biology. *An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 10(1): 187-94.



Orduña-Rojas J. y R.M. Longoria-Espinoza, 2006. Metal concentration in *Ulva lactuca* (Linnaeus) from Navachiste Bay (Southeast Gulf of California) Sinaloa, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 77:574-580.

Quiroga, A.G., 1987. *Análisis de la salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, nivel de marea y precipitación con relación a la inmigración del género Penaeus spp. En cinco bocas del estero de los Estados de Sinaloa y Nayarit.* Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, 40 pp.

SAGARPA (2004). *Ecosistemas lagunares costeros.*

[http://www.sagarpa.gob.mx/conapesca/ordenamiento/carta\\_nacional\\_pesquera/18020\\_4/6\\_Sistemas\\_lagunares/2\\_EcoLagCost.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/conapesca/ordenamiento/carta_nacional_pesquera/18020_4/6_Sistemas_lagunares/2_EcoLagCost.pdf). Accesado el 22 febrero 2007.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

APARTADO POSTAL 70-305

MEXICO 045 10, D. F. MEXICO

**Dr. Carlos Gay**

Director del Programa de Investigación  
en Cambio Climático, UNAM.  
Presente.

Estimado Dr. Gay:

Por este conducto, me permito enviar a usted el **Primer Informe Parcial del Proyecto** Extraordinario PINCC-UNAM-ICMyL "**Vulnerabilidad de las Zonas Costeras de Nayarit y Sinaloa ante el Cambio Climático**", el cual se encuentra en desarrollo por investigadores del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Deseo hacer notar que el Informe que se presenta, es solamente un estado de avance de la investigación y que los tópicos referentes a la evaluación social y económica de área, estado de las pesquerías, zonas vulnerables, pérdida de infraestructura costera y valuación económica, se encuentran en proceso de análisis y se terminarán en aproximadamente 4 meses.

De igual manera, le solicito atentamente de su gestión, a fin de que se proceda a la segunda administración de los recursos asignados al Proyecto, los cuales son vitales para realizar las actividades de campo pendientes, así como la compra de cartografía actualizada de la región.

Agradeciendo de antemano todas las atenciones prestadas a la presente, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Ciudad Universitaria, 16 de marzo del 2011.

Atentamente

**Dr. Alfonso Vázquez Botello.**  
**Jefatura de la Unidad de Procesos**  
**Oceánicos y Costeros, ICMYL.**  
**Responsable del Proyecto.**

Ccp. **Dra. Leticia Rosales Hoz**, Directora de este Instituto.  
**Lic. Myrna Avila Muñoz**, Secretaria Administrativa de este Instituto.

2011-03-17