



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN GEOGRAFÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**CONSERVACIÓN DE MANGLARES COMO ADAPTACIÓN
A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN
LA ENCRUCIJADA CHIAPAS**

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTORA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:
MARIA GABRIELA CARRANZA ORTIZ

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. LETICIA GÓMEZ MENDOZA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, noviembre de 2018

MIEMBROS DEL JURADO:



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda	Instituto de Geografía, UNAM
Dr. Alfonso Vázquez Botello	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Dra. Dulce María Infante Mata	Colegio de la Frontera Sur-Tapachula
Dr. Ernesto Dos Santos Caetano Neto	Instituto de Geografía, UNAM
Dra. Elena Lazos Chavero	Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM

Amado Dios Padre-Madre infinitamente agradecida por todo y por tanto.

*Por la paciencia de mis más queridos: Carlos, Tere y Marco,
Y a mis familias física y espiritual por siempre estar*

¡GRACIAS!

Agradecimientos especiales:

A través de estas líneas hago patente mi más sincero agradecimiento a la Dra. Leticia Gómez Mendoza por su acertada instrucción, su paciencia, su amistad y por no cejar en la dirección de esta tesis. A la Dra. Dulce María Infante Mata, del Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, por compartir conmigo su conocimiento, su experiencia y su amistad. Al Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda, del Instituto de Geografía, UNAM, por las múltiples y acertadas revisiones críticas a este trabajo. Al Dr. Ernesto Caetano Dos Santos por su valioso apoyo, recomendaciones e información proporcionadas. Al Dr. Alfonso Vázquez Botello por sus valiosos comentarios y el honor que he tenido de que revise mi trabajo, así como por el gran apoyo que me ha brindado desde que le conozco y a la Dra. Elena Lazos Chavero por su revisión crítica que enriqueció este trabajo.

Agradezco también al Geog. Mauricio Amaya por su soporte en la elaboración de los materiales cartográficos, al Cand. a Dr. Luis Manuel Galván por la orientación y apoyo en la elaboración de materiales relacionados con peligros hidrometeorológicos. Al Mtro. Enrique Muñoz por sus valiosas sugerencias en la revisión de los artículos que conforman esta tesis. Al M. en C. Alejandro Rojero Chavero y la Dra. Ann Grant por su gran ayuda en la traducción y edición de los artículos: "*Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystems: an ecosystem-based adaptation approach*", y "*Protective services of mangroves, and vulnerability to extreme hydrometeorological events in the La Encrucijada Biosphere Reserve, Mexico*".

A la Dra. Zulia Sánchez Mejía, M. en C. Matilde Rincón Pérez, M. en C. Sofía Jimena Grimaldi Calderón, Biól. José Rubén García Alfaro y Tec. Gerardo de la Cruz Montes por proporcionarme su ayuda en campo y la información de la Reserva de sus propios trabajos. A la Ing. Amb. Xochitl Areli Peña Valencia por el gran apoyo para el cierre de este trabajo. A la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP) por proporcionarme las coberturas de uso de suelo de la región de los años 2000 a 2008. Al director de la Reserva, el Biól. Edmundo Aguilar, por la

atención, orientación e información proporcionadas. A los titulares de las Dependencias de Protección Civil de los Municipios de: Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Villa Comaltitlán, Huixtla y Mazatán que me permitieron entrevistarles y me proporcionaron valiosos documentos, así como soporte fotográfico para este trabajo. Y con mucho respeto y admiración a los pobladores de la Reserva de la Biósfera “La Encrucijada” que paciente y alegremente respondieron las encuestas y me proporcionaron información relevante para este trabajo, especialmente a la familia de Gerardo de la Cruz, quienes además me brindaron su grata hospitalidad y guía por los manglares de La Encrucijada.

Finalmente agradezco a CONACyT por la beca proporcionada para el desarrollo de este posgrado (2013-2017). A DGAPA-PAPIIT ya que algunos resultados de este trabajo se obtuvieron a través del apoyo del Proyecto IT100715: *“Vulnerabilidad de humedales costeros ante un clima cambiante: evaluación usando modelación hidrodinámica”*. Al proyecto Biodiversidad vegetal y su distribución en las dunas y playas de las áreas naturales protegidas Gancho-Murillo, Cabildo Amatal y de la Reserva de la Biósfera de La Encrucijada, Chiapas. Así como, al proyecto PAPIIME-DGAPA clave PE303514 *Clima, Naturaleza y Sociedad* que permitió el desarrollo de un capítulo de libro, el cual se integra a la presente Tesis.



Comunidad La Lupe

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
SUMMARY.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. Objetivos	16
III. Marco de referencia.....	17
Políticas y programas de adaptación en México	17
El enfoque ecosistémico y la Adaptación Basada en Ecosistemas.....	19
Los conceptos de gestión del riesgo	21
Los manglares y el cambio climático.....	23
d. Metodología general.....	27
<i>d.1 Tendencia del cambio de uso del suelo y cobertura vegetal</i>	<i>28</i>
<i>d.2 Encuestas de percepción de riesgos.....</i>	<i>28</i>
<i>d.3 Entrevistas a autoridades de protección civil.....</i>	<i>29</i>
<i>d.4 Características de la vegetación y altura del manglar.....</i>	<i>29</i>
e. Diagnóstico ambiental y sociodemográfico de La Encrucijada.....	31
<i>e.1 Área de estudio.</i>	<i>31</i>
<i>e.2 Climatología de la región de estudio.....</i>	<i>33</i>
Capítulo I. Resultados	44
<i>I.1 Uso de los recursos del manglar</i>	<i>44</i>
<i>I.2 Información sociodemográfica de las poblaciones asentadas en la reserva ...</i>	<i>49</i>
<i>I.3 Apropiación y uso del recurso de manglar en la zona de estudio.</i>	<i>54</i>
<i>I.4 Amenazas en la región</i>	<i>60</i>
<i>I.5 Comparación entre los efectos de eventos hidrometeorológicos y la percepción social</i>	<i>69</i>
Capítulo II. Indicadores de resiliencia para manglares de México	75

Capítulo III: Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystems: an ecosystem-based adaptation approach	96
Capítulo IV. Protective services of mangroves, and vulnerability to extreme hydrometeorological events in La Encrucijada Biosphere Reserve	115
Carranza-Ortiz, G., Gómez-Mendoza, L. Caetano, E. 2018.....	115
Carranza-Ortiz, G., Gómez-Mendoza, L. Caetano	116
DISCUSIÓN.....	136
CONCLUSIONES	144
a. <i>Sobre los indicadores de resiliencia para manglares de México</i>	<i>144</i>
b. <i>Sobre la vulnerabilidad de comunidades ubicadas en manglares y el enfoque AbE</i>	<i>145</i>
c. <i>Sobre los servicios de protección de los manglares y la vulnerabilidad a eventos hidrometeorológicos extremos.....</i>	<i>147</i>
REFERENCIAS.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio	32
Figura 2. Manglar en la Reserva de la Biósfera “La Encrucijada”.	32
Figura 3. Cuencas en las que se ubica la Reserva de La Encrucijada (Cotler, 2010).....	33
Figura 4. Estaciones Meteorológicas Automáticas en Chiapas, administradas por el Organismo de Cuenca Río Frontera Sur (SMN) y los observatorios disponibles en CLICOM (CICESE 2014).	34
Figura 5. Temperatura y precipitación promedio mensuales de los años 1951 a 2010.....	35

Figura 6. Temperatura y precipitación máximas mensuales de los años 1951 a 2010.....	36
Figura 7. Viento Zonal Región de Norteamérica (1981 - 2010), (NOAA 2014).	37
Figura 8. Trayectoria del huracán Paulina (5 al 10 de octubre de 1997).....	38
Figura 9. Viento vector durante el huracán Paulina (del 7 y 8 de octubre de 1997), (NARR, 2018).	38
Figura 10. Trayectoria del huracán Mitch (22 de octubre al 5 de noviembre de 1998)	39
Figura 12. Trayectoria del Huracán Stan (1 al 5 de octubre de 2005).....	40
Figura 14. Trayectoria de la Tormenta Tropical Bárbara (1 al 5 de octubre de 2005)	41
Figura 15. Viento vector durante la Tormenta Tropical Bárbara, 1 y 2 de junio de 2007	42
Figura 16. Trayectoria del Huracán Bárbara (28 al 30 de mayo de 2013) (NOAA, 2014).	42
Figura 17. Viento vector durante el Huracán Bárbara, 29 y 30 de mayo de 2013.	43
Figura 19. Actividades económicas en “La Encrucijada”.....	45
Figura 20. Niños de la localidad de La Palma limpiando troncos de mangle para diversos usos de construcción (Foto: Gabriela Carranza)	45
Figura 21. Superficie de “La Encrucijada” afectada por incendios de 2000 a 2014 (CONABIO 2014). (Elaboración propia con base en Barrios 2015)	48
Figura 22. Tasa de crecimiento poblacional del estado de Chiapas	50
Figura 23. Características económicas y servicios en comunidades de la Reserva de “La Encrucijada” (Fuente: INEGI, 2010).....	51
Figura 26. Uso del manglar por las comunidades de la reserva.....	58
Figura 27. Disposición de pobladores a participar en acciones de conservación de la reserva.	59

Figura 28. Pertenencia de la población del a la Reserva	60
Figura 29. Huracán categoría 4 Paulina (5 al 10 de octubre de 1997)	64
Figura 30. Huracán categoría 5 Mitch (22 de octubre a 5 de noviembre de 1998)	64
Figura 31. Huracán categoría 1 Stan (1 al 5 de octubre de 2005).....	65
Figura 32. Tormenta Tropical Bárbara (29 de mayo a 2 de junio de 2007)	65
Figura 33. Huracán categoría 1 Bárbara (28 al 30 de mayo de 2013)	66
Figura 34. Mapa de lluvias registradas durante el Huracán Stan 4 y 5 de octubre de 2005 (máxima de 3017.0 mm en el Novillero, Chiapas).(CNA; 2104).	67
Figura 35. Dirección e intensidad de corrientes registradas en el fenómeno de mar de fondo del 1° de mayo de 2015.	69
Figura 36. Combinaciones relacionadas con la percepción del riesgo.....	70
Figura 37. Combinaciones relacionadas con la percepción del riesgo en la Reserva de La Encrucijada	73
Figure VI.1. Study area and location of transects.....	120
Figure VI.2. Hydrometeorological events that affect the reserve communities....	124
Figure VI.3. Localities that affected by 1 m sea level rise (of 1 m) in La Encrucijada.	125
Figure VI.4. Direction and magnitude of swell forecasted for 1 May 2015.....	126
Figure VI.5. Effects 1 th May 2015 swell event in the municipalities of Mazatan (a-b) and Pijijiapan (c-d) (Source: Civil Protection authorities).	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de encuestas aplicadas por comunidad visitada en la reserva	29
Tabla 2. Población de los municipios donde se encuentra la Reserva de La Encrucijada, según el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI 2014)	49
Tabla 3. Porcentaje de la población con carencias sociales según indicadores de pobreza, en México, 2010, en los municipios de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Chis, (CONEVAL 2014).....	52
Tabla 4. Grado de cohesión social en los municipios donde se encuentra la Reserva de la Biósfera de La Encrucijada (CONEVAL 2014).....	54
Tabla 5. Número de encuestas aplicadas por comunidad visitada en la reserva. .	55
Tabla 6. Eventos extremos que se analizan en el presente estudio.....	61
Tabla 7. Escala Saffir-Simpson.	63
Tabla 8. Comparación entre los efectos de eventos hidrometeorológicos y la percepción social.	72

RESUMEN

La vulnerabilidad de las zonas costeras frente al cambio climático hace necesario mantener los servicios ambientales de protección que los ecosistemas en buen estado de conservación. El presente estudio se realiza en la Reserva de la Biósfera de la La Encrucijada, donde se encuentra el ecosistema de manglar más alto de Norteamérica, el cual se encuentra en buen estado de conservación. En este estudio se realizó una revisión al concepto de resiliencia; se abordó el análisis de la percepción de las comunidades de la Reserva sobre el papel que los manglares representan para su subsistencia. También, se analizó la vulnerabilidad costera de la población asentada dentro de esta Reserva aplicando los Índices de Vulnerabilidad Costera y el Índice de Vulnerabilidad de la Población y se realizó un análisis de escenarios futuros a inundaciones y aumento del nivel del mar. Se encontró que los pobladores reconocen la protección que los manglares les provén ante inundaciones, vientos intensos y mareas de tormenta. El 61% de las 162 personas encuestadas, están relacionadas con alguna actividad de conservación, aunque las comunidades no están completamente conscientes de todos los servicios ambientales que les provén los manglares. Como medidas de adaptación, se recomiendan, el control en el uso del suelo y la reconversión de las actividades económicas. Este estudio es una propuesta de adaptación local a iniciativas de cambio climático y estrategias de conservación, así como de resolución de conflictos socioambientales en torno al cambio climático. Se propone el uso del enfoque de Adaptación basada en Ecosistemas, la evaluación de la vulnerabilidad y la percepción social sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales, como aspectos que promoverán la apropiación de los recursos, el fortalecimiento de capacidades y la generación de conocimiento en las poblaciones, para mejorar la respuesta y actitud de las comunidades ante los riesgos climáticos.

SUMMARY

The vulnerability of coastal areas to climate change makes it necessary to maintain the environmental protection services that ecosystems in good condition provide to human communities. The present study carried out in the biosphere Reserve of La Encrucijada, where the highest mangrove ecosystem in North America is located, which is in good condition. This study revised the resilience concept. The analysis of the perception of the communities of the reserve on the role that mangroves represent for their subsistence was addressed. Also, it analyzed the coastal vulnerability of the population settled within this reserve by applying the Coastal Vulnerability Index and the Population Vulnerability Index and conducted an analysis of future scenarios of floods and sea level rise. It found that villagers recognize the protection mangroves provide them to floods, intense winds and storm tides. A 61% of the 162 people surveyed are related to some conservation activity, although the communities are not fully aware of all the environmental services that the mangroves provide. As measures of adaptation, they are recommended, the control in the use of the land and the conversion of the economic activities. This study is a proposal for local adaptation to climate change initiatives and conservation strategies, as well as the resolution of socioenvironmental conflicts around climate change. The use of the Adaptation based on Ecosystems approach, the evaluation of vulnerability and the social perception on the importance of the conservation of natural resources was proposed to promote the appropriation of resources, the strengthening of capacities and the generation of knowledge in the populations, to improve the response and attitude of the communities before the climatic risks.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se estima que los humedales ocupan más de 1,280 millones de hectáreas (1.2 millones de kilómetros cuadrados) aunque esta cifra se considera como conservadora (EEM 2005). De acuerdo con cifras de CONABIO (2014), la superficie ocupada por los manglares en nuestro país fue de 856,308 ha en el período 1970-80, para 2005 fue de 774,090 ha y para el 2010, fue de 764,486 ha. Los manglares son comunidades vegetales con dominancia arbórea de mangle. En México predominan cuatro especies: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro, madre de sal) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) (CONABIO 2008, Moreno-Casasola e Infante-Mata 2009). Estos ecosistemas constituyen un importante recurso forestal de toda la banda intertropical del planeta y sostienen la biodiversidad de los ecosistemas costeros tropicales (Yáñez-Arancibia 1998). Crecen en la interface mar-tierra en condiciones de: alta salinidad, mareas extremas, vientos fuertes, altas temperaturas, así como suelos fangosos y anaeróbicos. Los mangles cuentan con adaptaciones morfológicas y fisiológicas muy desarrolladas para soportar condiciones extremas y situaciones de estrés. Sin embargo, debido a que viven cerca de sus límites de tolerancia, pueden ser particularmente sensibles a las perturbaciones de la calidad del agua o régimen hídrico, especialmente a los generados por las actividades humanas (Kathiresan y Bingham 2001).

Estos ecosistemas producen muchos más servicios ecosistémicos relacionados con el bienestar humano que la mayoría de los otros sistemas. Sin embargo, han experimentado degradación y desaparición. Aproximadamente un 35% de los manglares a nivel mundial ha desaparecido en las dos últimas décadas, principalmente por el desarrollo de la acuicultura, la deforestación y el desvío de agua dulce (EEM 2005). Sobre los manglares existe una fuerte presión por el cambio de uso de suelo (agrícola, turístico o ganadero). Además, debido a su proximidad a centros de población, han sido utilizados como sitios de depósito de

aguas residuales industriales, que han contribuido a la contaminación de los sedimentos por metales pesados (Kathiresan y Bingham 2001).

Los manglares se encuentran en la franja costera de los continentes por lo que están expuestos a eventos meteorológicos extremos tales como huracanes, mareas de tormenta bajo el clima actual (Fatoric y Chelleri 2012; Morzaria-Luna et al. 2013; McIvor et al. 2015). Además, estos ecosistemas están amenazados por el aumento del nivel del mar bajo el cambio climático (Sales 2009; Day et al. 2011). Existen diversos estudios que analizan el papel de los manglares en el amortiguamiento de los impactos de tormentas tropicales (Farber 1987; Hiraishi y Harada 2003; Badola y Hussain 2005; Moreno-Casasola et al. 2006; Das y Vicente 2009; Sandilyan y Kathiresan 2012; Das y Crépin 2013; Sandilyan 2015).

A nivel internacional, se ha concluido que el estudio y conservación de los manglares, así como la implementación de acciones de adaptación, se encuentran dentro de los principales retos ambientales a resolver en el presente siglo (IPCC 2007). Para el caso de México la Ley General de Cambio Climático (DOF, 19 de abril de 2012), incluye conceptos como adaptación, resiliencia y vulnerabilidad, con el objetivo de que en la política nacional entorno al cambio climático se observe la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, ya que brindan servicios ecosistémicos, fundamentales para reducir la vulnerabilidad. Por su parte, la política nacional de adaptación frente al cambio climático considera entre sus objetivos, reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático, así como fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos. Para que un socio-ecosistema esté en posibilidades de adaptarse al cambio climático, debe contar con un buen estado de conservación y con una baja vulnerabilidad, es decir ser altamente resiliente. En este sentido se hace necesaria una revisión sobre cómo las acciones de conservación de los manglares pueden representar una estrategia importante de desarrollo en nuestro país, que permita beneficiar a las poblaciones que dependen de ellos Y, por otro lado, es necesario entender cómo, a través del desarrollo sostenible que incluye el

desarrollo humano, se promueve el mantenimiento de la cobertura de los manglares para que actúen como protección natural contra las amenazas hidrometeorológicas (Lavell 2010 y Vo et al. 2012).

Para estudiar los servicios ambientales o ecosistémicos existen diversas metodologías (Vo et al. 2012; Balvanera et al. 2012; Constanza et al 2014; Rahman et al 2018; Periotto y Tundisib 2018). Una de las herramientas de aproximación al manejo integrado de los ecosistemas, más utilizada en la actualidad, es la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE). Esta herramienta promueve la conservación y el uso sostenible y equitativo de los recursos (Spalding et al. 2014). Brink et al. (2016) identifican que a la AbE deben incorporarse el análisis de aspectos socioeconómicos y bio-geofísicos más amplios; especialmente que identifique a las personas en riesgo de peligros relacionados con el clima y finalmente que se consideren los escenarios futuros.

Planteamiento del problema

En México existe una clara preocupación por proteger los manglares de los peligros. Se sabe que las áreas de manglar prestan servicios ecosistémicos, entre otros, los de protección a eventos extremos que pueden provocar inundaciones en localidades costeras. La legislación mexicana en temas de cambio climático indica que la conservación de la biodiversidad promueve la adaptación al cambio climático al mismo tiempo que disminuye la emisión de gases de efecto invernadero. La AbE es un marco de análisis que privilegia la sostenibilidad en el contexto del conocimiento de las sociedades humanas y su organización y formas de uso de la biodiversidad. A pesar de que en México se están apoyando iniciativas locales para la adaptación, es necesario iniciar una línea de investigación para la valoración crítica y cuantitativa de los servicios de protección local que brindan los manglares, para los mecanismos de adaptación bajo un enfoque *bottom-up* (Lahsen 2010; Watkiss y Hunt 2011; Buttler et al. 2015) y la incorporación de indicadores para la valoración de la protección y uso sustentable del manglar como estrategia viable y cuantificable de la resiliencia de estos ecosistemas. Con base en lo anterior, este

trabajo plantea las siguientes preguntas de investigación: ¿cuál es el estado del arte sobre la resiliencia de los manglares en México? ¿cuál es la percepción de las comunidades humanas sobre los servicios de protección del manglar? ¿existe evidencia del servicio de protección de los manglares? ¿cómo puede construirse un índice de vulnerabilidad para poblaciones costeras ante eventos extremos y cambios en el clima?

Esta investigación tiene un enfoque analítico que va de la escala regional hacia la local (Gibson et al., 2000; Kaplowitz 2001; Adger et al., 2005; ELAN 2012). Para ello, el trabajo utiliza la percepción de las comunidades que habitan la Reserva de la Biósfera de La Encrucijada, Chis, como un elemento de acercamiento para conocer los motivos de preocupación de las personas en cuanto al cambio climático, sus estrategias de protección civil, y la postura de la población frente a los procesos de toma de decisiones locales sobre sus medios de subsistencia provenientes del ecosistema.

II. Objetivos

Objetivo general:

Analizar si el estado de conservación del manglar de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Chiapas es eficiente como medida de adaptación frente a los efectos de la variabilidad y el cambio climáticos mediante la comparación de la percepción social del riesgo y la evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad de las poblaciones costeras.

Objetivos Particulares

- i. Revisar la aplicación del concepto de resiliencia en manglares.
- ii. Realizar un diagnóstico de aspectos institucionales, normativos y socioeconómicos, de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada. Chis.
- iii. Describir las condiciones y características del manglar y la tendencia en los cambios de la cobertura de la vegetación en la zona de estudio.

- iv. Evaluar la percepción de la población, sobre los servicios ambientales de protección de los manglares.
- v. Mostrar el servicio de protección que presta la vegetación de manglar en el sitio de estudio ante eventos extremos mediante el cálculo del índice de vulnerabilidad costera para amenazas por vientos intensos y mareas de tormenta.

III. Marco de referencia

Políticas y programas de adaptación en México

El *cambio climático* de acuerdo con el glosario del 5° Informe del IPCC, es un cambio sustantivo en los patrones y parámetros del clima como resultado de variaciones en factores naturales y por la influencia de la intervención humana. Se ha analizado específicamente a través de la emisión de los gases de invernadero tales como bióxido de carbono y metano, el efecto de la isla de calor urbano, los cambios en los patrones rurales de uso del suelo y la deforestación (IPCC 2014). Para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNCFCC, por sus siglas en inglés), este cambio se refiere solamente a las modificaciones inducidas por la intervención humana, sin tomar en cuenta los factores naturales. Para Lavell (2010), el cambio climático, se expresa a través de cambios en los promedios y normas de los factores de clima: temperatura, ventosidad, y pluviosidad, que alterarán las condiciones normales *in situ*. Las afectaciones del cambio climático se presentan en la salud humana, la agricultura y su productividad de los ecosistemas (Ochoa et al. 2015; López y Hernández 2016; Day et al. 2011). Otros efectos se relacionan con cambios en la incidencia, recurrencia, e intensidad de los eventos del clima considerados desde los extremos (Yepes-Mayorga 2012) (arriba del noventa o abajo del décimo percentil de ocurrencia) hasta los rutinarios en general. Por otra parte, la *variabilidad climática* se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos

determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC, 2007 en Magaña 2013, Ochoa et al. 2015).

Debido a lo anterior, se requiere que las poblaciones realicen ajustes entre los que se contemplan adecuaciones en los patrones humanos de asentamientos, de producción, de circulación, de construcción, entre otros, generando mayor congruencia con las exigencias de un clima cambiante, en los niveles locales, regionales y globales (Lavell 2010). Con lo que surge el concepto de *adaptación* que se ha utilizado en el sentido de identificar los ajustes del ser humano y de los ecosistemas ante las distintas circunstancias presentes o proyectadas para el futuro del clima. De acuerdo con la Ley General de Cambio Climático (2012) la adaptación, está compuesta de medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales que permiten moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Es importante hacer notar que en caso de una inadecuada aplicación de acciones, se podría generar una *maladaptation*, que sería el resultado de la aplicación de medidas que pueden llevar a un mayor riesgo por resultados adversos relacionados con el clima, el aumento de la vulnerabilidad al cambio climático, o la disminución del bienestar de una población en el presente o en el futuro (IPCC 2014).

La adaptación al cambio climático es un proceso social que requiere la participación de las instituciones clave y de la sociedad en general. Para lo cual es clave la coordinación y la planeación bajo el enfoque del manejo de riesgo. Con ello es posible incrementar las capacidades de respuesta, prevención y disminución de la vulnerabilidad (territorial y sectorial), así como el aumento creciente de las capacidades sociales e institucionales (SEMARNAT 2011). Así mismo, el desarrollo adecuado de las actividades económicas de las regiones costeras, así como el uso y manejo de los propios ecosistemas, permitirán disminuir su vulnerabilidad.

Existen diversas guías para la adaptación al cambio climático, algunas de ellas se elaboraron por agencias internacionales y han sido adaptadas a nivel nacional. Por ejemplo, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que identificó un Marco para Políticas de Adaptación al Cambio Climático, a través de una guía metodológica para la creación de proyectos y estrategias de adaptación que sugiere considerar a la adaptación como un proceso de aprendizaje dentro del contexto de desarrollo nacional, regional y local. Recomendando enfocarse en actividades que aumenten la capacidad de adaptación y utilizar un proceso guiado por los actores con un enfoque de *abajo hacia arriba (bottom-up)* (PNUD 2005; SEMARNAT 2010). De manera similar, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se enfoca en tres grandes áreas: la creación de capacidades, el incremento de la resiliencia de los ecosistemas y el manejo del conocimiento para la adaptación (SEMARNAT 2010).

Otro ejemplo se encuentra en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que cuenta con lineamientos de política para integrar la adaptación al cambio. Dichos lineamientos enfatizan cuatro aspectos: 1) considerar la adaptación como un proceso que requiere de la revisión continua de políticas, planes y programas de desarrollo para tomar en cuenta los cambios en las condiciones climáticas y socioeconómicas; 2) combinar enfoques formales de *arriba hacia abajo (top-down)* con enfoques informales de *abajo hacia arriba (bottom-up)* para proyectos a nivel nacional y local; 3) Prestar atención al estudio de la vulnerabilidad y, 4) combinar la adaptación con las estrategias de desarrollo (SEMARNAT 2010).

El enfoque ecosistémico y la Adaptación Basada en Ecosistemas

El enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integrada de tierra, agua y recursos bióticos, en el que se promueve la conservación y utilización sostenible. Lo anterior, con base en la aplicación del método científico y considerando los niveles de organización biológica, los procesos, las funciones y las interacciones entre los organismos y su ambiente (Shepherd 2006; CBD 2009).

Este estudio parte de una visión ecosistémica, porque analiza el estado de conservación de los recursos naturales del manglar. Sin embargo, como los objetivos de la visión ecosistémica están dirigidos principalmente a la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad (Andrade, 2007) la interacción de las comunidades con la Reserva se analizó desde un enfoque socioambiental, para identificar tanto los servicios ambientales de protección que brindan los manglares, como la modificación provocada por las actividades productivas (Carranza 2011).

En este sentido, se utilizó la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), que es una herramienta de análisis que busca ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático bajo el uso sostenible de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas (CBD 2009, Ojea 2015). Esta herramienta promueve la adaptación entre las poblaciones rurales y contribuye a mantener el conocimiento tradicional y los valores culturales en la escala local. Así mismo promueve la tasa cero de deforestación, como una de las metas del Plan de Implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC por sus siglas en inglés). No obstante, la AbE carece de un marco conceptual y metodológico específico, aunque concibe a la gente, su sociedad y su cultura, como parte integrante de los ecosistemas, vinculando los sistemas ecológicos y socioculturales (Lhumeau y Cordero 2012). De la misma manera, la AbE permite analizar bajo un contexto de resiliencia, los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, los paisajes productivos, las poblaciones humanas rurales y urbanas, los modos de vida, el uso, modificación o diversificación de los ecosistemas, de frente a un cambio climático acelerado. Esta herramienta está cada vez más integrada en la política pública y las estructuras institucionales mexicanas, las cuales buscan la seguridad de los pueblos que se encuentran en situación de vulnerabilidad ante el cambio climático y otros estresores ambientales.

Los conceptos de gestión del riesgo

En la literatura internacional aún existe discrepancia en los conceptos de la gestión del riesgo (Lavell 2010). Sin embargo, para esta investigación se presentan las definiciones básicas que se estarán aplicando en el resto de este trabajo.

El **riesgo** es la combinación del peligro y la vulnerabilidad. Es la probabilidad de que se produzca un daño a las personas, en uno o varios ecosistemas, originado por un fenómeno natural o antropógeno (LGCC 2012, Magaña 2013). En el glosario del 5° informe del IPCC (2014) el riesgo está representado como la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos o sus tendencias, multiplicada por las consecuencias si se producen estos eventos, donde se consideran los riesgos relacionados con el clima. Por su parte Cardona (2001), desde un enfoque más amplio, define al riesgo, como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas sociales o ambientales, en un cierto sitio y durante un cierto período de tiempo. En este estudio, se considera que el riesgo, es el resultado de un peligro (eventos hidrometeorológicos) y de la vulnerabilidad. El riesgo de que efectivamente se produzca un desastre está determinado también por la concurrencia de diversos factores de exposición y vulnerabilidad, cuando esta última involucra el sector social se puede llegar a un riesgo intolerable, ante la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos que pueden convertirse en factores desencadenantes de un desastre (Landa et al. 2008).

Por otra parte, la **amenaza** es la materialización del peligro (Magaña 2013), que también está definida como la ocurrencia de un suceso con una cierta intensidad en un sitio específico y durante un tiempo de exposición determinado (Cardona 2001).

En cuanto al **peligro**, se define como una condición de tiempo o clima; generalmente, se representa por la ocurrencia de un fenómeno meteorológico particular. Según lo definido en el glosario del 5° Informe del IPCC, se entiende como la aparición de un evento natural o inducido por el hombre, o el impacto físico

generalmente relacionado con el clima, que puede causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos a la salud, así como los daños y las pérdidas de propiedad, infraestructura, medios de vida, prestación de servicios y recursos ambientales (IPCC 2014).

Respecto a la **vulnerabilidad**, Cardona (2001), la identifica como el factor de riesgo interno que matemáticamente está expresado como la factibilidad de que un sujeto o sistema expuesto, sea afectado por el fenómeno que caracteriza la amenaza. La LGCC (2012) interpreta la vulnerabilidad, como el nivel de un sistema que puede ser susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos y que está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (LGCC 2012). Desde la perspectiva social, la vulnerabilidad se define como la exposición de una comunidad a un peligro y pueda sufrir daños humanos y materiales según el grado de fragilidad de sus elementos: infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político-institucional (CEPAL-BID 2000 *in* Landa et al. 2008), y puede ser estudiada desde diversos puntos de vista, físico (estructura misma del elemento expuesto considerando su resistencia o resiliencia), económico (bienes expuestos al desastre o costo del impacto) o de la percepción social de los afectados, sobre su propia vulnerabilidad (Landa et al. 2008).

Al analizar los temas de riesgo de desastre y adaptación, se tienen que observar las relaciones sociedad-ambiente, por lo que el tema más adecuado a utilizar es el de la **construcción social del riesgo**, como un proceso, fundamentado en la relación entre amenazas físicas y la sociedad, en que determinados procesos sociales influyen en la existencia de las amenazas, la exposición y la vulnerabilidad, conduciendo a condiciones de inseguridad humana (Lavell 2010).

Los manglares y el cambio climático

A nivel nacional diversas dependencias del gobierno federal, han realizado investigaciones e inventarios de los manglares en México. La CONABIO (2008), SEMARNAT, INEGI, CONABIO, CONANP, INE, CONAGUA (2008), así como por todas las instituciones académicas del país. En 2011, la SEMARNAT establece la “Estrategia Nacional para la Atención de los Ecosistemas de Manglar”, cuyo objetivo general es desarrollar una visión integral dentro del sector medio ambiente y transversal hacia la Administración Pública Federal, que oriente sus actividades en el ámbito costero nacional, para que los ecosistemas de manglar, se conserven y en su caso se restaure su estructura, función y extensión, procurando la participación directa y permanente de la sociedad, así como la generación de alternativas productivas sustentables.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), promovió el establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo. De mayo de 2006 hasta septiembre de 2008, con la participación de diversas instituciones e investigadores que trabajan en torno al tema, ejecutó la primera etapa del programa “Los manglares de México: Estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo”, en el cual se buscó establecer la línea base de los manglares de México, (CONABIO 2013). Entre lo más relevante de este Programa se encontraron los siguientes resultados: la cartografía de la distribución de los manglares de México (escala 1:50,000), el directorio en línea de especialistas de manglares en México y el Inventario Nacional de Manglares, en cuya cartografía a escala 1:50,000, se pudo cuantificar en total una superficie de 770,057 hectáreas de manglares en México para el año 2005 (CONABIO 2013).

A su vez en 2011, la SEMARNAT establece la “Estrategia Nacional para la Atención de los Ecosistemas de Manglar”, cuyo objetivo general es desarrollar una visión integral dentro del sector medio ambiente y transversal hacia la Administración Pública Federal, que oriente sus actividades en el ámbito costero nacional, para que los ecosistemas de manglar, se conserven y en su caso se

restaure su estructura, función y extensión, procurando la participación directa y permanente de la sociedad, así como la generación de alternativas productivas sustentables.

En octubre del 2012, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) presentó el Inventario Nacional de Humedales, con el que pretende ubicar y monitorear a los ecosistemas que los conforman, como es el caso del manglar y proporcionar información de sus tipos, sus usos y su estado de conservación; ayudar a identificar los problemas presentes y potenciales; así como las prioridades en cuanto a su manejo, protección e investigación. Con este inventario se concluye que México tiene 6 mil 464 complejos de humedales que en total representan un 5% del territorio nacional y ratifica a México como el segundo país con más humedales en el mundo.

En la Estrategia de Cambio Climático para las Áreas Naturales Protegidas (CONANP 2015) se plantean lineamientos para que la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, implemente acciones para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las comunidades que habitan dentro de las ANP. En este contexto, el Programa de Adaptación al Cambio Climático del complejo de Sierra y Costa de Chiapas, donde quedó incluida la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, promueve acciones que han mejorado la capacidad de gestión de la autoridad.

Los manglares proporcionan una amplia gama de servicios ambientales que contribuyen al bienestar humano. Para entender los **servicios ambientales relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático** (de protección), se tomó como referencia el concepto utilizado en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), donde se les define como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, incluyendo servicios de aprovisionamiento (alimento y agua); servicios de regulación (amortiguamiento de inundaciones, sequías, degradación de los suelos y enfermedades); servicios de apoyo (formación de suelos y ciclos de nutrientes) y servicios culturales (recreativos, espirituales, religiosos y otros beneficios no materiales). En congruencia con los objetivos de este trabajo, para Lavell (2010) y Vo et al. (2012) los servicios ambientales son las

condiciones o atributos del ambiente natural que ofrecen elementos de soporte a la existencia y desarrollo humano seguro y sostenible. Estos pueden ser insumos tangibles e intangibles y elementos de protección natural contra amenazas de diversos tipos y pueden ser clasificados de acuerdo al uso que éstos prestan a las comunidades humanas asentadas en las inmediaciones de los humedales (RAMSAR 1971, Barbier et al. 1997, EFECT 2005, Vo et al. 2012).

En el glosario del 5° Informe del IPCC, los servicios ambientales, están definidos de manera más concreta, aunque coincidente como procesos o funciones ecológicas que tiene valor monetario o no monetario para las personas o la sociedad en general y que se clasifican con frecuencia como (i) servicios de apoyo tales como la productividad o el mantenimiento de la biodiversidad, (ii) el aprovisionamiento: alimentos, fibra, o pescado, (iii) regulación de los servicios, tales como la regulación del clima o la captura de carbono, y (iv) servicios culturales tales como el turismo o la apreciación espiritual y estético (IPCC 2014).

Finalmente, el concepto de **conservación** se utiliza como un término asociado a acciones preventivas de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (artículo 7 fracción X). Donde se considera como: el mantenimiento de las condiciones que propician la persistencia y evolución de un ecosistema forestal natural o inducido, sin degradación del mismo ni pérdida de sus funciones. De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), para alcanzar la conservación de los recursos naturales, se deben asumir prácticas para preservar los recursos terrestres de los que depende el ser humano, mantener la diversidad de organismos vivos con los que comparte el planeta.

Por otra parte, la **restauración** se entiende como un término asociado a acciones correctivas. La LGEEPA (artículo 3° fracción XXXIV) la define como el conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

En cuanto al papel que juega la vegetación de **manglar como protección contra eventos hidrometeorológicos** extremos (Alongi 2007; Villanueva 2011; Spalding et al. 2014) identifican cómo la vegetación costera influye directamente en la manera en la que el agua se mueve a través de los humedales. De acuerdo con Anderson et al (2011) la vegetación tiene propiedades específicas que afectan la disipación de las olas. En el caso del manglar, su densidad atenúa las olas moderando la fuerza con la que rompen. Los factores identificados que potencialmente influyen en este efecto de atenuación incluyen: la especie de manglar, su ubicación, la edad de los árboles, la densidad, la altura, el porcentaje de cobertura y la ubicación de las especies. Así mismo la elevación de la playa también provoca un efecto de protección en el caso de la marea de tormenta (IOM 2014). Las características de la vegetación, tales como: altura de los árboles, la composición de especies, densidad del bosque, diámetro de raíces de mangle y troncos, y la elevación de los hábitats, así como estado de la degradación ecológica de los bosques de manglar, son aspectos que juegan un papel fundamental en la protección brindada a las comunidades humanas. Aunque sus efectos en la atenuación de la velocidad del viento y la valoración de cómo proporcionan protección contra los daños causados por el viento durante las tormentas, no son conocidos (Kathiresan y Rajendran 2005; Das y Crépin 2013; Sandilyan y Kathiresan, 2012; Sandilyan 2015).

En este estudio se incluye el análisis de la **percepción social del riesgo** (Kaplowitz 2001; Tam y McDaniels 2013; Schmidt 2016), con el fin de evaluar las actitudes que las partes interesadas tienen hacia el entorno de un área protegida. La percepción de las personas hacia la conservación de los recursos de un área protegida es importante para entender los factores clave que influyen en la implementación de acciones que promuevan la conservación (Imran et al. 2014), en el contexto del cambio climático.

d. Metodología general

La estructura de este estudio se expone en capítulos temáticos que corresponden a las publicaciones resultantes de la presente tesis y la metodología que se presenta a continuación, describe el método general utilizado a lo largo de su desarrollo. Posteriormente, en cada capítulo se refiere a detalle la metodología particular que se utilizó para la conformación de cada tema.

Para establecer el contexto del perfil de las comunidades que se ubican dentro de la reserva se realizó una revisión de aspectos institucionales en fuentes bibliográficas, oficiales y académicas (CONAFOR, CONANP, CNA, INECC) aspectos normativos (IPCC, 2007, 2009, Ley General de Cambio Climático, Programas Especiales de Cambio Climático 2009-2012 y 2014-2018), peligros climáticos (DESINVENTAR, 2015), aspectos sociodemográficos (INEGI, 2010; CONEVAL, 2014), análisis de la tendencia en el cambio de uso de suelo y cobertura de humedales costeros entre los años 2000-2008 (CONANP) y de aspectos ambientales específicos de la región de estudio (CONANP, CONABIO; INECC, CNA).

A partir del perfil socioeconómico de las comunidades que habitan la reserva, se elaboró una encuesta de percepción para conocer los peligros que perciben y el tipo de servicios que identifican y les brinda el manglar. La encuesta se aplicó entre el 28 de abril al 3 de mayo de 2014 y 22 de junio y el 3 de julio del 2015 en la zona núcleo de la reserva de La Encrucijada. Por otro lado, del 22 de junio al 3 de julio del 2015 se realizó una entrevista a las autoridades de Protección Civil de los municipios de Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Villa Comaltitlán, Huixtla y Mazatán, Chis., con el fin de conocer los eventos de peligro registrados, los daños y la atención prestada a las comunidades. Finalmente se revisaron las condiciones de la vegetación a lo largo de la isla de barrera de la reserva.

d.1 Tendencia del cambio de uso del suelo y cobertura vegetal

Se obtuvo a partir de la comparación de los datos de cobertura vegetal entre los años 2000 y 2008 derivadas de imágenes de satélite SPOT-5. Se realizó una selección de los tipos de vegetación de manglar con base en la información cartográfica digital proporcionada por la CONABIO (1975, 2000 y 2008). Las imágenes se procesaron con *ArcGis* versión 10.1, con base en el modelo digital del terreno (DTM) del INEGI (escala 1: 250,000, con resolución de 15 m). Posteriormente, por medio de una sobreposición cartográfica se calcularon las superficies con cambio de cobertura entre ambas fechas para el polígono de la Reserva de la Encrucijada, Chis.

d.2 Encuestas de percepción de riesgos

Se aplicaron encuestas de percepción de riesgo a eventos hidrometeorológicos y sobre el uso del manglar en nueve de las comunidades con mayor número de habitantes ubicadas dentro de la zona de núcleo de la Reserva de La Encrucijada. Se ubicaron a las comunidades humanas que hacen uso económico y cultural de manglar (Tabla 5). La encuesta fue de tipo semiestructurada y se aplicó previo consentimiento de las personas entrevistadas (Kaplowitz 2001; Salvador-Ginez et al 2017). El tamaño de la muestra se definió según Hernández et al. (2010) y STATS®, con nivel de confianza de 90% y error de ± 10 ($n= 162$). Se utilizó este margen de error debido a que se aplicó la encuesta a: mayores de 18 años, que vivieran en la Reserva y que su economía se basara en el uso de los recursos naturales de la misma. Los temas clave de la encuesta fueron: percepción sobre el incremento del nivel del mar, ciclones, lluvias e inundaciones, pérdida en la cobertura del manglar, cambios en los sedimentos, percepción sobre la protección ante vientos, inundaciones y oleaje, así como el tipo de uso del manglar, la percepción sobre la autoridad, la existencia de ONG y campañas educativas, el sentido de permanencia en el territorio y la disposición de participar en acciones para conservar y/o restaurar el manglar. En el Anexo 1 se presenta el formato utilizado para el levantamiento de la encuesta.

d.3 Entrevistas a autoridades de protección civil

Se realizaron entrevistas abiertas con los representantes de Protección Civil de los seis municipios que comprenden la reserva. El objetivo de estas entrevistas fue conocer los registros de los daños ocasionados por los eventos hidrometeorológicos en la región, los mecanismos de los sistemas de alerta e infraestructura que aplica cada municipio e identificar si los sistemas de alerta se encuentran operando y cubren la región de la reserva. Se buscó también información sobre los mecanismos de información, alertamiento y apoyo (antes, durante y después) ante eventos extremos que se utilizan específicamente con la población de La Encrucijada. En el Anexo 2 se presenta el formato utilizado para la aplicación de la entrevista.

d.4 Características de la vegetación y altura del manglar

Se realizaron siete transectos, a lo largo de la línea de costa y esteros entre las comunidades que fueron encuestadas, para identificar la composición y características de los diferentes tipos de vegetación y su distribución en la isla de barrera del mar a tierra adentro y a lo largo de la línea de costa.

Tabla 1. Número de encuestas aplicadas por comunidad visitada en la reserva.

Localidad	Coordenadas	Actividades económicas sobresalientes	Población Total de la localidad	No. de encuestas aplicadas
Playa de Zacapulco	15° 11' 36" Lat. N 92° 53' 23" Long. W	Ecoturismo, Pesca y Servicio de Alimentos	385	25
Barra de Zacapulco	15° 11' 23" Lat. N 92° 53' 04" Long. W	Pesca, servicio de venta de alimentos y comercio		25
El Herrado	15° 08' 96" Lat. N 92° 49' 95" Long. W	Pesca	88	10
Brisas del Hueyate	15° 01' 25.3" Lat. N 92° 43' 9.4" Long. W	Agricultura y pesca	177	22
La Lupe	15° 10' 35.3" Lat. N 92° 52' 15.7" Long. W	Agricultura y pesca	144	20

Localidad	Coordenadas	Actividades económicas sobresalientes	Población Total de la localidad	No. de encuestas aplicadas
Los Coquitos	15° 09' 20" Lat. N 92° 50' 21" Long. W	Pesca, agricultura y ganadería	16	3
Las Garzas	15° 19' 10" Lat. N 92° 48' 53.9" Long. W	Pesca, agricultura, ganadería, comercio y servicio de alimentos	186	22
Las Lauras	15° 10' 15.5" Lat. N 92° 45' 3.2" Long. W	Pesca	393	12
La Palma	15° 10' 19.5" Lat. N 92° 50' 8.4" Long. W	Pesca y Ecoturismo	678	23

Se midió la microtopografía mediante estadal de manguera (Flores-Verdugo y Agraz-Hernández 2009) y se registraron datos macroscópicos de la vegetación, tales como: especie, altura, estado fenológico, estructura y composición de la vegetación dentro del sistema de humedal costero (playa, dunas, zonas expuestas, zonas protegidas y manglar).

Para determinar la altura de la comunidad de manglar, se seleccionaron sitios cercanos a las poblaciones donde se realizaron las encuestas, hacia las márgenes de las lagunas y canales. Utilizando un hipsómetro se registró la altura de los árboles de manglar, tomando como referencia uno de los árboles y con la técnica del vecino más cercano, se cubrió una superficie de 40m² aproximadamente. Posteriormente en cada sitio se midió la velocidad del viento y la humedad relativa.

A continuación, se elaboró un diagnóstico institucional, socio-ambiental de los manglares y las poblaciones humanas asentadas en la reserva analizando su resiliencia con el propósito de obtener una propuesta de integración de indicadores de resiliencia. Para ello se realizó un análisis del estado del arte sobre el concepto de resiliencia, su significado en los manglares y su conservación y un análisis de herramientas conceptuales desde la ecología y los servicios ambientales. Así mismo se realizó una búsqueda sobre los ejercicios efectuados en la determinación de

índices e indicadores relacionados con la evaluación de la resiliencia de los manglares.

Posteriormente se analizaron los peligros que los eventos hidrometeorológicos extremos representan para la región, los impactos que fueron registrados y a través del Modelo de Indignación de Sandman (2003), se hizo una comparación con la manera en la que dichos impactos fueron percibidos por los pobladores.

Finalmente, con base en Palmer (2011) se evaluó el papel de los servicios ambientales de protección ante los eventos extremos identificados, a partir de la aplicación del Índice de vulnerabilidad costera (CVI) y el Índice de vulnerabilidad de la población (PVI) según Palmer (2011) en condiciones de variabilidad y cambio climático en la región de estudio.

e. Diagnóstico ambiental y sociodemográfico de La Encrucijada

e.1 Área de estudio.

La Reserva de la Biósfera de la Encrucijada, Chis., está ubicada en los 14° 43' y 15° 40' Latitud Norte y 92° 26' y 93° 20' Longitud Oeste. Cuenta con una superficie de 144,868 ha y se localiza en los municipios de: Villa Comaltitlán, Huixtla, Mazatán, Pijijiapan, Mapastepec y Acapetahua, en el Estado de Chiapas. Dentro del polígono del ANP se incluye el área oceánica ubicada a un kilómetro de distancia de la línea de costa desde la boca del estero Chocohuital hasta la boca de la Barra San Simón. Esta zona se caracteriza por presentar una estrecha plataforma, fuera de la cual el mar es sumamente profundo (SEMARNAT-INE 1999, CONABIO 2008b). La reserva tiene cinco lagunas costeras conectadas por un sistema de siete ríos (Adame et al. 2015). Los dos sistemas lagunares y estuarinos más importantes son: Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra (figura 1), aportando una gran riqueza pesquera y camaronera a la zona (CONANP 2008).



Figura 1. Área de estudio

Elaborado por: Mauricio Amaya y Gabriela Carranza

La Encrucijada presenta una cobertura importante de ecosistemas de manglar, la más extensa de la región, con alturas entre 20 a 40 m, siendo considerados los manglares más altos de Norteamérica (CONANP 2008) que se encuentran en buen estado de conservación (figura 2). No obstante, se encuentra sujeta a diferentes amenazas por variaciones y cambios en el clima y por las actividades económicas asociadas a las poblaciones que la habitan (CONABIO 2008; Adame et al. 2015).



Figura 2. Manglar en la Reserva de la Biósfera "La Encrucijada".

(Foto: Gabriela Carranza)

La Encrucijada abarca 5 cuencas (23A10 Río Frío, 23A11 Río Pijjiapan, 23A12 Río Novillero, 23A13 Río Huehetan y 23A14 Río Coatán) (figura 3). Y está drenada por 11 corrientes principales, así como diversos arroyos secundarios y terciarios que abastecen de agua dulce a las distintas lagunas y esteros. Los ríos en la reserva se encuentran fuertemente influenciados por la temporada de lluvias y el volumen que transportan cambia a lo largo del año, llegando algunos a secarse casi por completo (Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A. C. y CONABIO 2008, Cotler 2010).

Los 11 ríos que desembocan en la región de la reserva son los Ríos: Novillero, San Nicolás, Cacaluta, Camargo (Doña María o Jalapa), Cintalapa, Vado Ancho, Comatitlán, Huixtla, Coatán, Cahoacán y Casalapa.

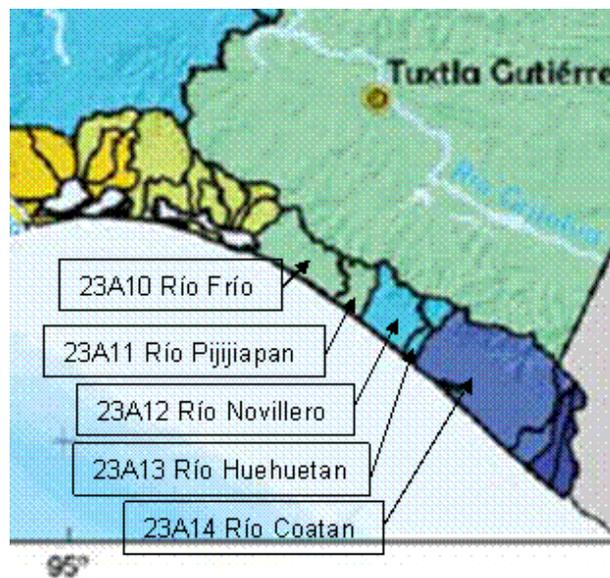


Figura 3. Cuencas en las que se ubica la Reserva de La Encrucijada (Cotler, 2010).

e.2 Climatología de la región de estudio.

El clima que se presenta en la reserva es un clima cálido y húmedo, con abundantes lluvias en verano tipo Am (w). El mínimo de la precipitación anual es de 1.300 mm y la máxima es de 3.000 mm, distribuidas desde mayo a noviembre,

con una sequía de medio verano en julio y agosto (Magaña et al. 1999, Magaña y Caetano, 2005). La temperatura media anual se encuentra alrededor de 27.8°C en la llanura costera. La temperatura promedio más alta es de 35.5°C y la mínima de 19.3°C con abundantes lluvias en verano.

A partir de los años ochenta, se encontró que en gran parte de los trópicos y subtropicos las condiciones del clima estaban moduladas por la ocurrencia de El Niño / Oscilación del Sur (ENOS) (Magaña 1999 *in* Landa et al. 2008). Bajo condiciones de El Niño, los veranos en México tienden a presentar lluvias por debajo de lo normal y a veces sequías, mientras que La Niña significa retorno a las condiciones normales o incluso, lluvias por encima de lo normal (Landa et al. 2008).

Las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM) dentro de la poligonal son: La Salvación-7320, Huixtla-7077, Plan de Iguala-7336 y Adolfo Ruíz Cortínez-7370. En ellas se analizó la información de temperatura (máxima, mínima y promedio) y de la precipitación. Los resultados se compararon con las tendencias reportadas en el Sistema de Consulta de las Cuencas Hidrográficas de México para la zona de estudio y las tendencias registradas en el Atlas de Riesgo de la Reserva de la Biósfera (CONABIO 2008). Las estaciones meteorológicas automáticas identificadas en la zona de interés (figura 4) son administradas por el Organismo de Cuenca Río Frontera Sur.



Figura 4. Estaciones Meteorológicas Automáticas en Chiapas, administradas por el Organismo de Cuenca Río Frontera Sur (SMN) y los observatorios disponibles en CLICOM (CICESE 2014).

No obstante, que la altitud en la región es muy homogénea se puede notar que el valor de temperatura registrada ha variado (figura 5). Esto obedece en cierta medida a las características fisiográficas de la región, así como al régimen de precipitaciones promedio ocurridas anualmente, la temperatura y la precipitación son elementos importantes en la determinación del clima de un lugar, por lo que la interacción es constante y directa influyendo directamente en la presencia y tipo de vegetación del lugar. Las temperaturas promedio mensuales media y máxima de 25 estaciones distribuidas en la región de la reserva, son de registros que van de 1951 a 2010.

Para la región, la media anual de precipitación está registrada en 1567 mm, donde la mayor precipitación ocurre en verano de junio a octubre (Adame et al. 2015). En las Figura 5 y 6, se presentan la temperatura y precipitación promedio y máximas respectivamente para los registros de los años 1951 a 2010.

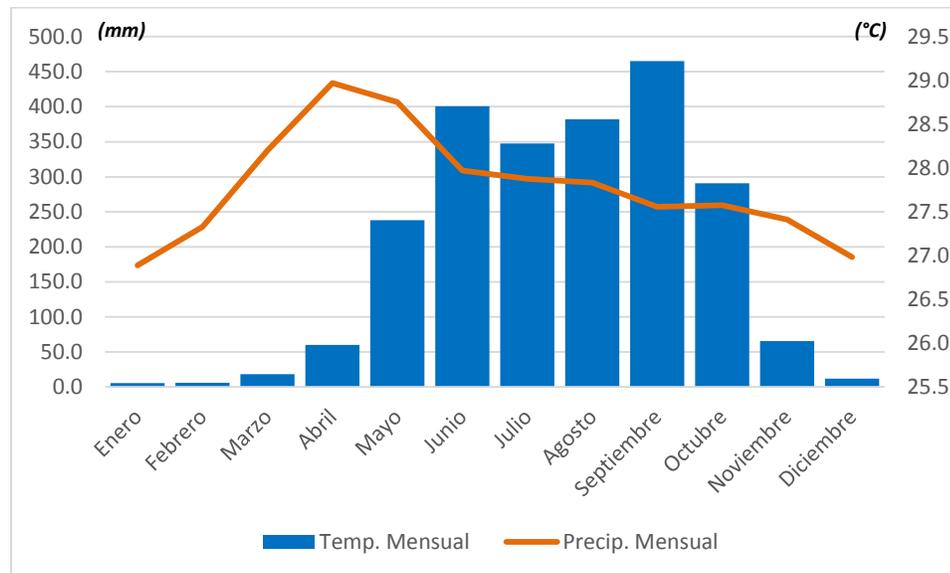


Figura 5. Temperatura y precipitación promedio mensuales de los años 1951 a 2010.

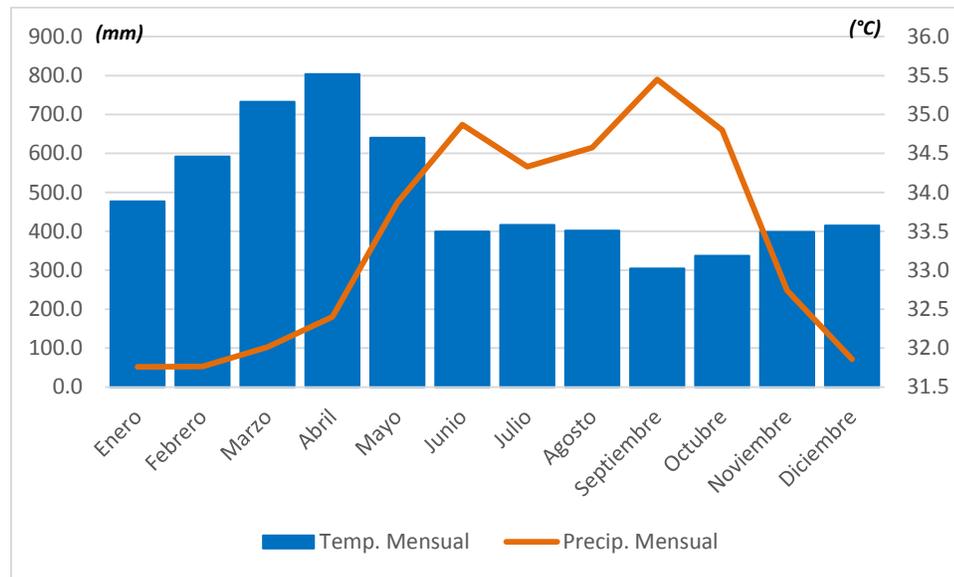


Figura 6. Temperatura y precipitación máximas mensuales de los años 1951 a 2010.

Para conocer el comportamiento de los vientos en la región, se utilizó como referencia una comparación entre la climatología del viento zonal en la serie de datos de 1981 a 2010 (figura 7), para la región de Norte América (NOAA, 2014), y los vientos máximos observados para los eventos hidrometeorológicos extremos que se analizan en este estudio. Así mismo se tomó la fecha de mayor cercanía a la región interés, para cada una de las trayectorias de los eventos de interés que se analizaron.

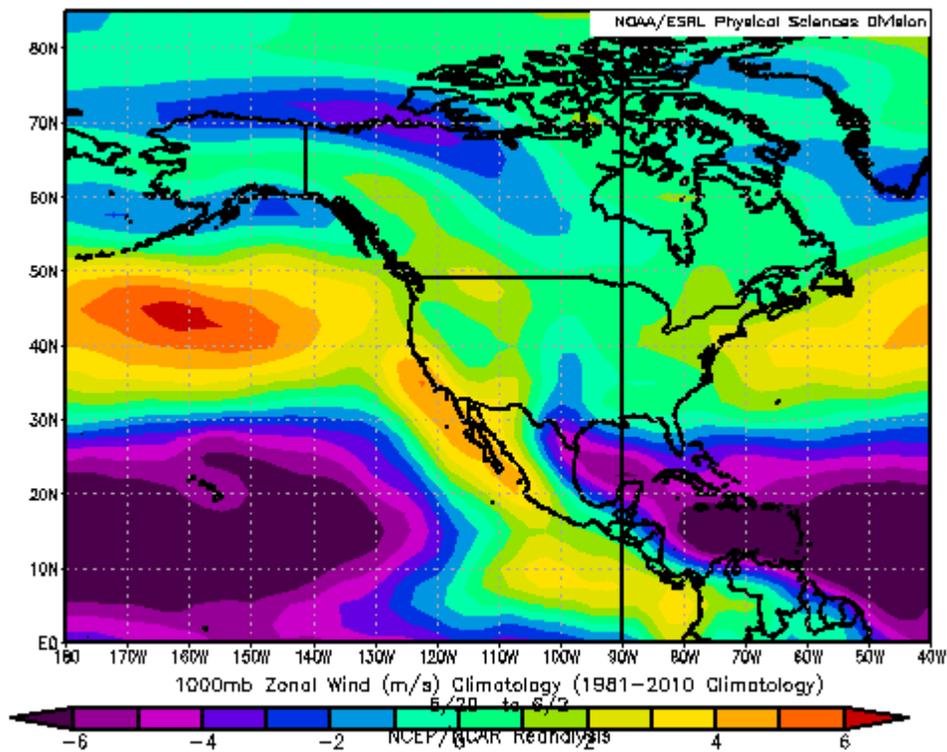


Figura 7. Viento Zonal Región de Norteamérica (1981 - 2010), (NOAA 2014).

Para el Huracán Paulina (5 al 10 de octubre de 1997) cuya trayectoria se observa en la Figura 8, el día 7 de octubre de 1997 fue el de mayor cercanía, manteniendo una trayectoria Nor-noroeste (Figura 9), localizándose a 275 km al Suroeste de Aquiles Serdán, Chis., con vientos máximos sostenidos de 215 km/h y rachas de 240 km/h, alcanzando 4 en la escala de intensidad Saffir-Simpson.

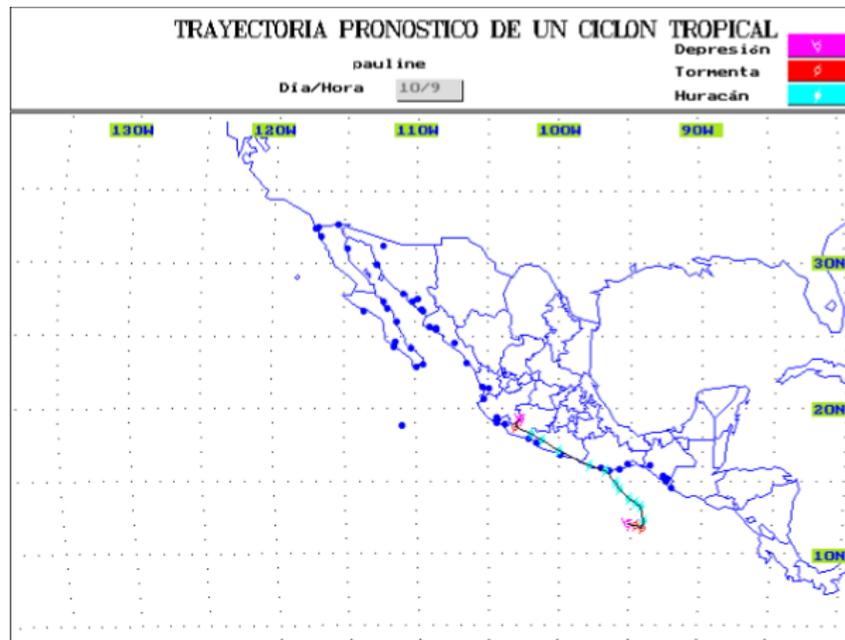


Figura 8. Trayectoria del huracán Paulina (5 al 10 de octubre de 1997).
<http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/1997-Pauline.pdf>

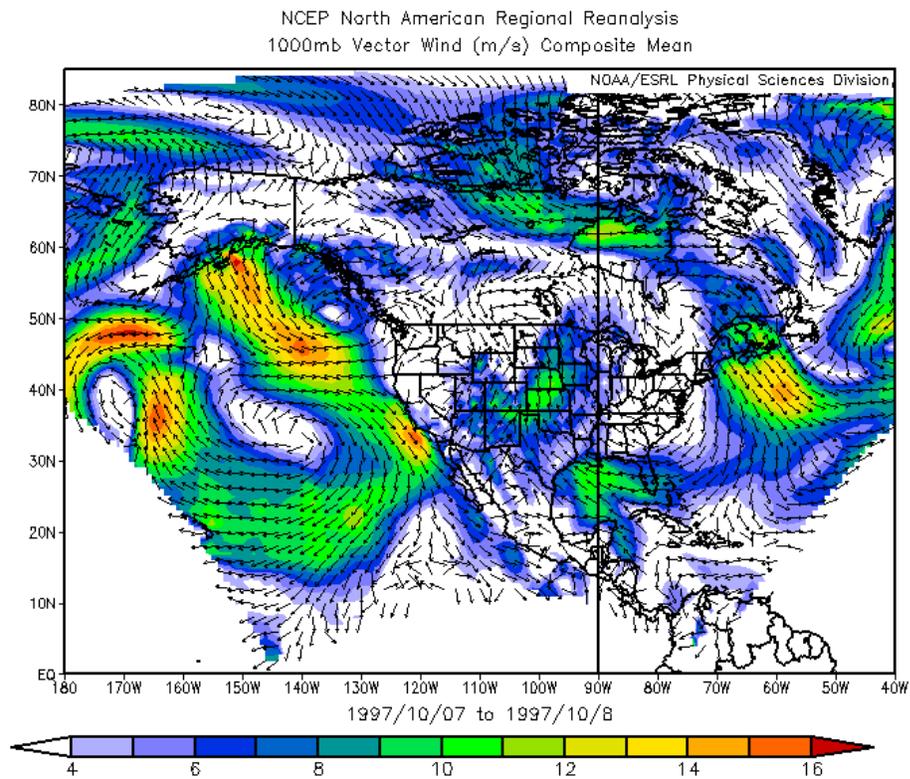


Figura 9. Viento vector durante el huracán Paulina (del 7 y 8 de octubre de 1997),
(NARR, 2018).

Por su parte, el Huracán Mitch (22 de octubre al 5 de noviembre de 1998) (Figura 10), cuando entró en proceso de disipación el 1° de noviembre, llegó a las cercanías de la frontera entre Guatemala y Chiapas, presentando vientos máximos de 45 km/h y rachas de 65 km/h (Figura 11).

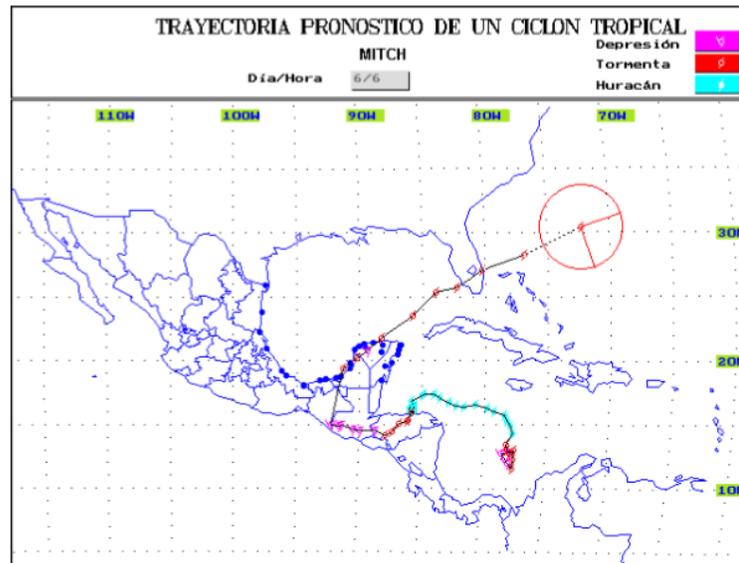


Figura 10. Trayectoria del huracán Mitch (22 de octubre al 5 de noviembre de 1998) <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/1998-Mitch.pdf>

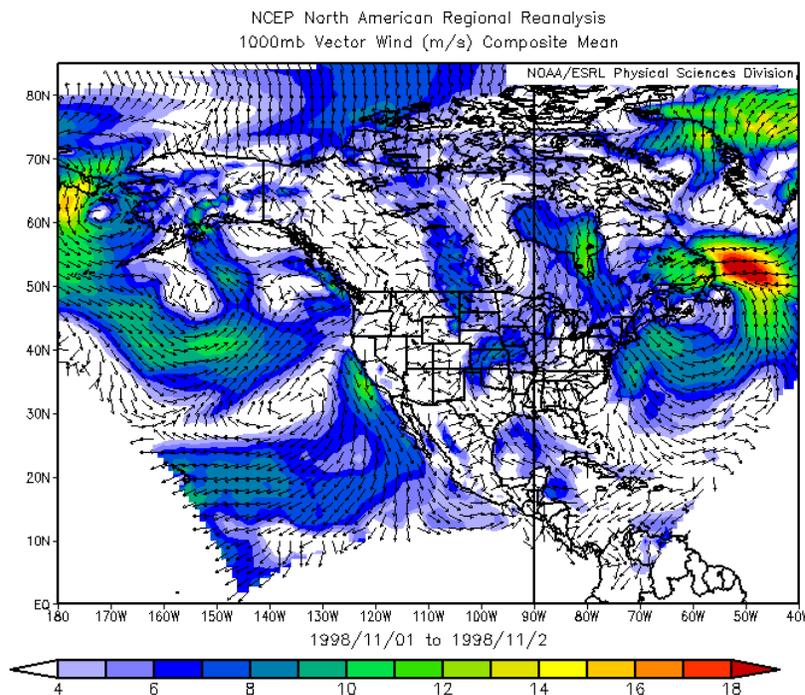


Figura 11. Viento vector durante el huracán Mitch (1 y 2 de noviembre de 1998).

El Huracán Stan, si bien siguió una trayectoria paralela a la zona de estudio (Figura 12) en las inmediaciones de Monte Pío, Ver., a 20 km al Noreste de San Andrés Tuxtla, Ver., el 4 de octubre de 2005, alcanzó vientos máximos sostenidos de 130 km/h y rachas de 155 km/h, en la zona más cercana a la región de interés. En la Figura 13 se presenta el viento vector en los días en los que el Huracán Stan se encontró más cerca de la región de interés.



Figura 12. Trayectoria del Huracán Stan (1 al 5 de octubre de 2005).

<http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2005-Stan.pdf>

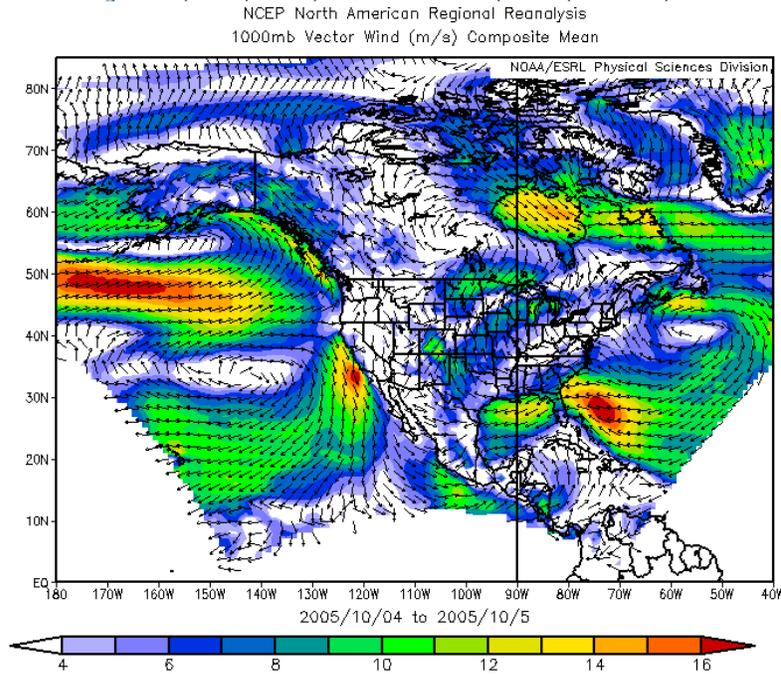


Figura 13. Viento vector durante el huracán Stan (4 y 5 de octubre de 2005).

La Tormenta Tropical Bárbara siguió una trayectoria Suroeste desde el Istmo de Tehuantepec, dirigiéndose hacia Chiapas (Figura 14) y tocó tierra entre las poblaciones de Puerto Madero y Miguel Alemán, Chiapas, entre las 8:00 y las 9:00 horas del día 2 de junio (Figura 15) con vientos máximos sostenidos de 85 km/h y rachas de 100 km/h.

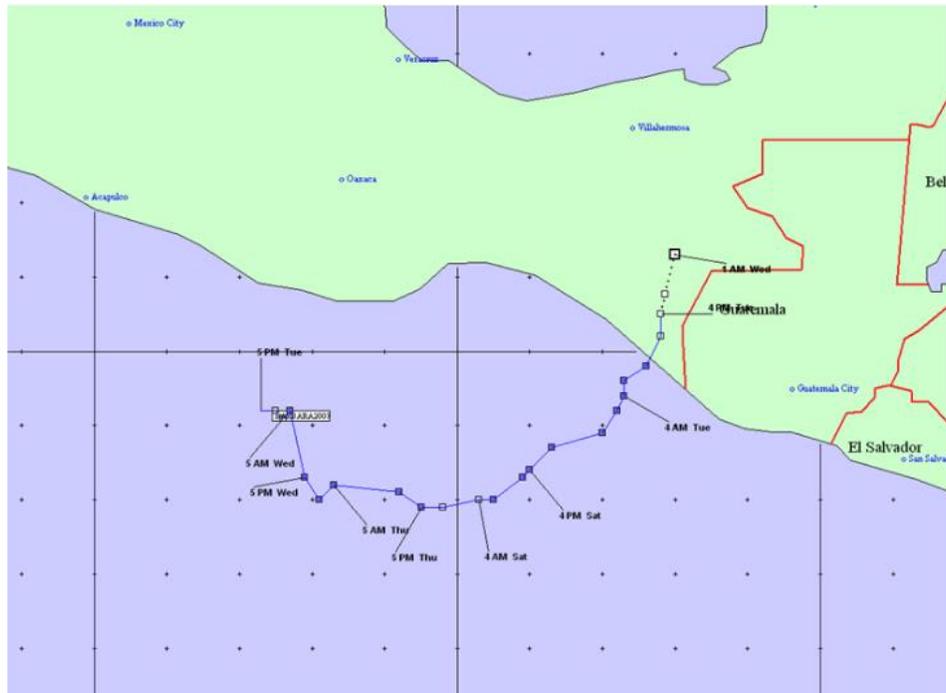


Figura 14. Trayectoria de la Tormenta Tropical Bárbara (1 al 5 de octubre de 2005)
<http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2007-B%20C3%A1rbara.pdf>

Por su parte, el Huracán Bárbara se desarrolló a partir de un área de baja presión que se encontraba en el sureste de México, siguiendo una trayectoria paralela a la costa (Figura 16) intensificándose considerablemente y llegando a la categoría de Huracán 1 el 29 de mayo, cuando llegó a las costas de México con fuertes lluvias y vientos sostenidos de 120 kilómetros por hora (Figura 17).

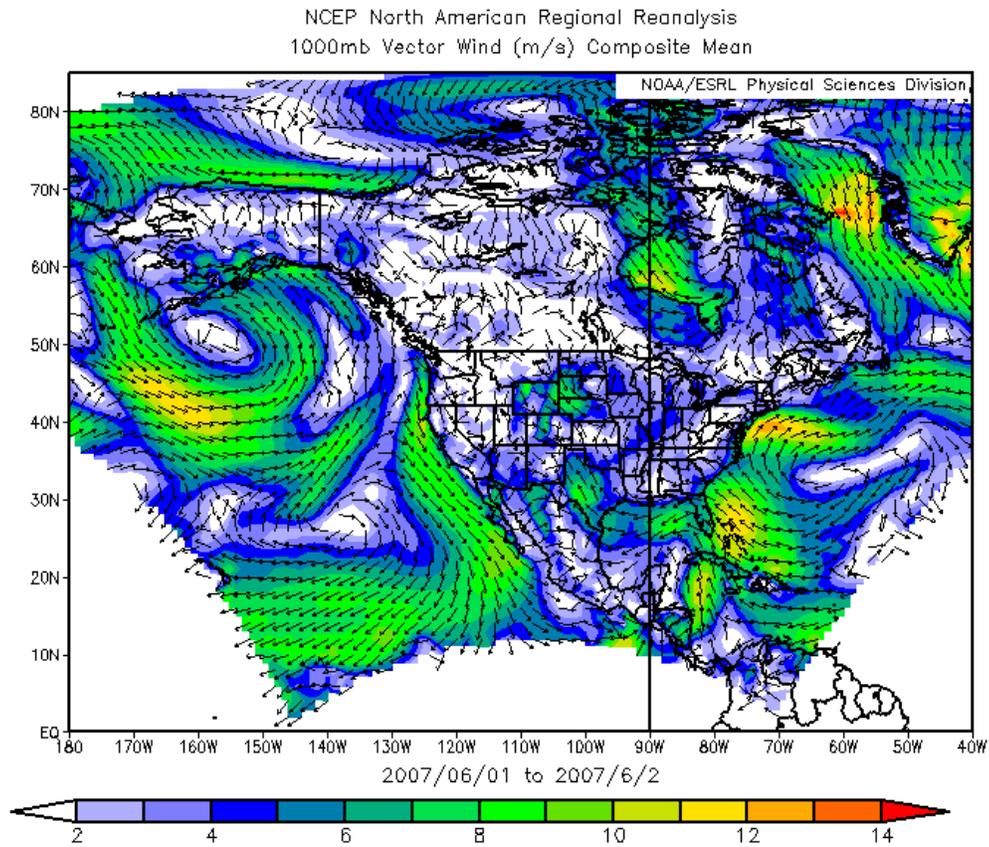


Figura 15. Viento vector durante la Tormenta Tropical Bárbara, 1 y 2 de junio de 2007



Figura 16. Trayectoria del Huracán Bárbara (28 al 30 de mayo de 2013) (NOAA, 2014). <http://smn1.conagua.gob.mx/ciclones/tempo2007/pacifico/barbara.pdf>

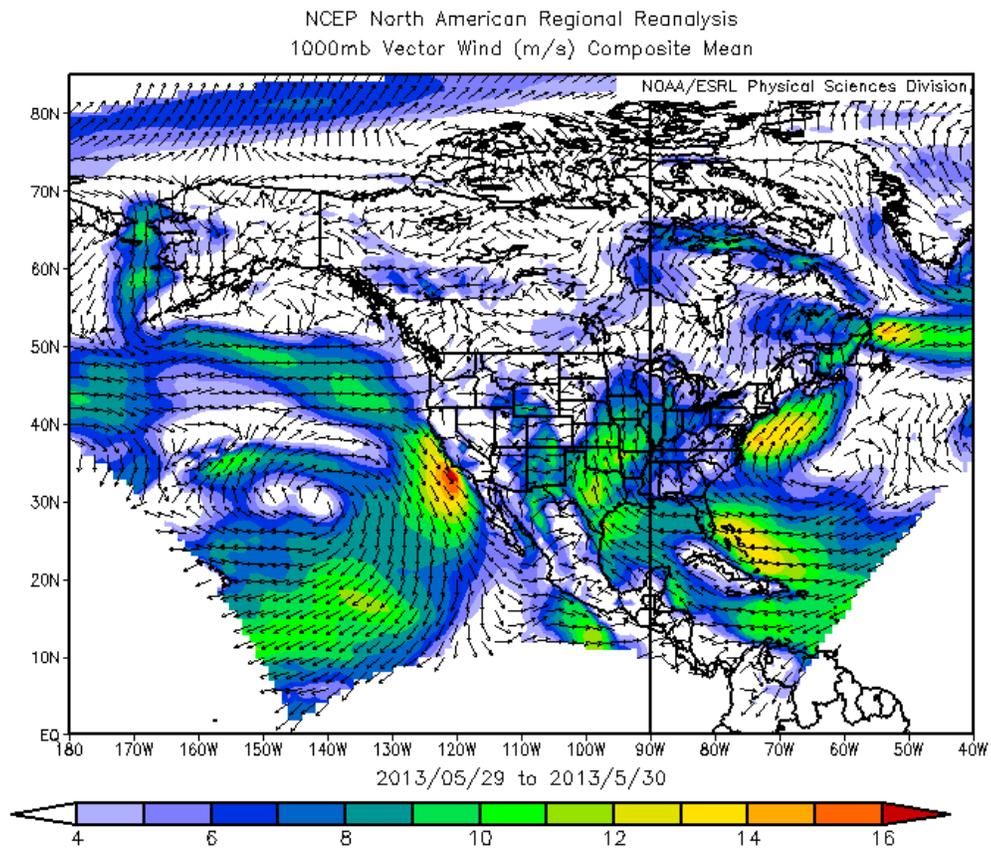


Figura 17. Viento vector durante el Huracán Bárbara, 29 y 30 de mayo de 2013.

Capítulo I. Resultados

I.1 Uso de los recursos del manglar

Mediante las visitas de campo y las encuestas a las comunidades de la reserva se encontró que se desarrollan tres tipos de actividades económicas predominantes: la ganadería, la agricultura y la pesca. La actividad ganadera en el área de la reserva ha implicado el cambio de la vegetación original a la de potreros con pastizales, su expansión se ha visto limitada solamente por las tierras salitrosas cercanas a las zonas de esteros y manglares o por las tierras de cultivo dedicadas a la agricultura (CONANP 2003). Por otro lado, el Plan de Manejo de la Reserva (SEMARNAT-INE 1999) promovió el establecimiento de actividades de ecoturismo (figura 19). Sin embargo, aunque se dotó de infraestructura turística a ciertas poblaciones, no se atendió el problema de la disminución de la pesca, la cual es fundamental para abastecer esas zonas turísticas.

Por su lado, la agricultura ha contribuido a la transformación de los ecosistemas originales de selvas a campo de cultivo. La principal limitante para este tipo de actividades, de acuerdo con los agricultores, ha sido los manglares y las pampas pobladas de tular. Sin embargo, las tierras que no son propicias para las actividades agrícolas, por ser demasiado salitrosas o por encontrarse en tular, han sido taladas y la madera se vende ya sea para la construcción de casas o para ser utilizada como postes de secado de hojas de tabaco (CONANP 2003). Cabe destacar que la apertura de la frontera agrícola en La Encrucijada, no es una actividad que sea acorde con una Reserva de la Biósfera, lo que se agrava considerando que para realizar lo anterior, se utilizan los incendios no controlados como un medio para abrir nuevos espacios para el cultivo agrícola (Barrios 2015).



Figura 19. Actividades económicas en "La Encrucijada".

Foto: Gabriela Carranza

En ocasiones, y bajo la supervisión de la CONANP, a través de la Dirección de la Reserva, se permite el uso de la madera de mangle rojo y blanco, que se utiliza por los pobladores locales como combustible y materia prima para construcción de casas y refugios provisionales, así como postes para encierros rústicos para la crianza del camarón y para plantar sus redes dentro del agua (Figura 20).



Figura 20. Niños de la localidad de La Palma limpiando troncos de mangle para diversos usos de construcción (Foto: Gabriela Carranza)

Algunos habitantes de la región, se dedican a la caza y comercialización de fauna silvestre como: iguana (*Iguana iguana*), crucilla o cruzalluchi (*Staurotypus*

salvini), tortuga sabanera (*Rhinochlemys pulcherrima*), tortuga negra (*Pseudodemys grayi*), casquito amarillo (*Kinosternon scorpioides*), mapache (*Procyon lotor*), caimán (*Caiman crocodylus*), cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), boa y algunas aves que son abundantes en la zona de esteros y lagunas, así como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (SEMARNAT-INE 1999). Las especies más comercializadas en la zona son la iguana verde y la tortuga casquito, las cuales se utilizan para la elaboración de platillos típicos de la región, que son tradicionales desde épocas prehispánicas. También los loros son comercializados para mascotas y ornato (CONANP 2003).

Es importante destacar que como consecuencia del huracán *Mitch*, los ríos del estado de Chiapas han estado sujetos a un manejo intensivo a partir de 1998 durante el cual el caudal del Río Novillero sepultó la comunidad de Valdivia, estas obras continuaron posteriormente al huracán *Stan* en 2005 durante el cual en tres días (3-6 octubre) se registró una precipitación mayor a 1300 mm (Moreno-Casasola, et al. 2017). El objetivo de las primeras obras de construcción de bordos en 1999-2000 fue proteger a las comunidades cercanas a los ríos Novillero, San Nicolás y Coatán. De 2009 a 2012 se han mantenido trabajos de fortalecimiento de bordos en todos los ríos.

Las obras en los ríos de Chiapas han cambiado la dinámica de flujo de agua en las planicies de inundación. Considerando que la mayoría de los ríos desciende por pendientes inclinadas y cauces canalizados y azolvados que descargan en una planicie costera angosta (de 20 a 40 km), se potencializa la vulnerabilidad ante desastres (Moreno-Casasola, et al. 2017). La Reserva de la Biósfera La Encrucijada se encuentra en zonas de desembocadura de ríos que han sido rectificadas, por lo que en las lagunas se ha observado el depósito de sedimento que están afectando a la pesca de la región. El depósito de sedimentos en las zonas de manglar de Chiapas es conocido como “calzaduras”.

A partir del 2005, cuando la región fue afectada por el huracán *Stan*, la problemática de azolvamiento de las lagunas costeras se agudizó, sin que se haya

realizado una evaluación de la tasa de azolve de las lagunas o se haya analizado hasta el momento, si existe un azolvamiento diferencial en los cuerpos de agua de la reserva, sin embargo, a partir de ese año, se comenzaron a realizar acciones de dragado en las lagunas y el depósito del material en zonas denominadas “tarquinas”¹ en las lagunas y en el manglar.

El IMTA (2007) desarrolló la primera etapa de un estudio para estimar el riesgo de contaminación de agua y sedimentos por uso de agroquímicos en el Distrito de Temporal Tecnificado 018 Huixtla, Chiapas. Los resultados indicaron que, entre los plaguicidas aplicados, el 2,4-D y la atrazina² ocupan los primeros lugares con 66 y 57 t/ año, respectivamente. Por su parte, el paraquat³ que se aplica en cantidades de 21 t/año, es persistente, tóxico y se acumula poco en la materia orgánica del suelo, lo cual indica un mayor riesgo de contaminar a los cuerpos de agua. Se encontraron metabolitos de DDT en concentraciones que exceden los criterios ecológicos para sedimentos en la desembocadura del río Coatán, así como clordano y metabolitos de DDT en agua en la desembocadura del río Huixtla al estero Hueyate, aunque éstos no exceden la normatividad. Siendo la principal fuente de contaminación los productos agroquímicos que se utilizan para el cultivo de frutales y en menor medida, los desechos orgánicos de las poblaciones (CONANP 2003).

Otra de las afectaciones que sufre la reserva, es la originada por los incendios forestales provocados para la extracción de fauna silvestre, así como para abrir áreas de cultivo y/o potreros. Siendo la principal causa el saqueo de fauna, principalmente de las tortugas de agua dulce como: Crucilla o cruzalluchi

1 Áreas donde se deposita el material de dragado de ríos y lagunas que se retiran de las lagunas para tratar de remediar la alta tasa de sedimentación de la región.

2 Herbicida de suelo activo de pre-siembra y post-emergencia selectivo en el cultivo de maíz, sorgo, pino y eucalipto, en el control de malezas anuales de hoja ancha y gramíneas

3 Herbicida no selectivo, postemergente y de contacto, para uso en cultivos anuales, perennes y áreas no agrícolas; aplicado al follaje de las malezas afecta las hojas y partes verdes jóvenes; posee un amplio espectro de control de malezas de hoja ancha

(*Staurotypus salvinii*), sabanera (*Rhinochlemys pulcherrima*), negra (*Pseudodemys grayi*) y casquito amarillo (*Kinosternon scorpioides*), además del caimán (*Caiman crocodylus acutus*), el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) y la iguana verde (*Iguana iguana*). Esta práctica es realizada principalmente por pobladores de comunidades de los municipios de Acapetahua, Huixtla, Pijijiapan y Villa Comaltitlán, donde utilizan el fuego como una medida para capturar la fauna y abastecer el mercado regional ya que es una costumbre tradicional, el consumo de fauna silvestre (SEMARNAT-INE 1999). En cuanto a las quemas agropecuarias, generalmente los productores utilizan el fuego durante la preparación de los terrenos para la siembra, quema de residuos de desmontes y quema de áreas para potrero, que cuando no es controlado puede generar incendios (CONABIO 2007).

De acuerdo con cifras reportadas por la CONANP en el año 2014, la superficie de la reserva afectada por incendios en los años 2000 a 2014 (figura 21) estas cifras corresponden en más del 90% a tulares y popales (Barrios 2015).

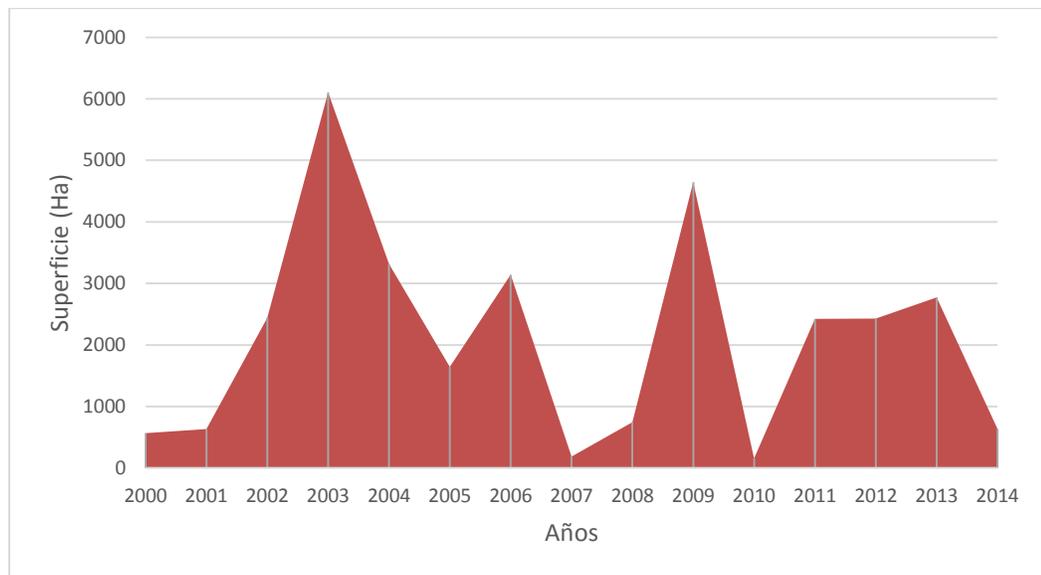


Figura 21. Superficie de "La Encrucijada" afectada por incendios de 2000 a 2014 (CONABIO 2014). (Elaboración propia con base en Barrios 2015)

I.2 Información sociodemográfica de las poblaciones asentadas en la reserva

De acuerdo con la población estatal en el año 2010 reportado para el INEGI, la población total de los municipios de interés fue de 227,403 habitantes, lo que representa el 4.74% con respecto a la población total del estado (Tabla 2).

Tabla 2. Población de los municipios donde se encuentra la Reserva de La Encrucijada, según el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI 2014)

Municipio	Población	Porcentaje relativo con respecto al estado de Chiapas
Acapetahua	27,580	0.58
Huixtla	51,359	1.07
Mapastepec	43,913	0.92
Mazatán	26, 573	0.55
Pijijiapan	50.079	1.04
Villa Comaltitlán	27,899	0.58
Total	227,403	4.74

Según al Plan de Manejo de la reserva (SEMARNAT-INE 1999), existe una población total de 29,000 habitantes, aunque al procesar los datos de INEGI (2010) a través de un sistema de información geográfica, se obtuvo una población total de 16,249 habitantes, distribuidos en 298 comunidades, es decir el 7.15% de la población total de los municipios que abarca la reserva. En este sentido, la tasa de crecimiento poblacional en Chiapas fue de 0.4 en los inicios de siglo XX y de 5.2 en 2015 (Figura 22), específicamente para la reserva y de acuerdo con los datos de INEGI, del año 1990 al 2010, se observó una tasa de crecimiento de 0.7.

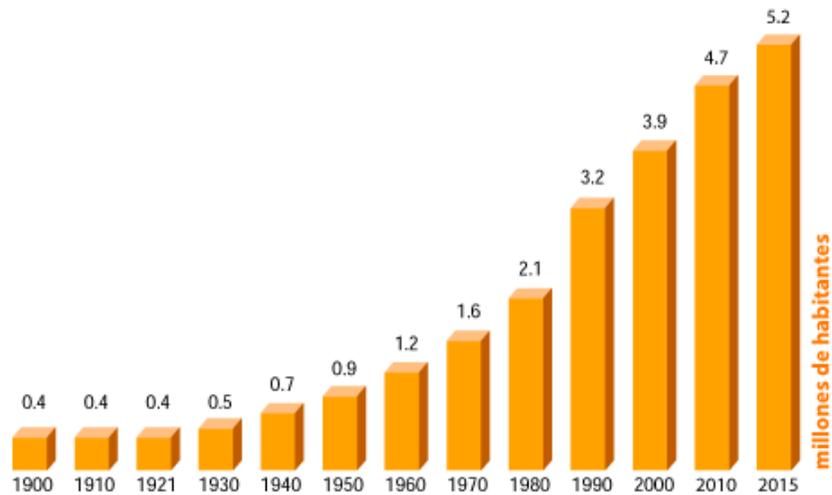


Figura 22. Tasa de crecimiento poblacional del estado de Chiapas

Fuente:

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=07>

A continuación, se describen los resultados del análisis de los datos obtenidos en INEGI (2010). Se utilizan los datos de este año, aunque ya existe disponible una actualización, para poder comparar con la información de los índices e indicadores que se analizarán más adelante.

En Chiapas, el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más es de 6.7 años lo que equivale a poco más de la primaria concluida (INEGI 2014), mientras que, para la población de la reserva, el grado promedio de escolaridad de la población es de 5.03 años.

El 76.3% de las viviendas no cuentan con agua en la vivienda, 37.5% tienen piso de tierra, 22.5% no tienen drenaje y el 6.1%, no cuentan con electricidad. Sólo el 32.7% es población económicamente activa, el 29.1% son hombres y el 3.6% mujeres. El 4.1% de los hogares tienen jefatura femenina (Figura 23).

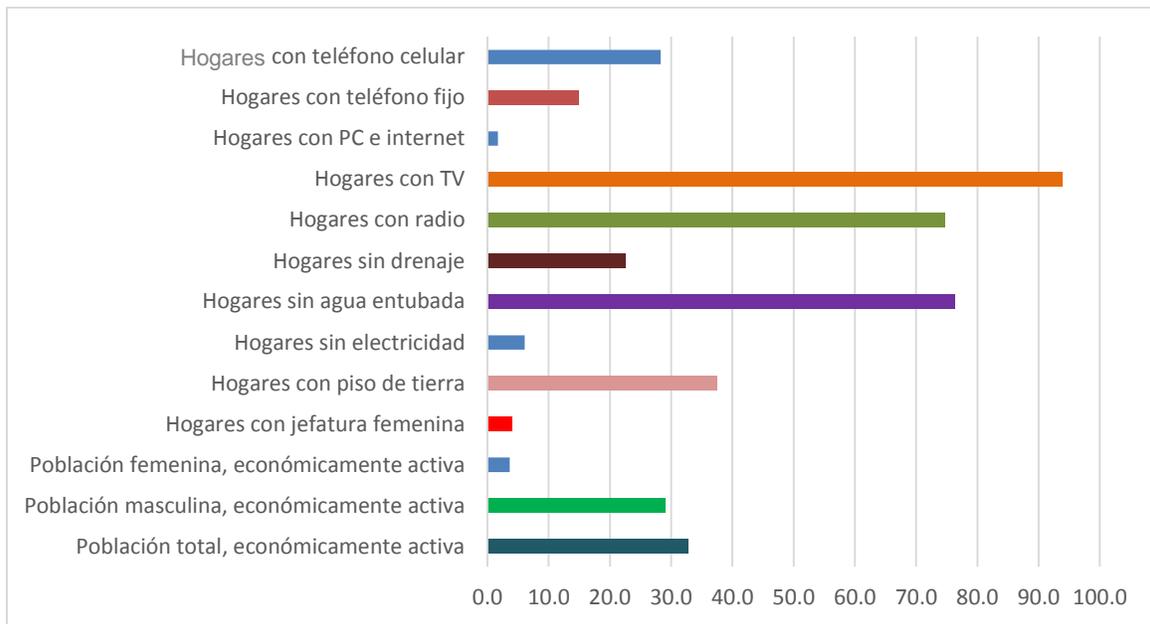


Figura 23. Características económicas y servicios en comunidades de la Reserva de "La Encrucijada" (Fuente: INEGI, 2010).

A partir de los datos de pobreza del CONEVAL y de acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2010 de INEGI, se destaca que el municipio con mayor porcentaje de población en situación de pobreza es Villa Comatitlán con un 37.3 %.

El municipio de Huixtla es el municipio que tiene el mayor porcentaje de población vulnerable por carencias sociales (22.7 %) y el menor porcentaje de población con acceso a alimentación (21.8 %).

El municipio de Pijijapan presenta un rezago educativo del 36.7 % de su población, mientras que el 82.3 % tiene un ingreso inferior a la línea de bienestar y el 53.5% de su población tiene ingresos inferiores a la línea de bienestar mínimo. El municipio de Mazatán es el que tiene el menor porcentaje de población con acceso a los servicios de salud (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de la población con carencias sociales según indicadores de pobreza, en México, 2010, en los municipios de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Chis, (CONEVAL 2014).

Municipios	Población en situación de pobreza extrema	Población vulnerable por carencias sociales	Rezago educativo	Acceso a los servicios de salud	Acceso a la alimentación	Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo
	%	%	%	%	%	%	%
Acapetahua	34.2	17.1	32.7	34.3	27.0	82.0	48.3
Huixtla	18.0	22.7	24.8	44.7	21.8	70.2	29.9
Mapastepec	33.2	16.6	34.2	51.6	25.4	81.0	46.4
Mazatán	8.5	20.4	30.0	22.5	30.8	78.0	41.5
Pijijiapan	36.8	12.3	36.6	25.5	26.1	86.2	53.5
Villa Comaltitlán	37.3	15.6	33.8	42.6	27.0	83.7	49.8

Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010 (CONEVAL 2014).

Para conocer el grado de cohesión social de la zona de estudio, se analizaron, (cuando existió información disponible la cual fue sólo a nivel municipal), los indicadores que la CONEVAL utiliza para estimar el nivel de desigualdad económica y las redes de apoyo e intercambio (Tabla 4). Dichos indicadores son los siguientes:

1. Coeficiente de Gini: A nivel municipal mide la desigualdad económica de una sociedad, mediante la exploración del nivel de concentración que existe en la distribución de los ingresos entre la población. El coeficiente de Gini toma valores entre 0 y 1; un valor que tiende a 1 refleja mayor desigualdad en la distribución del ingreso. Por el contrario, si el valor tiende a cero, existen mayores condiciones de equidad en la distribución del ingreso.

2. Razón de ingreso: este indicador se construye dividiendo el ingreso promedio de la población en pobreza extrema entre el ingreso promedio de la población no pobre y no vulnerable. Permite conocer la brecha que existe entre los ingresos de las personas en pobreza extrema respecto al de las personas no pobres y no vulnerables.
3. Grado de polarización social: mide las diferencias que existen entre las condiciones de vida de la población que vive en un mismo municipio o en una misma entidad. Para ello, el indicador utiliza la información del Índice de marginación calculado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y genera la siguiente clasificación.
 - Polarizados: donde una tercera parte o más de su población presenta condiciones favorables en sus viviendas, ingresos y nivel educativo y, al mismo tiempo, una tercera parte o más presenta condiciones precarias en estos rubros.
 - Polo izquierdo (de alta marginación): la mayoría de su población presenta condiciones precarias en sus viviendas, bajos ingresos y con bajos niveles de educación.
 - Polo derecho (de baja marginación): la mayoría de su población presenta condiciones favorables en sus viviendas, ingresos y nivel educativo.
 - Sin polo: Se excluye a los municipios/entidades polarizados, no polarizados con polo izquierdo y no polarizados con polo derecho.
4. Índice de percepción de redes sociales: mide la percepción que la población tiene acerca de qué tan fácil o difícil es contar con el apoyo de sus redes sociales, en caso de que requirieran ayuda para diversas situaciones: ser cuidado en una enfermedad, obtener dinero, conseguir trabajo, ser acompañada o acompañado al doctor, obtener cooperación para realizar mejoras en la colonia o localidad o, cuidar a los niños y niñas del hogar. Sin embargo, para este índice no se encontraron resultados en la región.

Tabla 4. Grado de cohesión social en los municipios donde se encuentra la Reserva de la Biósfera de La Encrucijada (CONEVAL 2014).

Municipio	Coefficiente de Gini	Razón de ingreso ¹	Grado de cohesión social ²
Acapetahua	0.432	0.13	Baja cohesión social
Huixtla	0.448	0.12	Alta cohesión social
Mapastepec	0.457	0.09	Alta cohesión social
Mazatán	0.431	0.12	Baja cohesión social
Pijijiapan	0.446	0.10	Alta cohesión social
Villa Comaltitlán	0.423	0.09	Baja cohesión social

Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010 (CONEVAL 2014).

¹ Se determina como el cociente del promedio del ingreso corriente total per cápita de la población en situación de pobreza extrema respecto al promedio del ingreso corriente total per cápita de la población no pobre y no vulnerable.

² Se considera de alta cohesión social a los municipios con polo derecho (de baja marginación) o sin polo y de baja cohesión social a los municipios polarizados o con polo izquierdo (de alta marginación).

De acuerdo a los resultados se aprecia que en los municipios en los que se ha asentado la Reserva, existen condiciones medias en cuanto a la distribución del ingreso. Aunque no hay una brecha considerable entre los ingresos de las personas en pobreza extrema respecto al de las personas no pobres y no vulnerables. Se observan condiciones de pobreza de distintas clases entre los municipios (Figura 3). Los municipios considerados como de baja cohesión social, relacionada con una baja marginación, son: Acapetahua, Mazatán y Villa Comaltitlán, mientras que se consideran con una alta cohesión social, relacionada con una alta marginación: Huixtla, Mapastepec y Pijijiapan.

I.3 Apropiación y uso del recurso de manglar en la zona de estudio.

Para determinar la apropiación y el uso del manglar en la reserva, así como para identificar la percepción sobre las amenazas de la región, se realizaron dos campañas para la aplicación de encuestas (28 de abril - 3 de mayo de 2014 y 22 de junio - 3 de julio del 2015), en las que se aplicaron 162 encuestas en 9 poblaciones ubicadas en la zona núcleo denominada “La Encrucijada” (Tabla 5). El 51% de los encuestados fueron mujeres y el nivel de educación predominante de los

encuestados fue de primaria. El 60 % de los encuestados tienen entre 18 y 59 años y el 19 % son mayores a 60 años. El 60 % realizan actividad pesquera ya sea en mar o en estero y el resto de la población realiza actividades de servicios de venta, turísticos, agricultura, al hogar o tienen empleos temporales.

Tabla 5. Número de encuestas aplicadas por comunidad visitada en la reserva.

Nombre de la localidad	Coordenadas	Actividades económicas sobresalientes	No. de encuestas aplicadas
Playa de Zacapulco	15° 11' 36" Lat. N 92° 53' 23" Long. W	Ecoturismo, Pesca y Servicio de Alimentos	25
El Herrado	15° 8' 20.96" Lat. N 92° 49' 45.95" Long. W	Pesca	10
Brisas del Hueyate	15° 01' 25.3" Lat. N 92° 43' 9.4" Long. W	Agricultura y pesca	22
La Lupe (Fotografía 6)	15° 10' 35.3" Lat. N 92° 52' 15.7" Long. W	Agricultura y pesca	20
Los Coquitos	15° 09' 20" Lat. N 92° 50' 21" Long. W	Pesca, agricultura y ganadería	3
Barra de Zacapulco	15° 11' 23" Lat. N 92° 53' 04" Long. W	Pesca, servicio de venta de alimentos y comercio	25
Las Garzas	15° 19' 10" Lat. N 92° 48' 53.9" Long. W	Pesca, agricultura, ganadería, comercio y servicio de alimentos	22
Las Lauras	15° 10' 15.5" Lat. N 92° 45' 3.2" Long. W	Pesca	12
La Palma	15° 10' 19.5" Lat. N 92° 50' 8.4" Long. W	Pesca y Ecoturismo	23

Los resultados de las encuestas indican que la mayoría de la población percibe como peligros: el aumento del nivel del mar (24.2%) que lo asocian con el fenómeno del aumento de nivel que perciben en las lagunas de manera diaria, inundaciones, y el calor (22% y 21 % respectivamente). En cuanto al cambio de cobertura vegetal, el 58% de la población percibe pérdida de manglar (22% y 20.9% respectivamente) y que a partir de los eventos hidrometeorológicos señalados anteriormente ha identificado el depósito de sedimentos a los que denominan "calzaduras" (66 %) (Figura 24).

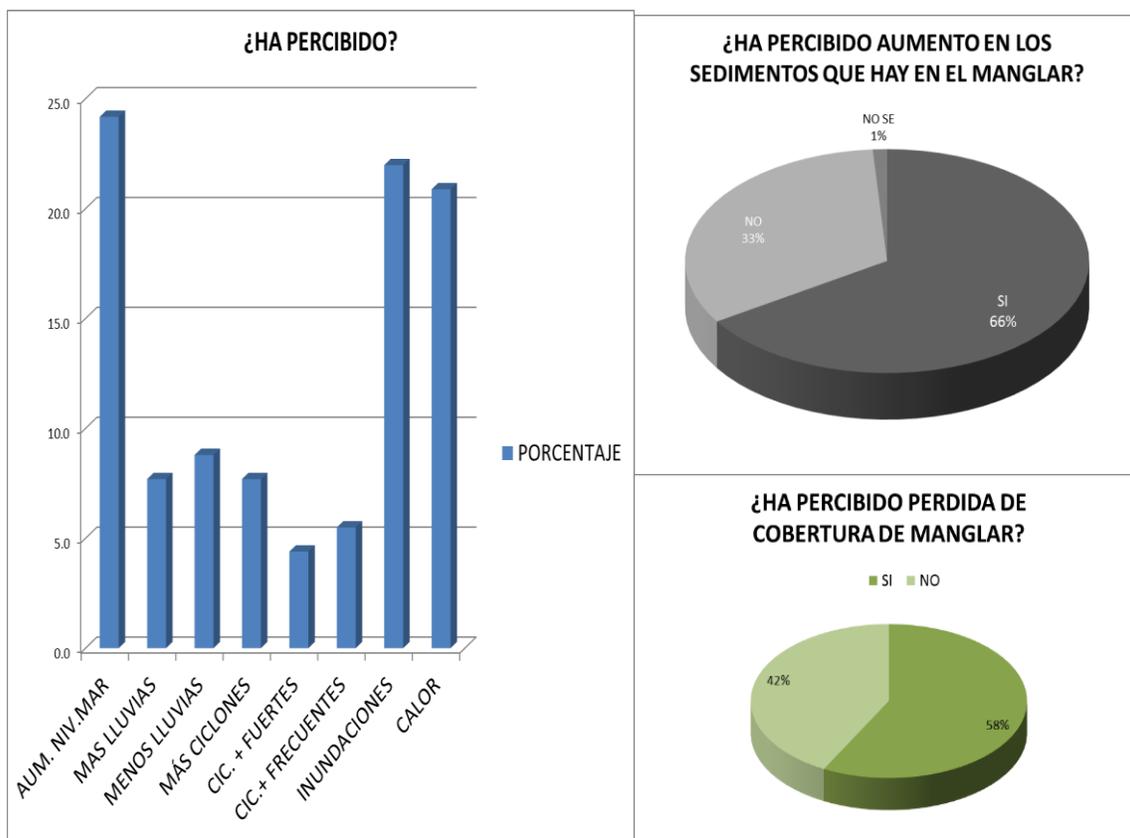


Figura 24. Percepción de Amenazas en la reserva.

En cuanto a la percepción de los servicios ambientales que brinda el manglar, la población encuestada identifica claramente que los manglares les brindan un servicio de protección contra los efectos de los eventos hidrometeorológicos como: vientos (99%), mar de fondo (97%), inundaciones (89%) y marea de tormenta (81%) (Figura 25).

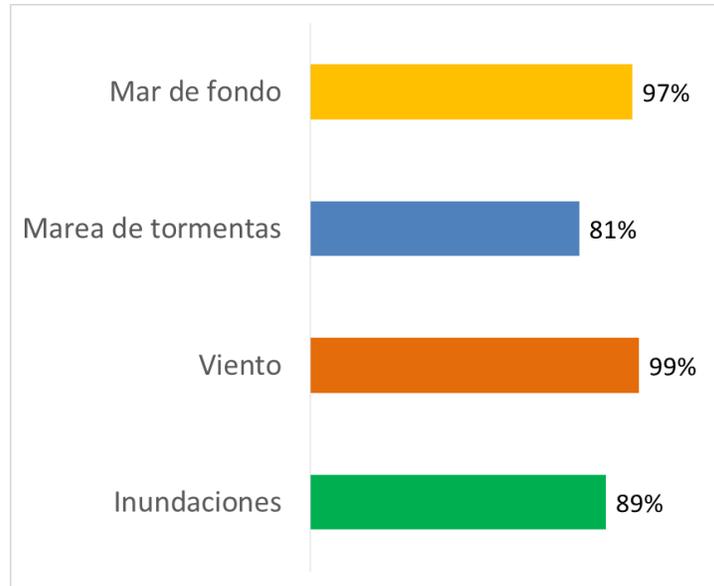


Figura 25. Percepción de servicios ambientales de protección en la reserva

En relación con las actividades desarrolladas por la población encuestada, el 38% manifestó estar dedicado a la pesca, 11% al comercio, 8.8% están dedicados a actividades relacionadas con ecoturismo (servicios de hospedaje o alimentación), 7.7% de la población encuestada se dedica a la agricultura, 2.2% a la ganadería y 2.2% a actividades de reforestación o actividades de promoción ambiental. Destaca que el 26.4% de la población encuestada son amas de casa, que desarrollan actividades de venta de artesanías, plantas medicinales, subproductos del manglar o tienen criaderos de traspatio de gallina, pato y tortuga.

En cuanto al uso del manglar (figura 26), se observa que los pobladores encuestados utilizan principalmente los productos del manglar como leña, siguiéndole en importancia la construcción, aunque realizan otros usos de los productos, como alimentación o medicinal. En La Encrucijada, al ser un área natural protegida, el uso del manglar requiere permiso expreso de las autoridades de CONANP. Para verificar si la población conoce dicho procedimiento, dentro de las encuestas se incluyeron preguntas en este sentido.

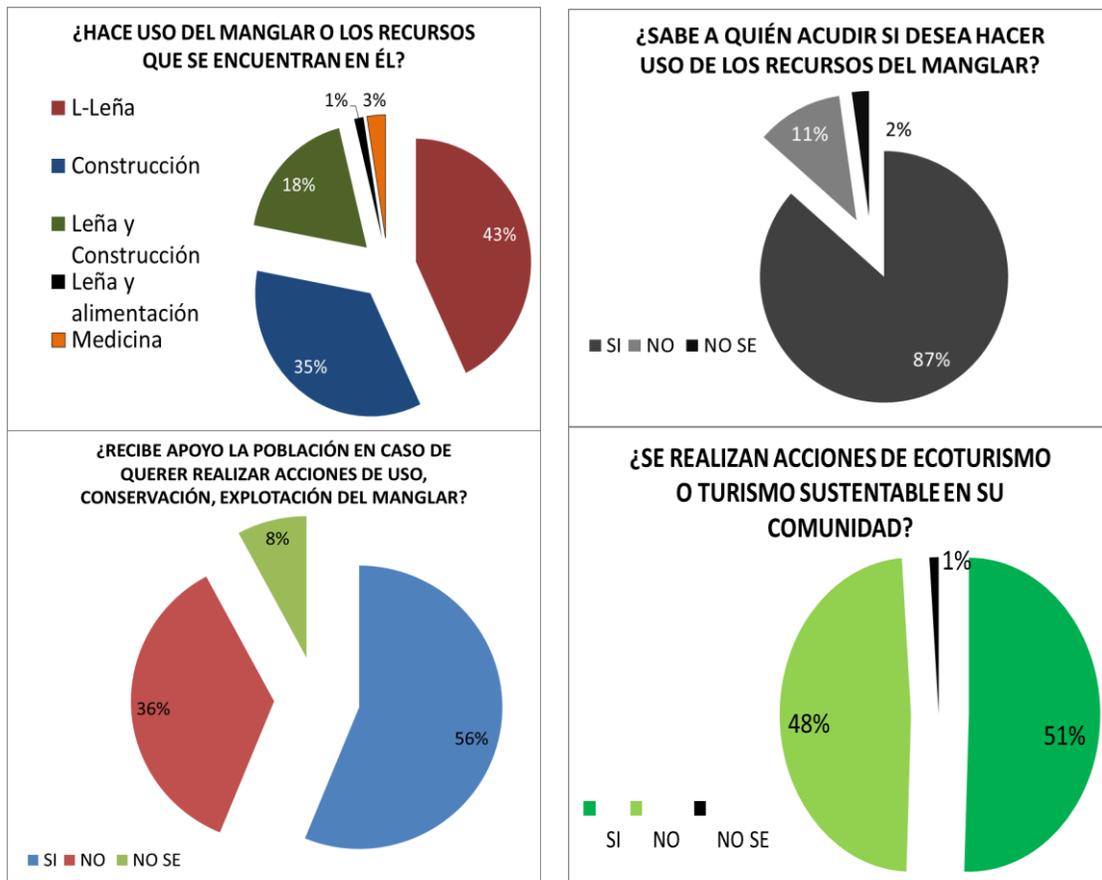


Figura 26. Uso del manglar por las comunidades de la reserva.

Los resultados indicaron que el 87% de la población sabe a quién acudir para hacer uso de los productos o subproductos del manglar. Más de la mitad de los encuestados, identifican que se da apoyo a la población para el uso y conservación del manglar, mientras que el 51% de los encuestados, identifican que se realizan actividades de turismo en su comunidad.

Con respecto al interés en la conservación, la encuesta indica que el 61% de la población ha participado en alguna actividad y un 4% restante está dispuesta a participar (figura 27). El 61% de los encuestados identifican organizaciones civiles dedicadas a la protección del manglar, lo que sugiere que existe cohesión social entorno a la protección del manglar. Lo anterior, se ve reforzado con las campañas educativas que el 76% de la población identifica que se realizan en sus comunidades. De esta manera se confirma que la población está interesada en la

protección del manglar y existen organizaciones civiles que favorecen el desarrollo de esta acción.

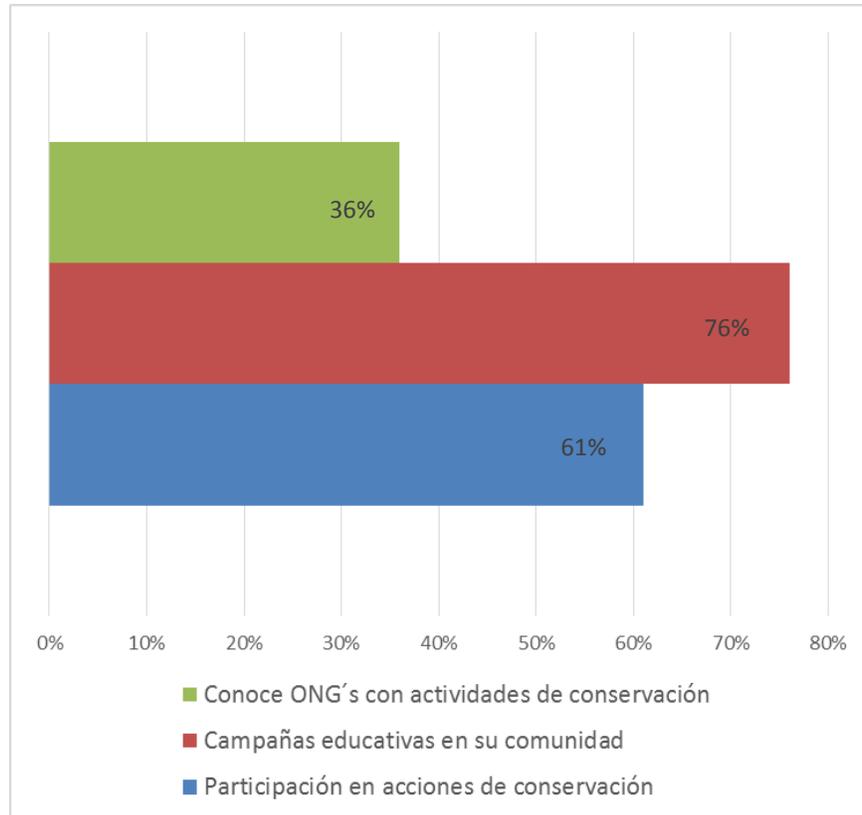


Figura 27. Disposición de pobladores a participar en acciones de conservación de la reserva.

Respecto a la pertenencia de la población a sus comunidades (figura 28) se concluye que el 85% de los encuestados respondió que si pretende quedarse a residir en su comunidad. Este resultado incluye a personas entre los 18 y 59 años, consideradas como edades productivas.

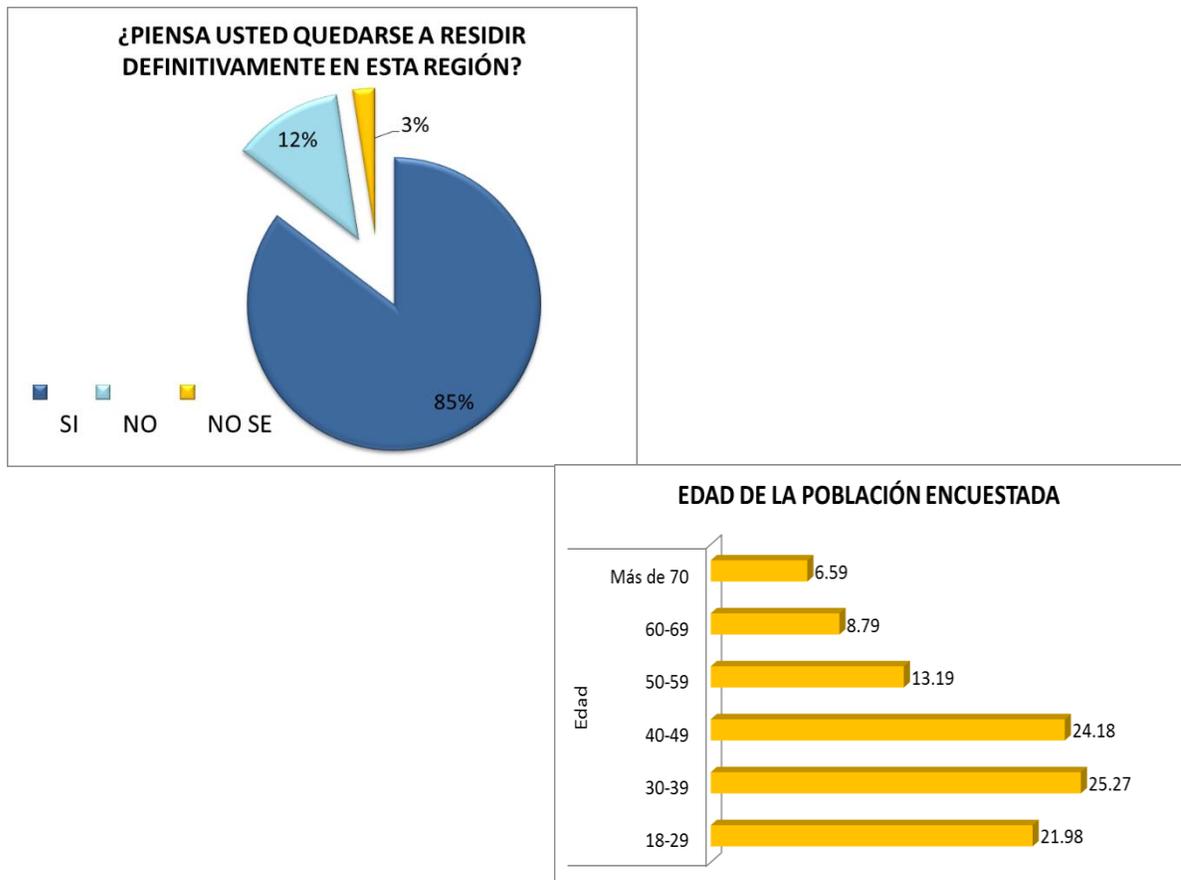


Figura 28. Pertenencia de la población del a la Reserva

I.4 Amenazas en la región

Las amenazas hidrometeorológicas de las que se tiene registro para la región son: huracanes, tormentas tropicales, vendavales y tempestades, aunque no se encontraron registros sobre fenómenos de marea de tormenta. Se incluye el fenómeno de mar de fondo, ya que, durante la realización de este estudio, los pobladores de la Reserva identificaron al fenómeno y algunos sufrieron daños en sus pertenencias. En la tabla 6 se señalan las fechas y eventos:

Tabla 6. Eventos extremos que se analizan en el presente estudio.

Tipo de evento	Nombre	Fecha	Alcance
Huracán	Mitch	20 de octubre a 5 de noviembre de 1998	Regional
Huracán	Stan	1 a 5 de octubre de 2005	Regional
Tormenta tropical	Bárbara	25 de mayo a 3 de junio de 2007	Regional
Huracán	Bárbara	25 de mayo a 02 de junio de 2013	Regional
Vendaval	-	05 de marzo de 2008	Arriaga
Vendaval	-	11 de enero de 2010	Acapetahua
Tormenta (Tempestad)	-	04 de septiembre de 2010	Huixtla
Mar de fondo	-	1° de mayo de 2015	Nacional
Mar de fondo	-	12 de mayo de 2015	Nacional

Elaboración propia

A continuación, se describen las características del tipo de los fenómenos que fueron identificados por los pobladores de la Reserva:

Huracanes y Tormentas Tropicales

Los ciclones tropicales son tormentas muy intensas y de grandes dimensiones que se forman a partir de disturbios atmosféricos preexistentes como son los sistemas de bajas presiones y las ondas tropicales. Para que estos fenómenos puedan desarrollarse es necesario que las aguas oceánicas sean cálidas, por lo que será necesario que supere los 26°C y que los vientos sean débiles en los niveles altos de la atmósfera.

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2014) existen cuatro etapas de desarrollo para un ciclón tropical:

- **Perturbación tropical.** Es una zona de inestabilidad atmosférica asociada a zonas de baja presión (menor a 1013 hPa) que provocan la convergencia de

vientos y humedad que paulatinamente provocan el desarrollo de una depresión tropical.

- Depresión tropical. Es cuando los vientos sostenidos alcanzan 62 km/h o menos, producto de la existencia de la perturbación tropical que aumenta los vientos en superficie.
- Tormenta tropical. Se forma cuando los vientos sostenidos alcanzan velocidades entre 63 y 118 km/h y las nubes se distribuyen en forma de espiral; cuando el ciclón alcanza esta intensidad le es asignado un nombre de hombre o mujer preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial que sirve como medio más efectivo para poder identificar al fenómeno en caso de alerta. Sin embargo, los nombres de huracanes que han causado graves daños se eliminan de las listas por razones de sensibilidad con los afectados como es el caso del huracán Irene, Katrina, Mitch o Tracy.
- Huracán. Esta es la etapa más peligrosa del desarrollo de los ciclones tropicales, ya que los vientos sostenidos superan los 119 km/h; el área de nubosidad cubre entre 500 y 900 km de diámetro produciendo lluvias intensas, para esta etapa el organismo utiliza la escala de clasificación Saffir-Simpson, la cual es utilizada para alertar a la población de los posibles daños que pueda causar el fenómeno.

La escala Saffir-Simpson (tabla 7) clasifica la intensidad de los huracanes, según la velocidad de los vientos máximos y los posibles daños materiales. Los huracanes pueden producir daños dependiendo de varios factores: la velocidad de desplazamiento, el tamaño, la trayectoria específica, la hora del día, los efectos locales de la topografía o la interacción con otros fenómenos meteorológicos presentes como frentes fríos, ondas tropicales, canales de baja presión u otro ciclón tropical.

Tabla 7. Escala Saffir-Simpson.

Categoría	Vientos Máximos (km/h)	Características de los Posibles Daños Materiales Provocados por el Viento
Uno	119 a 153	Árboles pequeños caídos; daños al tendido eléctrico.
Dos	154 a 177	Adicionalmente a los daños del Categoría Uno: Daño en tejados, puertas y ventanas; desprendimiento de árboles.
Tres	178 a 208	Adicionalmente a los daños del Categoría Dos: Grietas en construcciones.
Cuatro	209 a 251	Adicionalmente a los daños del Categoría Tres: Desprendimiento de techos en viviendas.
Cinco	252 o mayores	Adicionalmente a los daños del Categoría Cuatro: Daño muy severo y extenso en ventanas y puertas. Falla total de techos en muchas residencias y en construcciones industriales.

Fuente: SMN, 2014

De acuerdo a lo manifestado por los pobladores de la Zona Núcleo de la Reserva que se denomina también La Encrucijada, los fenómenos hidrometeorológicos extremos, de los que se tiene memoria por su magnitud, son los siguientes:

- Huracán categoría 4 *Paulina* (5 al 10 de octubre de 1997) (Figura 29).
- Huracán *Mitch* (22 de octubre a 5 de noviembre de 1998) (Figura 30).
- Huracán categoría 1 *Stan* (1 al 5 de octubre de 2005) (Figura 31).
- Tormenta Tropical *Bárbara* (29 de mayo a 2 de junio de 2007) (Figura 32).
- Huracán Categoría 1 *Bárbara* (28 al 30 de mayo de 2013) (Figura 33).

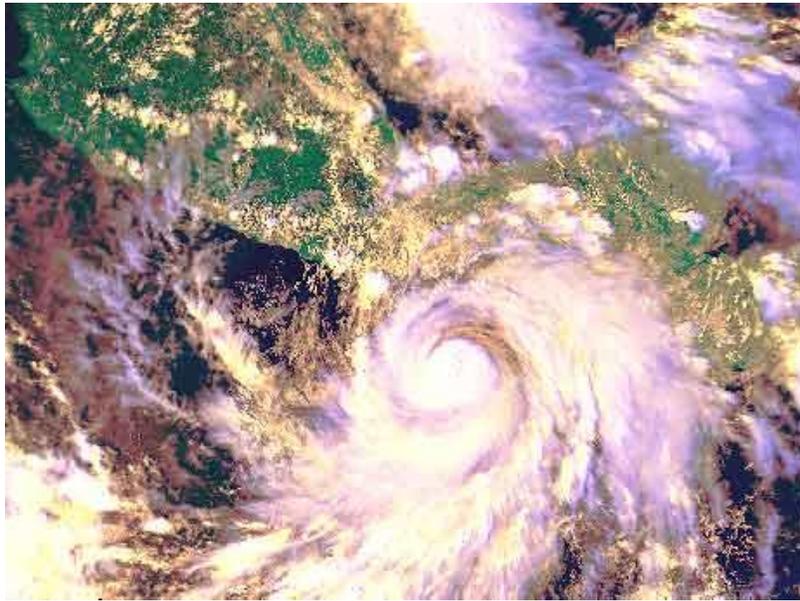


Figura 29. Huracán categoría 4 Paulina (5 al 10 de octubre de 1997)



Figura 30. Huracán categoría 5 Mitch (22 de octubre a 5 de noviembre de 1998)

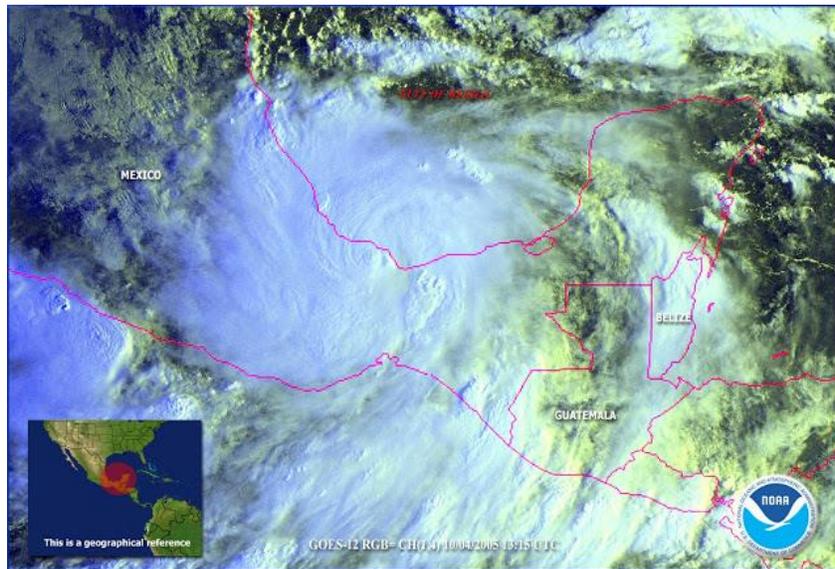


Figura 31. Huracán categoría 1 Stan (1 al 5 de octubre de 2005)

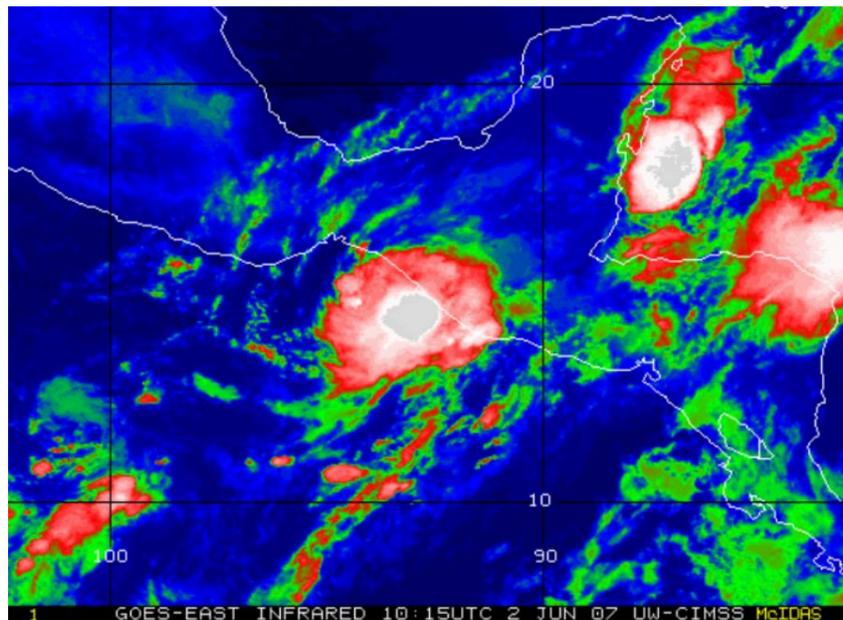


Figura 32. Tormenta Tropical Bárbara (29 de mayo a 2 de junio de 2007)

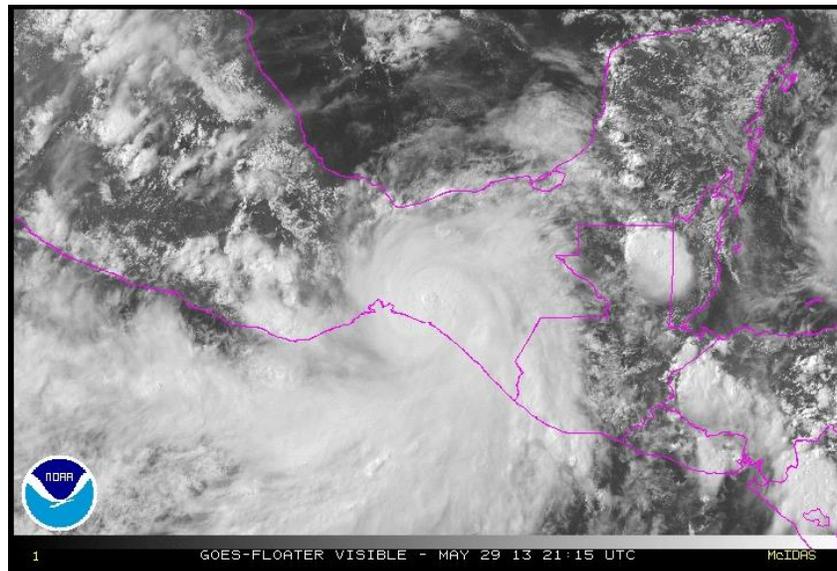


Figura 33. Huracán categoría 1 Bárbara (28 al 30 de mayo de 2013)

En el año 2005 cuando llegó a la región el huracán “Stan”, se alcanzó el máximo de precipitación registrado en la serie de datos de 1978 al 2010 con 4000 mm (Figura 34) mientras que en el 1997 cuando se registró el huracán Paulina se alcanzó una precipitación de alrededor de 1800 mm, por arriba de la tendencia esperada. En 2007 cuando se registró la Tormenta Tropical “Bárbara”, la precipitación observada se encontró apenas alrededor de 126.1 mm en Huixtla. No se cuenta con información sobre la precipitación en las fechas en las que tuvo efecto el huracán “Mitch” (1998).

Uno de los efectos de las precipitaciones extremas que acompañan los huracanes son las inundaciones por el desbordamiento de los cauces fluviales, los que fueron referidos también por los pobladores encuestados.

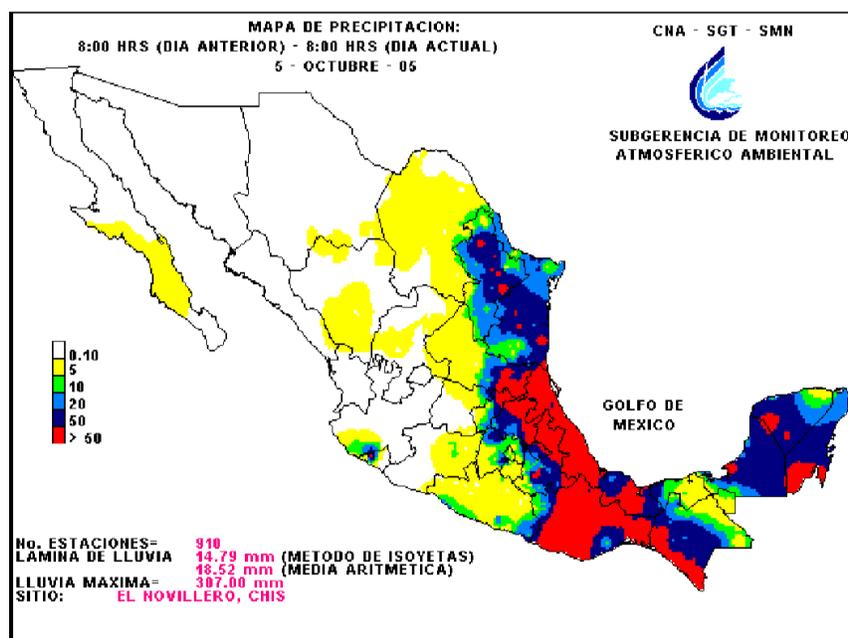


Figura 34. Mapa de lluvias registradas durante el Huracán Stan 4 y 5 de octubre de 2005 (máxima de 3017.0 mm en el Novillero, Chiapas).(CNA; 2104).

Marea de tormenta

La marea de tormenta es definida como el ascenso, en la línea de costa, del nivel medio del mar debido a la presencia de vientos fuertes y/o disminución de la presión barométrica, generalmente está asociada a fenómenos hidrometeorológicos extremos como pueden ser huracanes o vientos polares. Los pobladores no hicieron referencia a este fenómeno, ni el área de Protección Civil proporcionó información al respecto.

Mar de Fondo

De acuerdo a la definición de CENAPRED (2015), el mar de fondo es un evento resultado de un oleaje largo y continuo, generado por tormentas en el mar, se desplaza a lo largo del océano Pacífico y puede ocurrir todo el año, principalmente de mayo a noviembre. Se encuentra asociado con la denominada corriente de resaca, que es un fenómeno propio del oleaje, que se forma cuando el agua de la orilla regresa hacia mar abierto y puede arrastrar embarcaciones o nadadores.

Para determinar los efectos del mar de fondo en las comunidades que se localizan dentro de la Reserva, se visitaron las Direcciones de Protección Civil de cada uno de los municipios donde se localiza esta Reserva. Así mismo se identificó la percepción de los pobladores de la Reserva, donde se incluyeron una serie de preguntas relacionadas con el evento de mar de fondo registrado en mayo del 2015 y que fue un evento que tuvo repercusiones a nivel mundial.

En cuanto a los resultados de percepción del evento de mar de fondo, se encontró que el 97% (157) de los encuestados conocen el fenómeno del mar de fondo, aunque le llaman de manera distinta como: marejadas de fondo, tumbo, inchente o vaciante. Algunos de los entrevistados creen que el mar de fondo se debe a: cambios normales o estacionales de la marea, a la influencia de la luna, cambios en el clima, llenura del mar o el cambio climático.

El 91.4% (148) de los entrevistados han percibido fenómenos de mar de fondo en la región, y el 90% (146) identificó los dos fenómenos de mar de fondo que sucedieron en el mes de mayo.

Solo el 11.4% reportó daños en su comunidad y fueron en las comunidades que se encuentran cercanas a la playa que no tienen frente de duna conservada y/o manglar que les sirva de protección. Los daños referidos fueron: fueron lanchas volteadas; inundación de casas (40 cm); el derribo de palmas y vegetación; imposibilidad para pescar durante el evento, ni en mar ni en estero; la inundación de terrenos de cultivo secó la milpa; que no se podía salir al mar por la bocabarra debido al oleaje, y que debido al golpeteo de las olas en la playa, se cimbraba la tierra y el sonido del mar era muy fuerte.

Finalmente, el 54.3 % de los encuestados opinaron que la marea de fondo del mes de mayo de 2015, fue más fuerte que los eventos anteriores que les habían tocado observar a lo largo de su vida, el 17.1 % señaló que fue igual a otras veces y el 15.7 % lo identificó como menor.

En la figura 36 se presenta la dirección e intensidad de las corrientes del fenómeno de mar de fondo registrado el 1° al 5 de mayo de 2015.

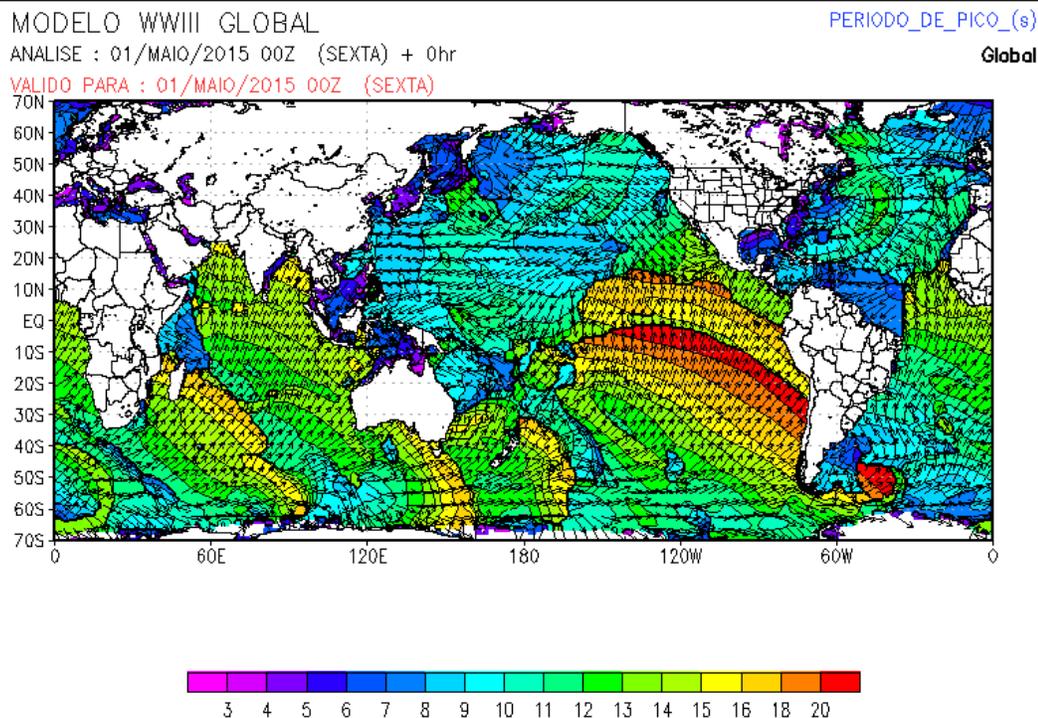


Figura 35. Dirección e intensidad de corrientes registradas en el fenómeno de mar de fondo del 1° de mayo de 2015.

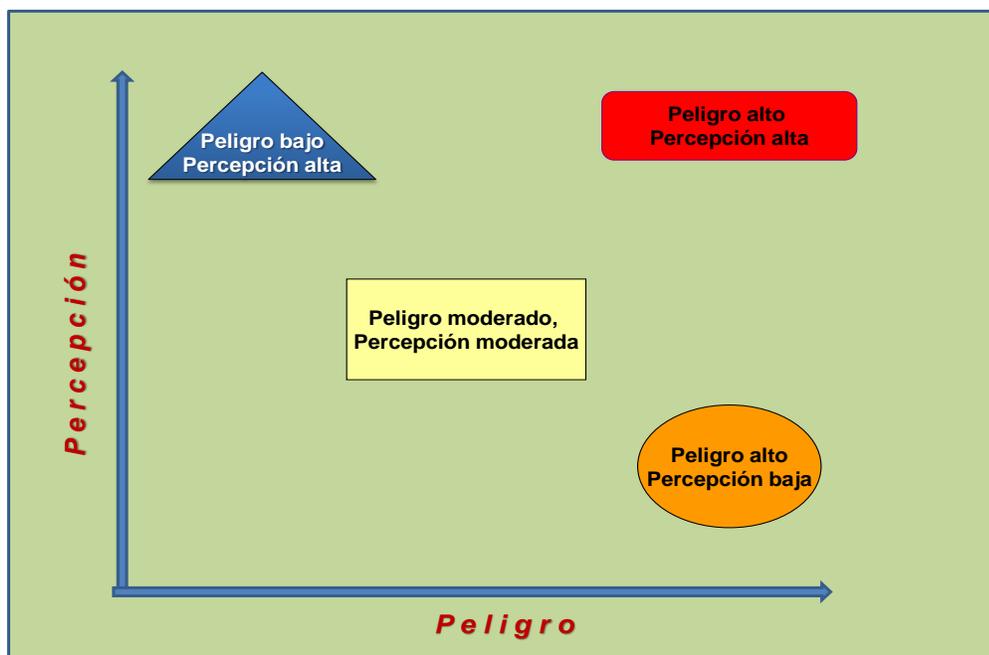
I.5 Comparación entre los efectos de eventos hidrometeorológicos y la percepción social

Para comparar las consecuencias de los fenómenos que han tenido efecto en la región contra lo percibido por la población, se utilizó el Modelo de Indignación de Sandman (2003) que es utilizado para identificar la estrategia de comunicación de riesgo en determinados eventos donde la población se encuentra en riesgo y que se basa fundamentalmente en la percepción que tiene la población sobre el mismo. En este modelo, se identifica al “peligro” como el componente técnico del riesgo, que es el producto de la probabilidad y la magnitud y la percepción que la población percibe del peligro que en múltiples ocasiones llega a indignación por parte de los afectados. Lo anterior porque Sandman (2003) considera que cuando las personas están alteradas, tienden a pensar que están en peligro, mientras que cuando están

tranquilas, tienden a pensar que están a salvo. Cabe destacar que en ninguno de los pobladores de la reserva se apreció indignación al hablar sobre los eventos hidrometeorológicos que se han presentado en su región, aunque si fueron claramente percibidos por ellos.

Las escalas de calificación del peligro y la percepción se identifican como altas, moderadas o bajas y a partir de la relación entre el peligro y la percepción de la población, Sandman (2003) obtiene cuatro combinaciones (Figura 36):

- a) Peligro alto con percepción alta.
- b) Peligro alto con percepción baja
- c) Peligro moderado con percepción moderada y
- d) Peligro bajo con percepción alta.



Elaboración propia a partir de Sandman (2003).

Figura 36. Combinaciones relacionadas con la percepción del riesgo

Para adaptar el Modelo de Sandman (2003) a los resultados de este trabajo, el peligro fue relacionado con el impacto (daños) originados por los eventos hidrometeorológicos que se manifestaron en la región, mientras que la percepción

de la población se identificó a partir de los servicios de protección que la población encuestada percibió y cuya información se obtuvo a partir de las encuestas (Figuras 24 y 25).

La información de los daños originados por estos eventos, se obtuvo de la base de datos de DESINVENTAR (2015) que contiene información de 230 registros identificados para los seis municipios donde se ubica La Encrucijada, los cuales fueron registrados en la región, entre los años 1974 a 2013. Entre los eventos que generaron los daños se señalaron inundaciones principalmente lluvias y desbordamiento de ríos, huracanes, tormentas tropicales, depresiones tropicales y frentes fríos.

De las 31 muertes registradas para el período, 27 corresponden a fenómenos de Tormentas Tropicales y 4 a un evento de esta misma naturaleza, pero asociado al fenómeno de La Niña de 1998. El principal efecto generador de daños materiales fueron las inundaciones, pues en el periodo se observaron 112 registros asociados a ellas. En cuanto a los 4 huracanes registrados en el período 1974 a 2013, los daños reportados fueron: 430 viviendas afectadas, 2,300 damnificados y daños en caminos y cultivos.

Respecto a tormentas tropicales, se reportaron 78 viviendas destruidas, 2,936 viviendas afectadas y 18,000 damnificados. Para eventos de frentes fríos se reportaron 394 viviendas afectadas. En cuanto a los fenómenos de mar de fondo y marea de tormentas se reportan daños a la pesca, pero no se encontraron datos asociados.

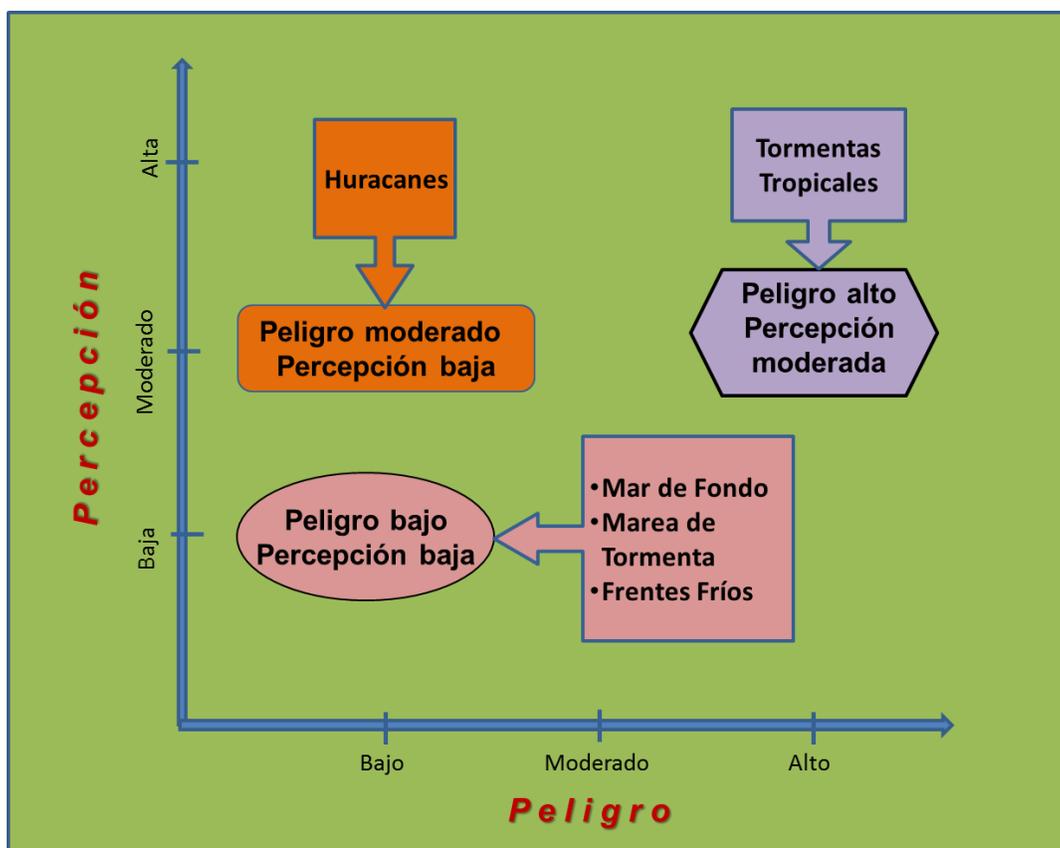
En la Tabla 8 se presenta la clasificación de los efectos de los eventos hidrometeorológicos de acuerdo a la percepción de los pobladores de la Reserva.

Tabla 8. Comparación entre los efectos de eventos hidrometeorológicos y la percepción social

Origen del efecto	Tipo de impacto	Escala de peligro	Escala de Percepción de la población
Huracanes	Vientos, inundaciones y lluvias	Moderado	Baja
Tormentas Tropicales	Vientos, inundaciones y lluvias	Alto	Moderada
Mar de fondo	Inundaciones	Bajo	Baja
Marea de Tormentas	Inundaciones	Bajo	Baja
Frentes Fríos	Vendavales	Bajo	Baja

A través de la calificación del peligro y la percepción se identificó que existe una percepción menor de los efectos que causaron los eventos hidrometeorológicos en la región. Las tormentas tropicales aunque son los eventos que más daños han generado, los pobladores los perciben como un peligro moderado, de manera semejante como perciben a los huracanes que han generado menos daños que las tormentas tropicales. Lo anterior posiblemente se debe a que el manglar de La Encrucijada ofrece a los pobladores, un buen servicio de protección contra eventos hidrometeorológicos extremos, ya que se encuentra en buen estado de conservación. Aunque la región es vulnerable a otros eventos como el mar de fondo, la marea de tormenta y los frentes fríos que han generado daños menores en la región y también son percibidos por los pobladores como peligros menores.

En la Figura 37 se presentan los resultados obtenidos sobre las amenazas y la percepción del riesgo en la Reserva de La Encrucijada, de acuerdo a las combinaciones identificadas por Sandman (2003).



Elaboración propia.

Figura 37. Combinaciones relacionadas con la percepción del riesgo en la Reserva de La Encrucijada

Finalmente, se incluyen algunos de los comentarios que se registraron en las encuestas los cuales se considera importante incluir, pues son aspectos percibidos por los pobladores y en su momento se hicieron del conocimiento del Director de la Reserva:

- Se menciona que las Cooperativas Pesqueras son quienes por ser grupos organizados, obtienen casi la totalidad de los apoyos económicos y que el resto de la población (agricultores, comerciantes, entre otras actividades) de algunas comunidades se siente excluidos de estos apoyos.
- Los pobladores se encuentran preocupados porque las tarquinas han sido reforestadas, y existe la percepción de que con el establecimiento de nuevas tarquinas, se irá perdiendo superficie de las lagunas al crear nuevos depósitos para el material de dragado que se espera se realice

próximamente. Esta percepción se agrava, ya que algunas de las lagunas se encuentran azolvadas como resultado del paso del huracán STAN y por la rectificación de los ríos.

- Se manifestó preocupación de algunos encuestados por el tráfico de aves como loros, ya que según su dicho, en el mercado negro se pagan bien.
- Se mencionó que los permisos que se emiten para el corte de manglar a utilizar en la construcción de casas, deben solicitar que se realice en “buena luna” (luna menguante), ya que la madera de acuerdo a los saberes tradicionales tendría mayor duración (de 15 a 20 años).
- Se propone que se realicen campañas de capacitación e intercambio de información con los pescadores de mayor edad de las otras lagunas, para tratar de aplicar técnicas responsables para incrementar la productividad y la captura.
- Se señaló que en una de las comunidades, se realiza cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), lo que significaría introducción de una especie exótica invasora y altamente competitiva.
- Se manifiesta preocupación por la quema de la vegetación de la zona de duna, la cual según algunos encuestados, se realiza para capturar fauna comestible que huye del fuego, posteriormente las zonas se utilizan para el cultivo de ajonjolí, sandía o melón.
- Se mencionó que a algunas lagunas llegan descargas contaminantes de cultivos de plátano, papaya y de una minera, por lo que se solicitó, la realización de análisis del agua de las lagunas.

Capítulo II. Indicadores de resiliencia para manglares de México

Carranza-Ortiz, G. 2017. Indicadores de resiliencia en manglares de México. En: Gómez Mendoza (Coord). Clima, naturaleza y sociedad: los retos del cambio climático en los socioecosistemas. Secretaría de Divulgación de la FFyL-UNAM. Bonilla Artigas Editores- UNAM. CdMx. 119-138 pp. ISBN 978-607-8450-96-1 (Bonilla Artigas Editores) ISBN978-607-02-9406-8 (UNAM).

Indicadores de resiliencia para manglares de México

María Gabriela Carranza Ortiz

Introducción

La zona costera posee la característica de presentar una gran heterogeneidad por los diversos ecosistemas que la conforman, lo que permite el desarrollo de numerosas actividades económicas en ese territorio. Dichas actividades no pueden detener su avance pese a los efectos negativos que generan en los ecosistemas, por lo que se hace necesario minimizar estos efectos y asegurar la conservación de los ecosistemas costeros y sus interconexiones (Moreno-Casasola, *et al.*, 2006). Esta zona es una eco-región sensible donde los cambios inducidos y sus efectos se están apreciando en tiempo real con mayor celeridad de lo previsto según los estudios efectuados en torno al cambio climático (Yañez-Arancibia, *et al.*, 2010), por lo que se considera que la conservación de ecosistemas costeros, permite disminuir la vulnerabilidad de las regiones y de las poblaciones locales que dependen de ellos.

En el contexto del quehacer geográfico, dentro del manejo y prevención del riesgo, las zonas costeras mexicanas están siendo reconocidas como altamente vulnerables al cambio climático. En este capítulo se pretende realizar un análisis del estado del arte sobre el tema de in-

dicadores de resiliencia en manglares, a través de una revisión de diferentes conceptos de resiliencia que han sido utilizados en la literatura; así como del análisis de algunos indicadores disponibles que se utilizan para la evaluación de manglares, con el objetivo de presentar una propuesta de variables que se considera deben incluirse cuando se pretenda evaluar la resiliencia de los manglares a nivel local dentro del contexto de la adaptación basada en comunidades.

Antecedentes

El ascenso acelerado del nivel del mar, combinado con un patrón atípico de lluvias y el incremento de la temperatura, están provocando múltiples presiones ambientales sobre los humedales como incremento de salinidad en contraste con inundaciones excesivas (Day, *et al.*, 2008, en Yañez-Arancibia, *et al.*, 2010). Por otro lado, además de aquellos efectos generados por los peligros relacionados con el cambio climático, los ecosistemas costeros se encuentran sometidos a grandes presiones de origen antrópico directo y de corto plazo: descargas directas de aguas residuales provenientes de los asentamientos humanos que se localizan en los alrededores, cambios de uso de suelo, contaminación y disposición a cielo abierto de residuos sólidos municipales, tala inmoderada por el aumento de asentamientos urbanos, desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias e industriales, así como por el incremento de zonas destinadas a uso turístico sin control (Carabias, *et al.*, 2007).

Los humedales costeros en México han sido estudiados desde diversas perspectivas, pero en su análisis no se han considerado aspectos como los efectos esperados por la variación climática y sus efectos en el tiempo (INE, 2011). El mangle, vegetación que forma parte del humedal costero, posee características que contribuyen a su resiliencia ante eventos extremos y más aún ante los cambios climáticos. De acuerdo con Alongi (2007), estos ecosistemas han demostrado una gran capacidad de recuperación en escalas de tiempo acorde con la evolución de los litorales, lo anterior de acuerdo a las evidencias de que las tasas de almacenamiento del suelo en los bosques de manglares mantienen un ritmo

con el aumento del nivel medio del mar. La recuperación de estos ecosistemas se basa en:

1. La composición y estructura del bosque, con una compleja interacción fisiológica y competitiva, conduce a una sucesión que responde a gradientes físico-químicos y aspectos geográficos.
2. El gran reservorio de nutrientes con que cuenta el sistema.
3. Tasas altas de flujo de nutrientes y de descomposición microbiana.
4. Controles bióticos complejos y altamente eficientes.
5. Una alta recuperación y dominancia de especies clave.

A nivel sectorial, dependencias federales como la Conafor, a través del programa Proárbol; la Conanp (2010) y el INE (2011); han desarrollado una línea prioritaria de adaptación al cambio climático. En concordancia con el Programa Especial de Cambio Climático 2013-2018 (PECC, 2013-2018), específicamente en el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018, sus objetivos son: a) incrementar la resiliencia a los efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero; y b) detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo a nivel; donde ante un clima cambiante y la posibilidad de riesgos climáticos en aumento, se considera que la respuesta es reducir lo más posible la vulnerabilidad social. La reducción de esa vulnerabilidad implicará entonces aumentar las capacidades de adaptación, incrementar la resiliencia o inclusive la transformación social.

De acuerdo a lo anterior, se considera que la conservación de las áreas naturales protegidas, así como el incremento de la superficie de conservación de zonas costeras, constituyen una oportunidad para aumentar la capacidad de adaptación y la resiliencia de las poblaciones que se desarrollan en esas regiones, sobre todo al considerar la conservación como un promotor de servicios ambientales. La relación entre los servicios ambientales y su uso parte de un sistema complejo con interacciones dinámicas llamado socioecosistema (Avila-Foucat y Gachúz, 2014).

No obstante que los ecosistemas de estas zonas se encuentran en franca desaparición debido a la contaminación y al cambio de uso de

suelo motivado por el desarrollo económico mal planificado o mal enfocado de esas regiones (Carabias, *et al.*, 2007; Conabio, 2008), conservar los recursos naturales de una región es un mecanismo viable para la adaptación al cambio climático. Al conservar y manejar sustentablemente las zonas costeras se incrementa la posibilidad de que los socioecosistemas sean resilientes ante eventos extremos.

Entre otras aportaciones, el INE (2011), en la publicación *Medidas de adaptación al cambio climático en humedales del Golfo de México*, destaca que la vulnerabilidad al cambio climático se incrementa por la falta de planeación y el deterioro ambiental, considerando que las medidas de conservación podrían generar un servicio ecosistémico de protección civil que justifique la inversión en adaptación.

Ante la situación de vulnerabilidad descrita en el diagnóstico del PECC 2013-2018, se establece que la recuperación de los servicios ambientales se encuentra íntimamente relacionada con la modificación y diversificación de prácticas productivas que por un lado, logran ser más sustentables y por otro, generan ganancias en el marco de un enfoque equilibrado. Así, se plantean dos objetivos: a) reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos para incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica y b), conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la adaptación y mitigación al cambio climático.

En este sentido, y debido al incremento del riesgo al que se somete la infraestructura y la integridad física de la población asentada en las costas, una tarea urgente será el plantear e implementar medidas coordinadas para adaptarse a fenómenos asociados al cambio climático. La tarea de incrementar la resiliencia de los socioecosistemas implica asumir la responsabilidad de articular y armonizar políticas públicas orientadas a reducir la vulnerabilidad y fortalecer las capacidades de adaptación dentro del marco legal y la infraestructura estratégica de los distintos sectores.

La *adaptación basada en ecosistemas* es una de las estrategias en las que el manejo de los mismos ecosistemas, la restauración ecológica y los usos de la biodiversidad; son modificados o diversificados para

conferir una mayor resiliencia a los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, los paisajes productivos, las poblaciones humanas rurales y urbanas, y los modos de vida, de frente a un cambio climático acelerado (Conanp, FMCN, TNC, 2011; Lhumeau y Cordero, 2012).

Aunque en varios países aún no se inicia el desarrollo de una política para atender los temas de resiliencia y vulnerabilidad de las comunidades y los ecosistemas (Swart, *et al.*, 2009 en Semarnat, 2011); Adger, *et al.*, (2007) considera que se requieren acciones colectivas de las instituciones, un sistema de gobierno robusto y diversidad de actividades productivas, que permitan promover una reorganización social.

Para México, a través de la publicación de la Ley General de Cambio Climático (DOF, 19 de abril de 2012), se especifica que en la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:

1. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y elementos naturales que los integran.
2. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras que brindan servicios ambientales; lo que es fundamental para reducir la vulnerabilidad.

Así como que la política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación; teniendo como objetivos:

1. Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático.
2. Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos.
3. Identificar la vulnerabilidad, capacidad de adaptación y transformación de los sistemas ecológicos, físicos y sociales; así como aprovechar oportunidades generadas por nuevas condiciones climáticas.

El reconocimiento de la sociedad dentro del análisis de resiliencia tiene el objeto de analizar las condiciones previas que se encuentran en un sistema antes de que se manifieste un evento extremo, ya que la resiliencia de un ecosistema del que dependen las comunidades influenciará, directamente, la capacidad de éstas para enfrentar desastres, resistirlos y recuperarse. Lo anterior considerando los tres criterios principales que se usan para determinar la vulnerabilidad de una unidad social: *exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa*; por lo que precisamente una adecuada relación con los sistemas naturales será considerada como una capacidad adaptativa de la sociedad (Conanp, FMCN, TNC, 2011).

El concepto de resiliencia

El análisis desde la perspectiva de resiliencia surge como un término relacionado con la ecología en la década de los años 60 e inicio de los años 70, a través de estudios poblacionales predador-presa y sus respuestas funcionales con relación a la teoría de estabilidad ecológica (Holling, 1961; Morris, 1963; Lewontin, 1969; Rosenzweig, 1971; May, 1972 en Folke, 2006) pero fue retomado por diversas disciplinas sociales y es definido por Holling (1973) como los procesos a través de los cuales los ecosistemas se auto organizan y persisten frente a perturbaciones y cambios (Folke, 2006; Avila-Foucat y Gachúz, 2014). Lavell (2010) la refiere como la capacidad de un ecosistema o complejo de elementos físico naturales vivos; absorber sin alteración fundamental en sus estructuras y funciones, las cargas y presiones ejercidas por elementos físicos externos de naturaleza catastrófica o no (impactos de huracanes sobre manglares o bosques, impacto de inundaciones sobre sistemas naturales o incendios sobre ecosistemas, entre otros). En ecología, se pueden identificar dos definiciones de resiliencia como las propiedades de un sistema cerca de un estado de equilibrio, o como las perturbaciones que pueden ser absorbidas por un sistema antes de que cambie de un estado a otro (Perrings, 1998 en Avila-Foucat y Gachúz, 2014).

A partir del concepto de resiliencia ecológica, la *resiliencia social* se ha definido como la capacidad –de los grupos o comunidades– de amortiguar tensiones externas y disturbios como resultado de cambios sociales, políticos o ambientales (Adger, *et al.*, 2007). Aunque se considera que se necesitan tres características generales en los sistemas sociales para dotar a las sociedades de resiliencia, estas son: *la capacidad de amortiguar la alteración, la capacidad de auto-organizarse y la capacidad de aprendizaje y adaptación* (Trosper, 2002 en Conanp, 2011).

Por otro lado, la resiliencia de un sistema social o ecológico está representada por su capacidad para absorber perturbaciones, al mismo tiempo que mantiene la estructura básica, la capacidad de auto-organizarse y la capacidad de adaptarse al estrés y cambio (IPCC, 2007); así como mantener esencialmente su propia función, estructura, identidad y retroalimentación (Walker, *et al.*, 2004 en Conanp, 2011). Se entiende también por resiliencia a la capacidad de resistencia de un sistema sin la pérdida de atributos internos ante impactos externos (Constantino, 2011).

De acuerdo con Avila-Foucat y Gachúz (2014), la capacidad que desarrollan los sociecosistemas para responder y absorber eventos externos es llamada resiliencia. Los servicios ambientales son importantes en la resiliencia de los sociecosistemas, porque dan a los pobladores la posibilidad de diversificar actividades para obtener su medio de vida.

En cuanto a la Ley General de Cambio Climático (DOF, 19 de abril de 2012), ésta define a la resiliencia como la capacidad de los sistemas naturales o sociales para recuperarse o soportar los efectos derivados del cambio climático. De acuerdo al Arctic Council en 2013 (en WGII AR5 Glossary, 2013) es la capacidad de un sistema socio-ecológico para hacer frente a un evento, perturbación o peligro; y responder reorganizándose de manera que mantienen su función esencial, la identidad y estructura; al mismo tiempo mantiene la capacidad para la adaptación, aprendizaje y transformación.

De lo descrito anteriormente, queda claro que la resiliencia de los sociecosistemas depende directamente de la capacidad que tienen los sistemas naturales de recuperarse y absorber las presiones externas a las que están sujetos, que para el caso que nos ocupa, los manglares, por su capacidad

natural de resiliencia. Ofrecen una ventaja sobre otro tipo de ecosistemas, siempre y cuando se encuentren en un buen estado de conservación que permita mantener la funcionalidad estructural de los servicios ambientales que proporcionan a las poblaciones asentadas en la zona costera.

Sobre indicadores de resiliencia

Para conocer el nivel de resiliencia que tienen los manglares y determinar un indicador de resiliencia en condiciones de variabilidad climática y cambio climático, se debe considerar que los ecosistemas de manglar están definidos como sistemas dinámicos que, de manera natural, se recuperan ante las variaciones del entorno. Donde la capacidad del sistema, para absorber y disipar las tensiones provocadas por un evento externo, se relaciona con la magnitud del disturbio y el tiempo de duración de las alteraciones provocadas, así como con el tipo de afectación a los elementos esenciales del sistema.

La *resiliencia* es medida por la magnitud de perturbaciones que pueden ser absorbidas por un sistema antes de que sea reorganizado con diferentes variables y procesos (Holling, 1973 en Avila-Foucat y Gachúz, 2014). Así, un ecosistema resiliente tiende a mantener su integridad funcional en presencia de alguna alteración (Avila-Foucat y Gachúz, 2014). En este sentido, la magnitud de las perturbaciones y el riesgo al que están sometidos los sistemas son aspectos a identificar, pues los eventos extremos que se materializan en desastres son el resultado de la combinación de una condición hidrometeorológica extrema (peligro), con una vulnerabilidad del ecosistema en aumento (Figura 1). La vulnerabilidad del ecosistema, en este caso, estará influenciada por las sociedades que se han desarrollado en las zonas costeras y hacen uso de sus recursos.

La *vulnerabilidad* es entonces una condición existente que se espera se manifieste durante el desastre: cuando no se ha invertido suficiente en prevención, y se ha aceptado un nivel de riesgo por encima de un umbral crítico (Centro Mario Molina, 2011). El *riesgo* es el resultado de la combinación de un peligro y de la compleja vulnerabilidad del te-

ritorio y de su sociedad (Zapata, *et al.*, 2000). Por lo tanto, el riesgo de una región está en función de la magnitud de un *peligro*, aspecto sobre el que no se tiene control alguno, y de la vulnerabilidad del ecosistema magnificado por el aspecto social y de uso de los recursos naturales; aspectos sobre los que sí se puede incidir mediante la aplicación de acciones preventivas, correctivas o de mitigación.



Figura 1. Diagrama de la estructura del riesgo bajo el cambio climático (Adaptado de CEPAL, 2000) (Tomado de Magaña, 2013).

Un socioecosistema vulnerable ha perdido la capacidad de recuperación, lo que implica la pérdida de la capacidad de adaptación. La adaptabilidad en un marco de resiliencia no sólo implica capacidad de responder dentro del ámbito social, sino también responder e influir en la dinámica de los ecosistemas y realizar cambios de manera informada (Berkes, *et al.*, 2003 en Folke, 2006).

Los peligros que pueden volver altamente vulnerable a un socioecosistema pueden dividirse en: a) climáticos (huracanes, marea de tormenta, incremento del nivel del mar, entre otras); b) socio-naturales (cambio de uso de suelo, contaminación, incendios, sobrepoblación, entre otras); y c) antrópicos (instalaciones tecnológicas) (Lavell, 2010). Por otro lado, la vulnerabilidad estaría acentuada por la limitación de la población al

aprendizaje y que exista una explotación indiscriminada de los recursos naturales de los que dependen las poblaciones.

En el glosario de la Quinta Evaluación (AR5) del IPCC, se define a la *adaptación basada en ecosistemas*, según lo que estableció la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2009), como los procesos ecológicos o funciones que tienen valor monetario, o no monetario, para el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a efectos adversos del cambio climático. La adaptación basada en los ecosistemas utiliza la gama de oportunidades para la gestión sostenible, así como para la conservación y restauración de los ecosistemas para proporcionar servicios que permitan a las personas adaptarse a los impactos del cambio climático. Su objetivo es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las comunidades frente a los efectos adversos del cambio climático (WGII AR5 Glossary, 2013).

La resiliencia es una medida de la capacidad de adaptación de un socioecosistema (Avila-Foucat y Gachúz, 2014) y las acciones relacionadas con la resiliencia, aunque tienen objetivos muy diversos, coinciden en que se persigue disminuir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad adaptativa de las sociedades que dependen directamente de los servicios ecosistémicos: reducir la pérdida de bienes materiales asociada con los fenómenos extremos y desastres climáticos, así como incrementar la seguridad de las poblaciones, proporcionando medidas de adaptación *ad hoc* a contextos y peligros específicos de una región. Siendo también sus propósitos la reducción de la pobreza y mejorar la calidad de vida de las poblaciones.

Como no es factible incidir de manera directa en la resiliencia, ya que se trata de un concepto de aproximación a la funcionalidad de los ecosistemas, el *monitoreo y evaluación* en el tiempo es fundamental para observar los cambios que están sucediendo. El monitoreo permite también identificar si existen posibilidades de que al realizar acciones para restablecer las condiciones iniciales o disminuir la vulnerabilidad de los socioecosistemas, se restablezcan las condiciones necesarias para que éstos puedan absorber ciertos eventos y persistan sin que los cam-

bios los afecten. Como ejemplo, Delgadillo, *et al.*, (2014) realizaron un ejercicio sobre la resiliencia del manglar en las costas mexicanas ante la presión por eventos extremos, en términos de la cobertura de manglar por área, considerando las tormentas tropicales e invernales como eventos extremos.

Existen esfuerzos relacionados con el estudio de riesgo en fenómenos asociados al cambio climático que están enfocados en la elaboración de indicadores de seguimiento de la resiliencia, a continuación se describen tres ejercicios que intentan construir dichos indicadores.

Capacidad de Recuperación de Desastres

Cutter, Barnes, Berry, Burton, Evans, Tate y Webb (2008) construyeron un modelo muy complejo que denominaron “Capacidad de Recuperación de Desastres” (DROP) el cual fue diseñado para hacer una comparación y evaluación de la capacidad de recuperación de desastres a nivel local o comunitario, en el que se propone un conjunto de variables con base en un análisis bibliográfico que realizaron. Entre los aspectos descritos se encuentran:

1. Dimensión ecológica: que se mide a través del incremento o pérdida de humedales, tasas de erosión, porcentaje de superficie impermeable, biodiversidad y número de estructuras de defensa costera.
2. Dimensión social: se mide a través de variables demográficas (edad, raza, clase, género, ocupación), redes sociales e integración social, valores de cohesión y organizaciones basadas en la fe.
3. Dimensión económica: a través del empleo, valor de la propiedad, generación de riqueza y finanzas municipales/ingresos.
4. Dimensión institucional: se evalúa a través de los programas de reducción de riesgos, planes de mitigación de riesgos, servicios de emergencia, normas de zonificación y construcción, planes de respuesta a emergencias, comunicaciones interoperables y continuidad de los planes de operaciones.

5. Dimensión de infraestructura: se mide a través de infraestructura crítica, red de transporte, valor de la vivienda residencial, establecimientos comerciales y de fabricación.
6. Dimensión de competencia de la comunidad: la evalúan a través de la comprensión local de riesgo, los servicios de orientación, la ausencia de psicopatologías (alcohol, drogas, abuso conyugal), salud y bienestar (bajas tasas de enfermedad mental, resultados relacionados con el estrés) y calidad de vida (mayor satisfacción).

Este ejercicio aporta información sobre un gran número de variables que podrían ser utilizadas en la evaluación de la resiliencia a nivel local, sin embargo, se considera un exceso de información que en un ejercicio real incluiría el análisis de la disponibilidad y veracidad de la información, así como realizar una priorización de variables, con la finalidad de obtener resultados fidedignos y que con un menor número de variables se obtuviera un indicador fácil de operar y de interpretar.

Estrategias para aumentar la resiliencia costera

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2016) participa en el proyecto sobre Estrategias para aumentar la resiliencia costera-KIT (RISC-KIT), coordinado por el Instituto Deltares (Países Bajos), que se centra en fenómenos hidrometeorológicos de baja frecuencia y de alto impacto. Hasta el 2017 se espera que 18 asociados (procedentes de 10 países y de 2 organizaciones internacionales, incluida la OMM) conjuguen métodos, herramientas y enfoques de gestión listos para su uso y destinados a reducir los riesgos y aumentar la resiliencia, mediante la elaboración del RISC-KIT, que será de código abierto y gratuito y consistirá en:

1. Un marco para la evaluación de riesgos costeros (CRAF) que permitirá evaluar rápidamente las zonas de riesgos costeros a escala regional debido a múltiples peligros hoy y en el futuro.

2. Sistemas de apoyo a las decisiones y de alerta temprana, cuantitativos y de alta resolución; que puedan utilizarse en esas zonas de riesgos.
3. Una guía de gestión en línea que proponga medidas innovadoras de reducción de riesgos de desastre, eficaces en función del costo y basadas en los ecosistemas.
4. Una base de datos de riesgos costeros que incluya datos físicos y socioeconómicos actuales e históricos.

Estas herramientas permitirán a los encargados de la ordenación de las zonas costeras, a las instancias decisorias y a las partes interesadas de Europa, detectar las zonas que presentan riesgos; producir oportunamente predicciones y alertas tempranas; evaluar los efectos de los cambios socioeconómicos, culturales y los relacionados con el clima en los riesgos costeros; y adoptar las medidas de prevención, mitigación y preparación más idóneas para sus costas (OMM, 2016). Una vez probada esta herramienta podría analizarse si sería factible su implementación en México.

Seguimiento de la Adaptación y Evaluación del Desarrollo (Tracking Adaptation and Measuring Development-TAMD)

Se identifican cuatro categorías de indicadores para el monitoreo y la evaluación de la adaptación (IIED, 2016):

1. Indicadores de la gestión del riesgo climático;
2. Indicadores de la resiliencia y temas relacionados con la misma;
3. Indicadores del bienestar humano;
4. Índices climáticos. Este enfoque combina indicadores relacionados con la capacidad de adaptación, indicadores de vulnerabilidad y la evaluación del desarrollo bajo el cambio climático. Observar cómo el riesgo climático es administrado por las autoridades y la vinculación de éstas con la vulnerabilidad de los resultados del desarrollo experimentado por comunidades pobres y qué garantías existen para evitar la mala adaptación.

Entre las variables que se analizan están: información relacionada con el clima, sobre el seguimiento y evaluación en el diseño de políticas y programas. Cuan eficientes son los sistemas nacionales que llevan a cabo las funciones de gestión de riesgos climáticos. Proporción de las iniciativas de desarrollo que son a prueba del clima. Identificación de poblaciones vulnerables. Reglamentación institucional para apoyar la adaptación. La eficacia de la gestión macroeconómica relacionada con la resistencia al clima. En cuanto a sugerencias para las medidas de los impactos en el desarrollo de la adaptación se incluyen: número de beneficiarios de la adaptación al cambio climático; cobertura de intervenciones de adaptación al cambio climático; número de personas que experimentan reducciones en vulnerabilidad (más vulnerables a categoría menos vulnerable); bienes y actividades económicas protegidos o que sean menos vulnerables como resultado de intervenciones de acciones de adaptación; y costo/beneficio de las opciones de adaptación identificadas/implementadas (IIED, 2016).

Una propuesta

Como puede verse, estos ejercicios están dirigidos hacia la evaluación de políticas y si bien son muy útiles para comparar los resultados entre países y evaluar el propio desempeño institucional, no son operativos cuando se requiere atender una región determinada. En principio porque en México las instituciones federales no tienen recursos humanos y económicos para atender a cada región y, a nivel local, no existen las estructuras institucionales necesarias para llevarlo a cabo. Lo anterior debido a que cada región presenta una problemática única y de una complejidad específica, lo que queda magnificado por la falta de información y de la propia capacidad de las comunidades que se desarrollan en ella. En la atención de aspectos locales, los esfuerzos deben enfocarse en el desarrollo de capacidades, tanto de las autoridades locales como de las comunidades, para que con la información que se les ofrezca a través de la implementación de procesos participativos, las comunidades estén en posibilidad de identificar y priorizar los diferentes problemas a los que se enfrentan en su

región y puedan efectuar acciones que resuelvan sus problemas y les permitan a través de la prevención, enfrentar los peligros, así como realizar las acciones necesarias para mantener la resiliencia de sus socioecosistemas.

En este sentido y considerando que en México se cuenta con poca información a nivel local para poder establecer un análisis comparativo, y con la finalidad de iniciar la generación de información, específicamente para el monitoreo y evaluación en zonas de manglares; se sugieren algunas variables que deberán considerarse en la creación de un indicador que permita conocer el nivel de resiliencia a nivel local, el cual podrá ser estructurado desde un enfoque que permita analizar la vulnerabilidad del sistema.

Este indicador deberá ser construido para el uso y seguimiento de autoridades locales y pobladores de las comunidades que dependen de los ecosistemas de manglar de las zonas costeras, en el que se considerará:

1. Identificar los aspectos que representan un peligro para el socioecosistema (señalar naturaleza: climática, biofísica, tecnológica o antrópica, así como reversibilidad).
2. Identificar la magnitud de los peligros (afectación: comunidad, localidad o región).
3. Determinar el tiempo de los efectos (corto, mediano o largo plazo).
4. Establecer qué tanto los peligros afectan los servicios ecosistémicos de los que dependen las comunidades.
5. Definir si los peligros afectan la capacidad de los manglares de comportarse como sistemas dinámicos que, de manera natural, se recuperan ante las variaciones del entorno.
6. Evaluar el potencial de aprendizaje de las poblaciones, según nivel de educación y percepción social de uso de servicios ambientales, disposición a participar, pertenencia y cohesión social.

Conclusiones

Existen diferencias conceptuales, y hasta algunos excesos, en el uso del término resiliencia según la disciplina o el tema a la que se encuentra

asociado, y aunque en general está bastante definido, es un concepto que describe una serie de interacciones dinámicas que se llevan a cabo en un sistema, que parten de un estado base, que es complejo determinar y sobre el que no existe un consenso.

La resiliencia de los socioecosistemas se encuentra todavía en investigación y diversas variables sociales se están incorporando en su análisis. Sin embargo, hay que trabajar sobre indicadores que permitan facilitar su análisis e interpretación a nivel local, ya que las poblaciones asociadas a las zonas costeras o que dependen de otros ecosistemas, deben ser las usuarias de esta información.

Algunos aspectos influyen directamente en la resiliencia como son la vulnerabilidad de los ecosistemas y las sociedades, así como el estado de los servicios ambientales que componen a los primeros, y es a través del monitoreo y evaluación en el tiempo, que se podrá tener un acercamiento a la resiliencia de un ecosistema, o socioecosistema, y estar en posibilidades de determinar su capacidad de respuesta, absorción y adaptación ante eventos extremos.

En México aún no existe acercamiento en la construcción de un índice de resiliencia, ya que es un concepto complejo sobre el cual no se cuenta con información suficiente para poder construir un método de medición. Por otro lado, ya que la resiliencia se encuentra asociada al uso y manejo adecuado de los recursos naturales que se realizan en el contexto local, los esfuerzos del país se están enfocando en políticas de país como: la mitigación y adaptación al cambio climático, la conservación y conectividad de las áreas naturales protegidas, entre otros. Aunque a nivel federal deberán establecerse los lineamientos para la creación de un indicador de resiliencia para manglares, por la diversidad que existe en nuestro país, este esfuerzo debería ser realizado mediante el desarrollo de capacidades de las autoridades locales y de las comunidades asentadas en las zonas costeras, tanto por que facilitaría la obtención y acceso a la información, como por el aprovechamiento del conocimiento tradicional de los pobladores. Además de que el seguimiento en la evolución de los indicadores de resiliencia en cada una de las regiones permitiría a las comunidades tener claridad respecto al funcionamiento de sus socioecosistemas para realizar

modificaciones o mejora a sus acciones, así como promover la conservación de los ecosistemas de manglar a través de la apropiación de sus recursos.

Referencias

- ADGER, N.; A. Pramod y A. Shardul (2007). "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policy Makers". Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change; Fourth Assessment Report, IPCC, Ginebra, Suiza.
- ALONGI, D. M. (2007). "Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change". *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol. 76, 1-13.
- AVILA-FOUCAT, V. S. y S. L. Gachúz (2014). "Resiliencia, diversificación y compensación por la conservación de los servicios ambientales" en Perevochtchikova, M. (Coord.) *Pago por Servicios Ambientales en México, un acercamiento para su estudio*. México: El Colegio de México.
- CARABIAS, J.; V. Arriaga y G. V. Cervantes (2007). "Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. No, 80, 85-100. Junio. Sociedad Botánica, A. C., México.
- CENTRO MARIO MOLINA (2011). *Hacia el programa de acción ante el cambio climático de Oaxaca: aportes técnicos y recomendaciones de acciones tempranas. Contribuciones al gobierno de Oaxaca*. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente A. C. México.
- CONABIO (2008). *Los manglares de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONANP (2010). *Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Semarnat. México.
- CONANP, FMCN, TNC (2011). *Guía para la elaboración de programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales Protegidas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo Mexicano

- para la Conservación de la Naturaleza y The Nature Conservancy. México.
- CONANP, PNUD (2011). *Lecciones Aprendidas del Proyecto Manejo Integrado de Ecosistemas (MIE)*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México.
- CONSTANTINO R. M., H. Dávila (2011). “Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México”. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. *Política y Cultura*, núm. 36: 15 a 44 pp.
- CUTTER, S.; L. Barnes, M. Berry, C. Burton, E. Evans, E. Tate y J. Webb (2008). “A Place-Based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters”. *Global Environmental Change* 18, 598–606
- DELGADILLO, C. M.; B. E. Mendoza, R. Silva-Casarín y D. Infante-Mata (2014). “Sobre la resiliencia del manglar en las costas mexicanas ante la presión por eventos extremos”. XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Santiago, Chile.
- FOLKE, C. (2006). “Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses”. *Global Environmental Change* 16, 253–267.
- IPCC (2007). *Estrategia de México ante el cambio climático*. México: Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.
- INE (2011). “Medidas de Adaptación del Cambio Climático en Humedales del Golfo de México” (Síntesis). Ed. Víctor Magaña, Leticia Gómez, Carolina Neri, Rosalba Landa, Cuauhtémoc León, Brenda Ávila.
- LHUMEAU, A. y D. Cordero (2012). “Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático”. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Ecuador.
- MAGAÑA, R. V. (2013). “Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante el cambio Climático”. INE-PNUD.
- MORENO-CASASOLA, P.; G. Salinas, A. C. Travieso-Bello, A. Juárez, L. Ruelas, L. Amador, H. Cruz y R. Monroy (2006). “El paisaje costero: investigación para el manejo y la conservación”. En K. Oyama y A. Castillo (Eds.). *Manejo, conservación y restauración de recur-*

- dos naturales en México: perspectivas desde la investigación científica*. UNAM-Dirección General de Publicaciones/Siglo XXI Editores.
- YAÑEZ-ARANCIBIA, A.; J. W. Day, R. Twilley y R. Day (2010). "Los manglares frente al cambio climático ¿tropicalización global del Golfo de México?". En Yañez-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).
- ZAPATA R.; R. Caballero y S. Mora (2000). "Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres". En *Seminario enfrentando desastres naturales: una cuestión del desarrollo*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe-Banco Interamericano de Desarrollo.

Consultas en línea

- INTERNATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (2016). "Tracking Adaptation and Measuring Development (TAMD)". Consulta realizada el 26 de febrero de 2016. Disponible en <<http://pubs.iied.org/pdfs/10031IIED.pdf>>.
- LAVELL, A. (s/f). "Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición". Consulta realizada el 15 de enero de 2016. Disponible en <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/riesgo-apuntes.pdf>>.
- LAVELL, A. (2010). "Gestión Ambiental y Gestión del Riesgo de Desastre en el Contexto del Cambio Climático: Una Aproximación al Desarrollo de un Concepto y Definición Integral para Dirigir la Intervención a través de un Plan Nacional de Desarrollo. Departamento Nacional de Planeación-DNP. Argentina". Consulta realizada el 15 de enero de 2016. Disponible en <http://www.desenredando.org/public/2013/2010-09-26_DNP_Lavell_DocumentoConceptual_GestionDelRiesgo.pdf>.
- OMM (2016). "Organización Meteorológica Mundial. Noticias". Consulta realizada el 26 de febrero de 2016. Disponible en <<https://>>

www.wmo.int/pages/mediacentre/news/Iniciativasparaaumentar-laresilienciacostrera.html>.

SEMARNAT (2011). “Estrategia Nacional para la Atención de los Ecosistemas de Manglar” Consulta realizada el 13 de julio de 2015. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/participacion/consultaspublicas/marescostasymanglares/Documents/estrategia_nacional_manglares_2011.pdf>.

Capítulo III: Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystems: an ecosystem-based adaptation approach

Carranza-Ortiz, G., Gómez-Mendoza, L., Caetano, E. y Infante-Mata, D. (2018). Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystem: an ecosystem-based adaptation approach. *Investigaciones Geográficas*, [S.I.], n. 95, mar. 2018. ISSN 2448-7279. Disponible en: <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59502/53090>. doi: <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59502>.

Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystems: an ecosystem-based adaptation approach

Vulnerabilidad de las comunidades humanas en los ecosistemas de manglares mexicanos: un enfoque de adaptación basado en el ecosistema

Gabriela Carranza Ortiz,* Leticia Gómez-Mendoza,** Ernesto Caetano*** and Dulce Infante Mata****

Received: 08/06/2017. Accepted: 01/02/2018. Published online (e-print version): 27/02/2018.

Abstract. Well-conserved mangroves decrease vulnerability to extremes such as sea level rise and hurricanes. In Mexico, some inhabitants depend on mangrove environmental services. In La Encrucijada Biosphere Reserve, wetland connectivity is decreasing because of fires and human activities. Degradation was aggravated for the effects of hurricanes Paulina (1997) and Mitch (1998). The Ecosystem-based Adaptation (EbA) approach was used to identify the local benefits provided by mangroves and increases their adaptive capacity to changing climate. To evaluate conservation status, the vegetation structure was monitored by transects. The land cover change was assessed by remote sensing techniques and demographic statistics was used to evaluate local social vulnerability to weather extremes. The application of semi-structural interviews to local inhabitants and civil protection authorities indicated that 19.9% of the total area was changed, mostly mangroves and grassland to agriculture use. Perception surveys showed that inhabitants recognize the protection that mangroves provide against floods, intense winds and storm surges. Although 61% of the 162 persons surveyed are engaged in some conservation activity (managing mangrove nurseries and planting it in restored

areas and avoiding the hunting of wildlife), communities have not been fully aware of the environmental services. This study is an example to local adaptation climate change initiatives and conservation strategies because they could help inhabitants to recognize their capacities for developing their own well-being. Recommendations are made on the environmental management and the economic conversion of the villagers to reduce the social vulnerability of the region.

Key words: ecosystem-based adaptation, mangroves ecosystems, environmental services, Biosphere Reserve La Encrucijada.

Resumen. Los manglares en buen estado de conservación reducen la vulnerabilidad a eventos extremos tales como el aumento del nivel del mar y huracanes. En México, algunas comunidades dependen de los servicios ambientales del manglar. En la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, la conectividad de los ecosistemas que conforman los humedales está disminuyendo a causa de los incendios y las actividades humanas. La degradación se agravó durante los

* Posgrado en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Sur 73 A No 121, Colonia El Prado, Iztapalapa, C.P. 09480, Ciudad de México, Mexico. Phone Number: +52 55 56741194. Email: gcarranza7@gmail.com

** Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México, México. Phone Number: +52 55 58124695. Email: gomez.leticia852@gmail.com (corresponding autor).

*** Instituto de Geografía, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 04510 Ciudad de México, D.F. Mexico. Email: caetano@unam.mx

**** El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, Carretera Antigua Aeropuerto Km. 2.5, Centro, C.P. 30700 Tapachula, Chiapas, México. Email: dulce.infante@gmail.com

efectos generados por los huracanes Paulina (1997) y Mitch (1998). El enfoque de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) fue utilizado para identificar los beneficios locales proporcionados por los manglares y el aumento de su capacidad de adaptación al cambio climático y considerando que si el manglar se encuentra en buen estado de conservación se mantendrán los servicios de los ecosistemas, incluyendo la protección contra huracanes y sus efectos. En este sentido, para la evaluación del estado de conservación y la estructura de la vegetación se monitorearon 7 transectos, donde se registraron: a) cambios en el tipo de vegetación (datos biológicos, fenológicos, altura de especies arbóreas y en los manglares la condición de las raíces aéreas), b) la representatividad de las especies locales para cada tipo de vegetación identificado (manglares, bosques tropicales de agua dulce, vegetación de dunas costeras, selva baja, arbustos espinosos y cultivos), c) la conectividad diferenciando la continuidad entre los diferentes tipos de vegetación costera o la ruptura de la continuidad por actividades antrópicas, d) el cambio en la cobertura de vegetación e) cambios en la integridad de la vegetación asociados a ecoturismo, asentamientos humanos, cultivos o, y f) la microtopografía de los transectos identificando la altura del escarpe de playa y la pendiente del transecto. Los transectos fueron colocados transversalmente a las islas de barrera, según los diferentes tipos de vegetación y usos de la tierra. Para evaluar la vulnerabilidad social local a climas extremos, se analizaron los cambios en la cobertura vegetal mediante técnicas de teledetección, estadísticas demográficas y se aplicaron entrevistas semi-estructuradas a los habitantes locales y las autoridades de Protección Civil. Los resultados indican que los ciclones tropicales en la región no son tan frecuentes (3 a 8 registrados en 67 años), por lo

que solo el 8% de los encuestados percibieron los ciclones como peligro. Sin embargo, si perciben como amenazas al aumento en el nivel del mar, inundaciones y olas de calor. La presencia de los escarpes de playa en la región, la amplia cobertura de vegetación y la conectividad de la vegetación, son factores que favorecen el servicio de protección. La población es consciente que si se degrada el manglar dicho servicio de protección disminuiría y las inundaciones afectarían sus hogares y sus bienes. El 19,9% de la superficie total de la reserva ha pasado de manglar a praderas a uso agropecuario. A pesar de que el 61% de las 162 personas encuestadas se dedican a alguna actividad de conservación (gestión de viveros y manglares en zonas restauradas y evitar la caza de animales silvestres), no tienen plena conciencia de los todos los servicios ambientales. Este estudio presenta una metodología de aproximación de la percepción social que puede incorporarse a estrategias de conservación, de adaptación al cambio climático y de empoderamiento de las comunidades sobre la gestión de su vulnerabilidad y mejorar su bienestar. Se presentan recomendaciones sobre la gestión ambiental y la reconversión económica de los pobladores para reducir la vulnerabilidad de la región, así como la realización de programas locales y campañas de comunicación y sensibilización sobre los beneficios de los servicios ambientales. Finalmente se evalúan los trabajos de conservación en la reserva a la luz de la adaptación y disminución del riesgo por inundaciones en las poblaciones locales.

Palabras clave: Adaptación basada en ecosistemas, manglares, servicios ambientales, Reserva de la Biosfera de La Encrucijada.

INTRODUCTION

The mangroves forest are ecosystem service providers such as regulation of droughts and land degradation and supporting services that include soil formation, nutrient recycling, and cultural, recreational, spiritual, religious and other non-material benefits (MEA, 2005; Moreno-Casasola and Infante-Mata, 2009; Vo et al., 2012). The effects of changing climate generate new uncertainties regarding environmental stability and they increase the vulnerability of critical habitats. In this context, mangroves help to reduce the vulnerability of coastal communities to sea level rise, storm surges and debris movement (Prato, 2008; Yañez-Arancibia et al., 2010 and Spalding et al., 2014).

To understand the importance of the environmental services supplied by mangroves, it is necessary to analyze the not explicitly link and the equilibrium between the ecosystem function

and integrity on the one hand, and on the other hand the goods and services they provide, social benefits and human well-being to local human settlements (Mori and Takemi, 2015; Costanza and Folke, 1997; EFECT, 2005; Vo et al., 2012; Schmidt, 2016).

In the Ecosystem based adaptation (EbA) approach, biodiversity and ecosystem services, are part of a strategy that could help people to adapt to the adverse effects of climate (CBD, 2009; Lhumeau and Cordero, 2012). Although the EbA lacks a specific methodological and conceptual framework, sees the people, their society and their culture as an integral part of ecosystems, linking the ecological systems and socio-cultural (Lhumeau and Cordero 2012). In Mexico, the EbA is increasingly integrated in institutional structures and has emerged as a multifunctional and efficient tool that promotes the reduction of the impacts of climate change on the lives and livelihoods (Munang et

al. 2013, Wamsler et al 2014, Ojea 2015, Brink et al. 2016) and the security of peoples who are in a situation of vulnerability to climate change, as well as other environmental stressors. The principles of the EbA, have been taken up in this research, applied on study of the social perception, using an analysis of a different geographic scale, over effects of extreme weather events and the identification of anthropogenic hazards. The principle of participatory planning from EbA was used on the analysis of adaptation strategies considering the interests of the stakeholders and in this sense, was supplemented by the implementation of surveys to recognize the perception of the people about the appropriation of the resources, the hydrometeorological hazards in the region and the environmental services of protection that they are provided by the mangrove (Schliep, 2008). La Encrucijada is a biosphere reserve located in Pacific coast near Guatemala frontier. The mangrove is well preserved and is considered as the tallest in North America, reaching heights of 20 to 40 m (Tovilla et al., 2009; Adame et al., 2015). But as in other mangroves on the country, there are logging problems, no regulated fishing and some pollution, nevertheless, reforestation programs have a great promotion, community perception of local capabilities to face climate extremes has not been studied. People's perceptions of ecosystem contribution to livelihoods, of risk and adaptive capacity should be at the core of initiative design and performance evaluation systems and this would provide insight on the social determinants of adaptation (Villanueva, 2011). The above because sometimes the concern of the people does not match the threats in the area, and therefore the actions of government to manage risk, are not successful (Schliep, 2008, Tam and McDaniels, 2013). Although the components of the perception of risk are multiple and are related to the objectives of the study concerned, it being understood as an interpretation built as a result of a social process that may differ from the actual objective and probability of occurrence of the phenomenon. It has been shown that the outrage, the acceptability of the risk, cultural aspects, exposure to a hazard, confidence and preference are variables that influence the perception of the risk of a popu-

lation against various threats. The perception of risk has been defined as a subjective assessment of the probability of being victims of a particular type of event and the magnitude of the consequences (Zebrowitz, 1983, Tam and McDaniels 2013, Salvador-Ginez et al. 2017). A few international agencies have promoted empowering strategies to diversify local economy (CONANP, 2015), but adaptive strategies do not contemplate a sense of belonging to socio-organizational structures or traditional perspectives. In Mexico, 60 of the 176 protected areas are wetlands that by their ecological characteristics are important in the conservation of global biological diversity (SEMARNAT, 2014), these areas are inhabited by autochthone rural people (Bezaury-Creel et al., 2009) which economic activities and use of resources are limited by local and national regulations to protect biodiversity and conservation status.

The present study discusses the role of La Encrucijada Biosphere Reserve as a socio-ecosystem capable of producing a wide range of goods and services for communities due to its biophysical condition. We focused on taking advantage from local perception of its inhabitants of being part of their capabilities to face the climate variability change and extreme climate events. The three objectives of this study are: 1) To get a diagnosis of socioeconomic conditions to evaluate its local vulnerability to climate extremes; 2) To applying questionnaires to local people to clarify the social perception of their environment and how they can identify the protection services from the mangroves and; 3) To evaluate coastal ecosystem functionality thought land use change evaluation, as a protection against hurricanes, sea level rise and storm surges.

This approach would contribute to eager communities living in protected areas, to be engaged and to be proactive in promoting the ecosystem conservation and, thereby, to adapt to the changing climate.

STUDY AREA

The Biosphere Reserve named La Encrucijada is in the State of Chiapas, Mexico, in the Pacific Coastal

Lowlands physiographic region it was declared a protected area by the Mexican federal government in 1995, and was established as a RAMSAR site in 1996 (Figure 1). This Biosphere Reserve covers 144,848 ha stretching over the six municipalities of Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Villa Comaltitlan, Huixtla and Mazatan. It includes two elongated coastal lagoon systems that correspond to two core areas, La Encrucijada and Palmarcito. It is characterized by an area covered by mangroves and patches of deciduous seasonal and lowland forests, as well as tropical freshwater forested wetlands, floating and underwater vegetation, coastal dune vegetation and water bodies. The marine area extends over 29,214 ha. Five coastal lagoons connected by a system of seven rivers and the two lagoons and estuarine systems of Chantuto-Panzacola and Carretas-Pereyra. The main economic activities are agriculture and fisheries (CONANP, 2008; Adame et al., 2015). The reserve is located in the coastal region known as Costa de Chiapas that according to Ortiz and de la Lanza (2006) "is characterized by extensive sandy beaches with a steep slope and thick and medium texture due to its exposure to the southern waves and it is a barrier coast parallel to the coast that receives the waters of the Suchiate River towards the sea with sediment transport".

The climate is warm and humid, with abundant summer rains. The maximum annual rainfall is 3000 mm distributed from May to November (Magaña and Caetano, 2005). The average annual temperature is 28°C, remaining constant throughout the year and generally above 22°C. To be a coastal region, is exposed to tropical cyclones although are rare, 3 to 8 is the frequency of direct incidence of tropical cyclones from 1 January 1940 until 31 December 2007 of any intensity (Cotler, 2010). However some extreme events have affected the region, for example: the rivers in the region have been subjected to intensive rectification following hurricanes Mitch (1998) and Stan (2005). The first protection levees were built along the Novillero, San Nicolas and Coatan rivers. The main environmental hazards are tropical storms, and lagoon and mangrove sedimentation and siltation enhanced by extreme hydrometeorological events.

The three afore-mentioned rivers, together with the Pijijiapan and the Vado Ancho, have a high level of pollution due to agrochemical products and, to a lesser extent, organic wastes from the communities (CONANP, 2003). The persistent, bioaccumulative and toxic pesticides like 2,4-D, atrazine and paraquat are present. Concentrations exceeding the ecological criteria for sediments have also been detected for DDT metabolites in the Coatan river outlet, as well as for chlordane and DDT metabolites (both obsolete) in the Huixtla river outlet in the Hueyate estuary (IMTA, 2007; Hernandez, 2014). Forest fires are another threat to the biodiversity of the region. These are lit in order to capture wildlife for local consumption and to extend the croplands and pastures (Mendez, 2005; Barrios, 2015). Agriculture has intensified the conversion of the original vegetation to planted crops or pasture paddocks. Agricultural land expansion is limited by the presence of mangroves, cattail marshes and nearby saline lands. This vegetation is frequently felled and the wood is sold for house building and for posts on which to dry tobacco leaves (CONANP, 2003; Tovilla et al., 2009).

DATA AND METHODS

From a hermeneutic approach (Carcamo, 2005, Angel, 2011) and with descriptive statistics, we identified and analyzed information from official statistical sources from the National Institute of Statistics, Geography and Informatics; INEGI and National Council for the Evaluation of Social Development Policy; CONEVAL and results of the application of a written questionnaire and interviews, about: the social, cultural and economic situation of the communities in the region, their relationship with the surrounding ecosystems and how the people use the mangrove resources, as well as their level of information regarding environmental protection services and their perceptions regarding subsistence and hydrometeorological events. On next activity the size, structural integrity and the level of conservation of the original composition of species, was used indirectly to analyze the functionality of the ecosystem. If the mangrove is

preserved ecosystem services will be maintained, including protection against tropical storms, sea level rise and storm surges (Vo, 2012; IPCC, 2014; Schmidt, 2016). Thirdly, once the causes of social vulnerability from the communities were identified, local actions must be proposed. This activities method entailed the following:

Connectivity: The structural connectivity among coastal plant communities was analyzed along seven transects of different length due to variation in the vegetation coverage; wetland vegetation profiles were obtained to identify the state of conservation and landscape structure, from analyzed the different types of coastal vegetation presence according to the arrangement and physical distribution (Grimaldi, 2015): a) changes in vegetation type (biological, phenological and growth form, in tree species height and in mangroves condition of the aerial roots), b) the local representativeness of the species for each type of vegetation (mangrove, tropical freshwater forested wetland, coastal dune vegetation, low tropical forest, spiny shrubs and crops), c) connectivity identifying the continuity between the different types of coastal vegetation or break continuity by anthropic use, d) change in vegetation coverage generated by anthropic uses or by natural events e) integrity of the vegetation determined by the contact with potentially adverse land use (Rodríguez-Zuñiga et al. 2013) as ecotourism, human settlements, lighthouse, crops or livestock and f) microtopography on the basis of the information of the escarpment beach (millimeters) and profiles of the slope. The transects were placed transversely to the barrier islands, according to the different types of land use. On each transect, micro-topography was determined with a hose level (Flores-Verdugo and Agraz-Hernandez, 2009), and changes in vegetation type (biological, phenological and growth form) were recorded. The height of the trees in the mangrove forest was recorded by hypsometer in sites near transects, on the barrier islands and on the mainland, with the technique of the nearest neighbor analysis, ten trees measured in every site on a perimeter of 40 m.

1) *Land cover change:* The change on mangroves that cover the reserve, was analyzed from

SPOT-5 satellite images from the year 1975 to 2008 Series I and Series V from INEGI, were masked to select portions with a high probability of presence of mangrove (data available from CONABIO). The images were processed with ArcGis, based on the Digital Terrain Model (DTM) from INEGI (1:250,000 scale, 15 m resolution) and through the classification by CONABIO to then add the areas corresponding to the vegetation of interest.

- 2) *Hazards:* Information on tropical storms was obtained from the National Meteorological Service and the System of Inventory of Effects of Disasters (DESINVENTAR, 2015). We compared these data with the results of the surveys and interviews that we conducted, to explore the perception of the people of communities and those responsible for the civil protection system of each of the municipalities regarding (a) hazards in the region, and (b) environmental protection services against intense winds, floods and high waves.
- 3) *Diagnosis:* Information from official statistical sources such as regulatory, climatic and socio-environmental allowed description of the communities within the reserve: population, housing conditions, economic activities, economically active population, social cohesion and poverty indicators (INEGI, 2010; CONEVAL, 2014). Information available for all the towns of the reserve was analyzed statistically and mapped with ArcGis.
- 4) *Social perception:* Perception of the environmental services (April 28th to May 3rd, 2014 and June 22th to July 3rd, 2015) (Zebrowitz, 1983, Schliep, 2008, Bayon, 2016, Marin-Muñiz et al. 2016) was investigated through 162 semi-structured written questionnaires in 9 communities in the core area (Figure 1). The study sample was non-probabilistic and consisted of 162 older people, 82 women (50.6%) and 80 men (49.4%), between 18 and 85 years of age, with an average of 43.11 years and a standard deviation of 15.65 years. All participants were asked for their consent, after information of the study and agreed to

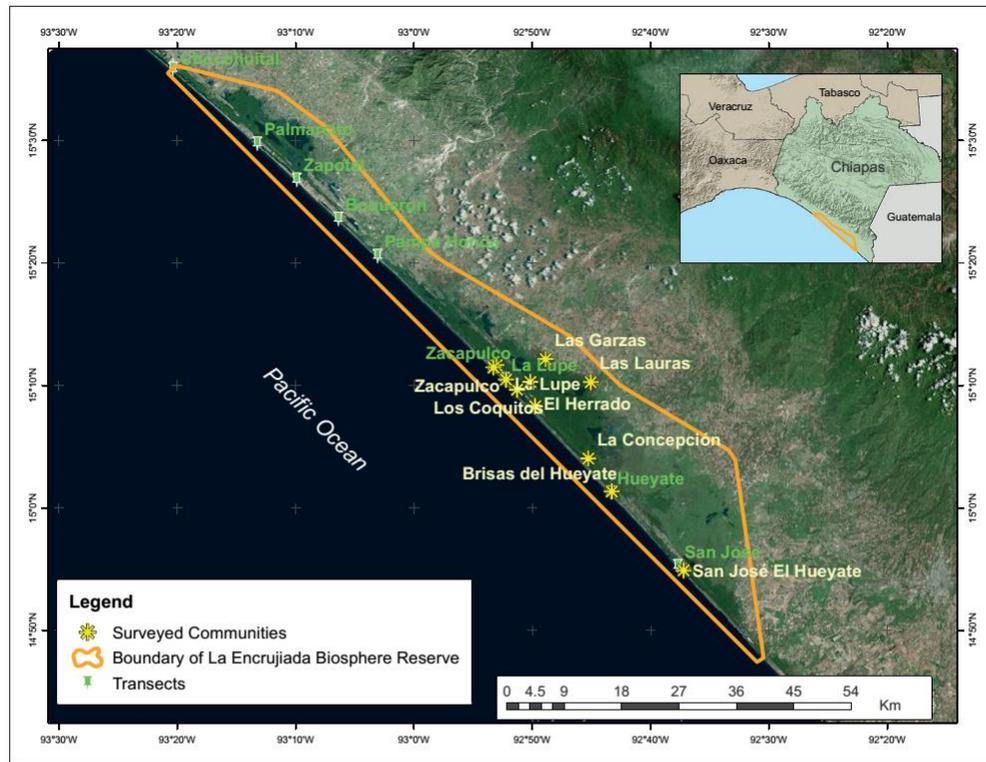


Figure 1. Communities surveyed about environmental services in La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico.

participate (Salvador-Ginez et al 2017). The sample size was obtained by two methods (Hernandez et al., 2010 and STATS®), for a confidence level of 90% with a maximum acceptable error of ± 10 ; this level was chosen because the respondents were selected by being older than 18 years, live permanently in the towns of La Encrucijada and depend economically of activities linked directly with the Biosphere Reserve.

- 5) *Local Civil Protection System*: Authorities' from Civil Protection System representing the six municipalities were interviewed through an open-ended questionnaire with guiding questions (June 22nd to July 3rd, 2015) about damage caused by hydrometeorological events, and about early-warning systems and

infrastructure that each municipality applies under extreme events, and how the warning mechanisms operate at the community level.

- 6) *Adaptive Capacity*: The ability to adapt to climate variability expressed as the degree of dependence on mangroves was evaluated through the comparison of statistical socio-economic diagnosis and survey results. The surveys and interviews were applied according to the perception of: a) use of mangroves, recognition of the authority and identification of civil organizations, b) sense of belonging to the place, c) existence of educational campaigns, and d) willingness to participate in mangrove conservation and restoration in enhanced resilience initiatives.

RESULTS

Connectivity

This Reserve is part of a biological corridor of coastal wetlands that have continuity with saws and marine environments while maintaining ecotones of great importance for the ecosystem services. This continuity coastal has a hydrologic level by the continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, and the continental shelf between the basins from the Sierra Madre Occidental and the Sierra Madre of Chiapas, extending this biological corridor to Guatemala (CONANP, 2008). The coastal plain is characterized by being a plain of little slope (CONANP, 2008). The conservation status of the vegetation, was evaluated in 7 transects considering the connectivity of the different ecosystems of the wetlands on the island of barrier of La Encrucijada. Two types of connectivity were observed: continuity and break continuity by anthropic use. In five

of the transects monitored we noted the continuity between the different types of vegetation and although the mangrove covers variable lengths, depending on the width of the island of barrier and the mangrove forest is noted in a good state of conservation. In the two transects with human settlements, appreciated the break in the continuity of the wetland vegetation. On the transect 4 the mangrove was not found and although in the transect 6 was observed in a band disturbed mangrove on 23 meters. This vegetation is being kept artificially, because it belongs to the ecotourism center called Barra de Zacapulco.

On the microtopography the height of the escarpments of beach in 6 of the transects are between 0.53 to 3.53 m (Figure2) which allows this elevation to provide protection against flooding by sea level rise and storm surges, it was noted that the highest level on the transects was found

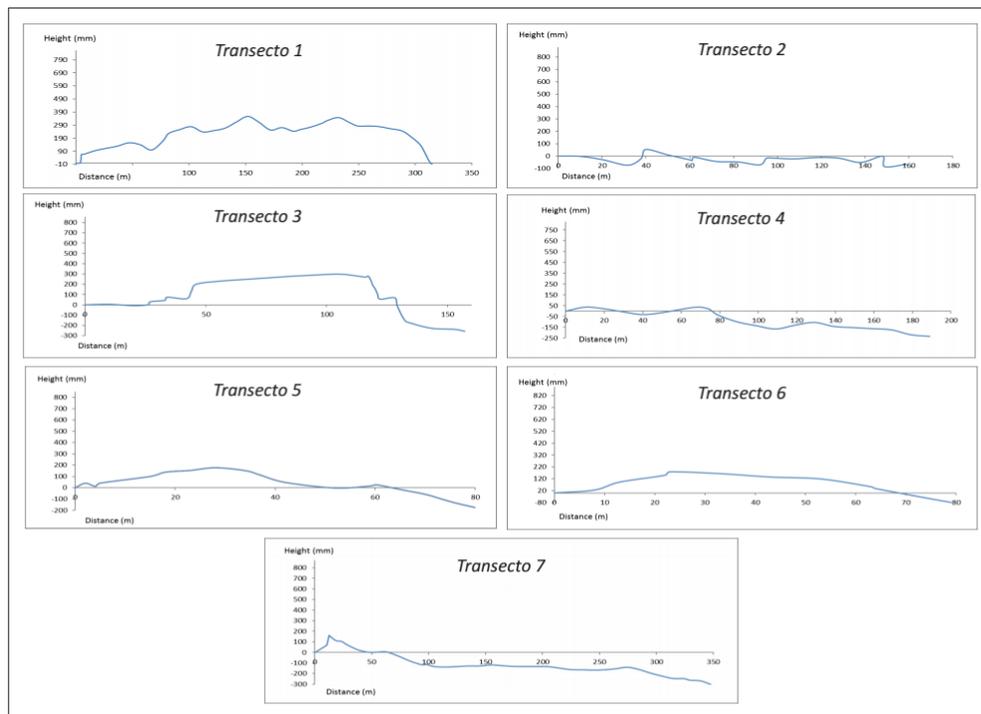


Figure 2. Registration of the microtopography by transects.

in the vegetation of the low tropical forest or with agriculture and was descending toward the area of mangrove or lagoon. The synthesis of the results of the characteristics analyzed to assess the structural connectivity among the transects are presented in Table 1. Data related with structural connectivity of coastal plant communities are combined with a summary of environmental services provided by these different types of vegetation in Figure 3. Survey respondents identified most of the environmental services provided and the uses they gave each of the mangroves ecosystems, and they showed an interest in keeping in a good condition the ecosystems on which they depend.

Land cover change

The vegetation observed was mangroves, tropical freshwater forested wetlands, coastal dune vegetation, tropical low forest, spiny shrubs, crops and

aquatic vegetation. The core and buffer zones are predominantly mangroves and tropical freshwater forested wetlands. The rate of vegetation conversion from 1975 to 2000 was 0.65% (620 ha/year), with a total transformation of 15,500 ha over those 25 years. Biosphere Reserve was established over the period of 1992-2000, and the rate of transformation decreased to 0.50% (441 ha/year); 2,200 ha were changed from mangroves to seasonal agriculture and 336 ha for pastures (CONANP, 2003). The cumulative changes in land use from 2000 to 2008 (Figure 4) affected 5,128 ha (641 ha/year). The main changes occurred in the tropical freshwater forested wetlands (957 ha), palm groves (398 ha), mangroves (318 ha) and dune vegetation (115 ha), mostly due to conversion to grassland for agriculture. Fires caused by humans burned the native vegetation and were frequently precursors of those changes (CONANP, 2003).

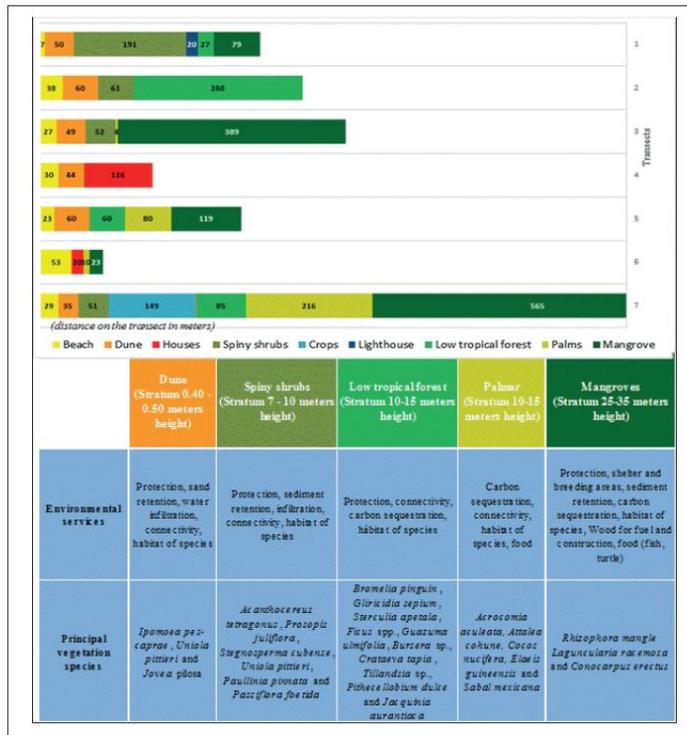


Figure 3. Environmental services among the coastal plant communities.

Table 1. Characteristics to structural connectivity over transects.

Aspects analyzed	Description	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Transect 4	Transect 5	Transect 6	Transect 7
Changes in vegetation conditions	Biological, phenological and growth form, interspecies height and in mangroves condition of the aerial roots	Dune vegetation (10 to 30 cm) spiny shrubs (7 m), low tropical forest in good condition (10 to 15 m), mangrove in good condition (16 to 21 m), seedlings, flooded 40 cm, aerial roots up to 1 m	Dune vegetation in good condition (10 to 30 cm), spiny shrubs (2 m) low tropical forest in good condition (10 m)	Dune vegetation (20 cm) spiny shrubs (7 to 8 m), mangrove in good condition (1.3 to 36 m), seedlings, flooded 40 cm, aerial roots up to 1.5 m	Dune vegetation disturbed	Dune vegetation in good condition (10 to 30 cm), low tropical forest in good condition (10 to 15 m), mangrove forests in good condition, seedlings, flooded 40 cm, aerial roots up to 1 m	Without dune vegetation, palmar presence isolated, mangrove disturbed, average height 20 m, dead trees, flood 30 cm, roots with height up to 40 cm	Dune vegetation (10 to 30 cm) spiny shrubs (7 to 10 m) and low tropical forest (10 to 15 m) in good condition, crops, wide extension of palmar 10 to 15 m height, mangrove forests in good condition 18 to 31 m, seedlings, flooded 40 cm, aerial roots up to 2 m
Representativeness of species according to type of coastal vegetation	Based on Grimaldi, 2015	Dune, spiny shrubs, low tropical forest, mangroves	Dune, spiny shrubs, low tropical forest	Dune, spiny shrubs, mangroves	Dune	Dune, low tropical forest, mangroves	Mangroves	Dune, spiny shrubs, low tropical forest, mangroves
Connectivity	Continuity and break continuity by anthropic use	Continuity between the different types of coastal vegetation	Continuity between the different types of coastal vegetation	Continuity between the different types of coastal vegetation	Break continuity by anthropic use	Continuity between the different types of coastal vegetation	Break continuity by anthropic use	Continuity between the different types of coastal vegetation
Change in vegetation coverage*	Anthropic changes or by natural events	Anthropic changes	-	-	Anthropic changes	-	Anthropic changes	-
Integrity of the vegetation*	Contact with potentially adverse land use (ecotourism, human settlements, infrastructure, crops, livestock)	Lighthouse	-	-	Human settlements	-	Ecotourism	Crops, Palmar
Microtopography	EscarPMENT beach in millimeters (mm)	356	53	246	37	176	179	162

* Modified from Rodríguez-Zuñiga et al. 2013

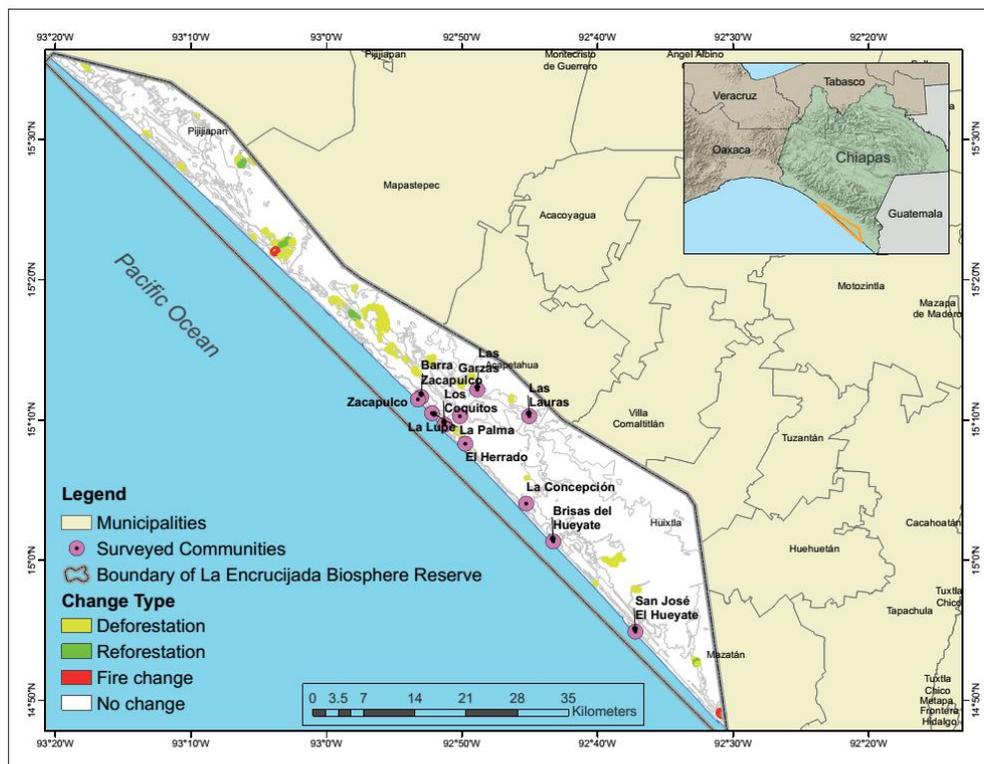


Figure 4. Cumulative changes in land use from 2000 to 2008 in La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico.

Hazards

The most hazardous events perceived by the communities are related with extreme hydrometeorological events and those associated with anthropogenic environment modification. Only 8% of the population surveyed perceived tropical storm as danger, the threats perceived were the increase in sea level, flash flooding and heat waves. Of those surveyed, 58% perceive a loss of mangroves and 66% an increased sedimentation in mangroves in response to extreme events. Almost all inhabitants recognize that mangroves protect against floods (89%), intense winds (99%) and storm surges (81%). Only 8% of communities However, the intense rainfall that comes with tropical storms usually triggers flash flooding, mud and rockslides along the reserve watersheds. The river rectification

program started in 1975 allows a large quantity of sediment to be transported downstream creating major problems such as siltation, a decrease in water quality and an increase in chemical pollutants. These problems were aggravated during hurricanes Paulina (1997) and Mitch (1998). During Hurricane Stan (2005), a cumulative rainfall of 1300 mm caused great damage in the reserve. The Civil Protection authorities have established that land below 5 m above sea level is at risk from flooding (Figure 5), and this could involve 116 of the 298 localities (39% of the population of the reserve; INEGI, 2010).

Diagnosis

The 16,250 inhabitants of the reserve are distributed among 298 communities. There are differ-

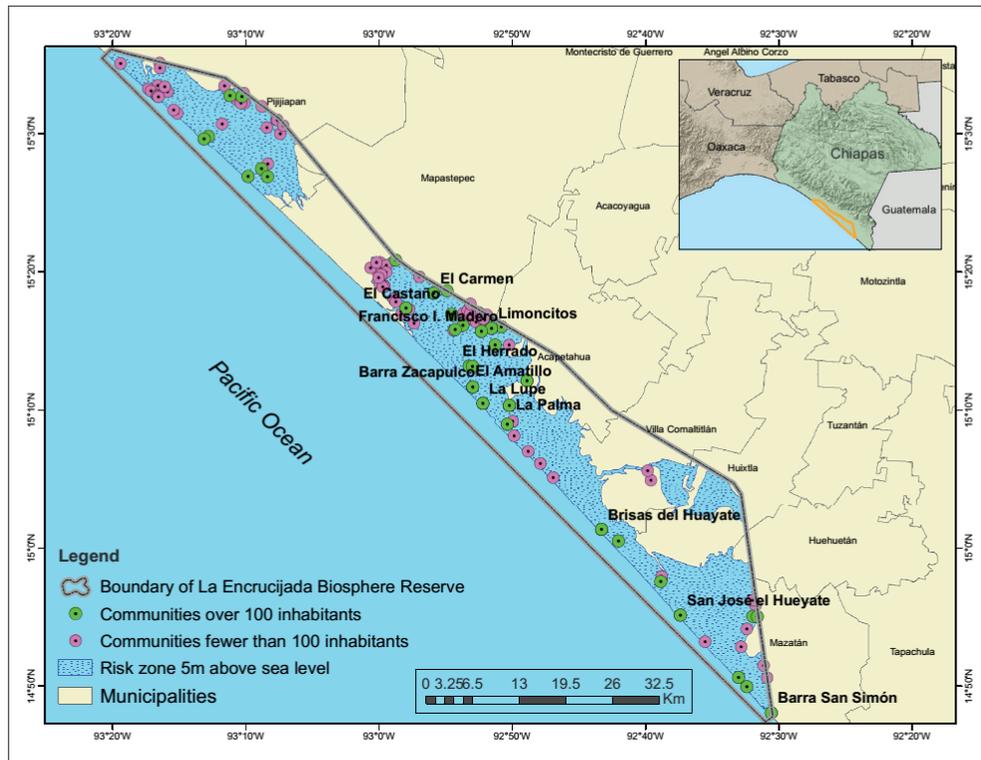


Figure 5. Human communities at risk of floods in La Encrucijada Biosphere Reserve.

ences in the access to services of localities analyzed. In the Villa Comatitlan municipality 37.3% live in poverty. Huixtla has the largest percentage experiencing social poorness (22.7%) and the lowest percentage with access to electricity (21.8%). Pijijiapan has 36.7% illiteracy and 82.3% have an income below subsistence level, whereas 53.5% of the population of the whole reserve have incomes below that level. Mazatan has the lowest percentage with access to health services (CONEVAL, 2014). The average duration of schooling of the population of the reserve aged 15 years or over is 5.03 years; 93.8% have television, 74.7% have radio, 28.3% have a cell phone, 14.9% have a landline telephone and only 1.7% have a computer with internet connectivity. Regarding the shortcomings of services, 76.3% of dwellings do not have water

inside the building, 37.5% have a compacted earth floor, 22.5% have no sewerage and 6.1% have no electricity (Figure 6). The economically active population is between 15 and 64 years (INEGI, 2010). Only 32.7% of the population is economically active: 29.1% male and 3.6% female. Women head 4.1% of the households.

Social perception

We carry out 162 surveys in nine communities located in the core area of La Encrucijada in order to determine the use of mangroves. According with survey the mangrove is most frequently used as a source of wood for fires (52%), or construction (44%), although there are other uses such as food or medicine (4%). Effects of remote high-energy swell events, such as those of May 1st and 12th, 2015,

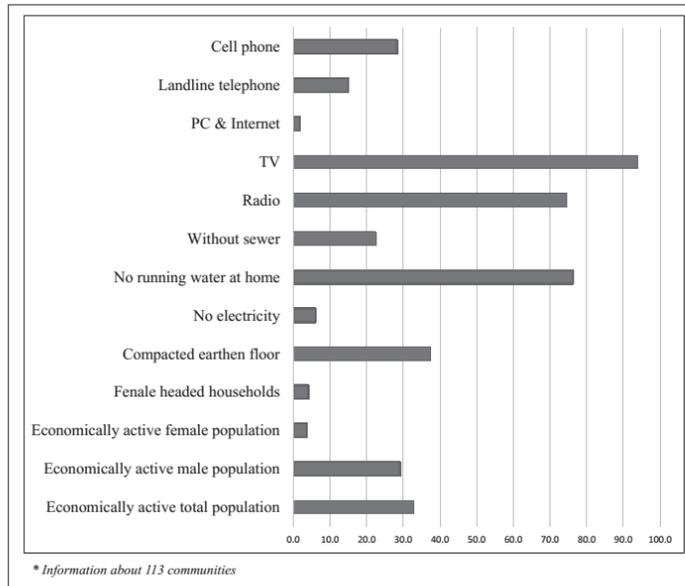


Figure 6. Economics and community services in 113 communities in La Encrucijada Biosphere Reserve (data from INEGI, 2010).

were observed by the inhabitants and for which a specific survey regarding this phenomenon was conducted. These events originate in extra-tropical systems on the eastern coast of Australia, propagate to the western coast of South America and reach the southern coast of Mexico (Innocentini et al., 2016). A questionnaire indicated that 87% know where to obtain permission to use mangrove products, 56% is aware of the support given to the community to use and conserve mangroves, and 51% identified tourism activities carried out in the community. They know that the services provided by the dune areas include retention against flooding and tides, protection from pollutants, and freshwater extraction, although they do not recognize fresh water as an environmental service.

Local Civil Protection System

Owing to a lack of equipment and personnel, Civil Protection authorities are not able to provide timely assistance to the population living on the coast. Since these authorities are located inland in municipalities, the evacuation from risk areas is very complex and, in most cases, it requires boats.

In addition, the people surveyed have no contact with the Civil Protection authorities or warning information on environmental threats. In addition, media coverage is insufficient and only a few presidents of fishing communities have shortwave radio.

Adaptive Capacity

Of the surveyed population, 38% are engaged in fishing, 11% in trade, 9% in ecotourism (hosteling services), 8% in crop production, 2% in livestock and 2% in reforestation or environmental promotion. Housewives make up 26% of the surveyed population and are involved in handicrafts, medicinal plant crops and other products obtained from mangroves, or have backyard chicken, duck or turtle hatcheries. 87% of the population is aware that a permit issued by the authorities is required for the use of resources. More than one-half of the respondents knew that government support is provided to the population for the use and conservation of the mangroves. Overall, 61% of the surveyed population is engaged in some conservation activity, and of those who are not, 4% are willing to do so. Only 36% know of organized

groups for mangrove conservation and 76% know that educational activities take place in their communities. Of those of productive age (18-59 years old) 85% have a sense of belonging and plan to continue to live in their community.

Local vulnerability

According to the municipality poverty indicators, only 32.7% of the population is economically active, and 3.6% of this percentage are women most in activities that are considered informal or temporary, support programs or temporary employment promotes some by different agencies (e.g. sustainable fisheries, cleaning of beaches, mangrove reforestation). All respondents to the survey reported some activity that generates economic benefits for their families. However, the fishing cooperatives obtain nearly all the financing and the rest of the population feels excluded; these programs should be restructured to provide for all community members. Almost 50% of the surveyed population is economically active compared with only 32.7% in Mexico as a whole. This discrepancy may be attributed to the short-term and informal economic activities within the reserve, related to mangroves (medicinal uses, handicrafts and cooking for tourists). Official statistics exclude the role of women apart from household activities, whereas women within the reserve also contribute in additional resources such as food and handicrafts sales, ecotourism, agriculture, fishing, animal breeding and conservation activities supported by the government.

Although these communities are not fully able to assess the environmental services, they understand the need to preserve the reserve, they identify themselves as part of the reserve and they are aware that their incomes depend on their relationship with the mangroves. Over 80% of the 162 respondents are conscious of the protection that mangroves provide against extreme hydrometeorological events, and are willing to participate in conservation actions and to diversify their economic activities. They realize that slow but continuous degradation of the ecosystem could reduce the goods and services provided and affect community interests.

The underlying cause of the change in land use is related to the establishment of feed pastures for livestock and of crops (watermelon, sesame, melon). These activities are inconsistent with guidelines of the Mexican Protected Areas Law. In addition, the inhabitants pointed out the effects of the intensive management of rivers. With the levee constructions along the rivers one would expect that the communities near the banks would be protected against floods. However, the changes in the river flow have produced undesirable effects, including increased sedimentation along the riverbeds near the coast (Mendez 2005), siltation of coastal lagoons, reduced fishing productivity, a loss of mangroves areas that help groundwater recharge, increased salinization of the water consumed by the communities, and the disappearance of flood buffer zones. All this has greatly increased the vulnerability of the reserve. Other concerns expressed by the population refer to the reforestation of the tarquinas (areas of material dredged from rivers and lagoons to remedy lagoon sedimentation). The perception of the community is that the tarquinas reduce the lagoon areas. A lack of exchange of information on sustainable fishing techniques among fishermen has limited the possibility of establishing responsible and sustainable fishing in the region. Of major concern to the inhabitants are discharges of pollutants into some lagoons (from banana and papaya crops and mining), and the culture of African palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), an exotic, invasive and highly competitive species. The vulnerability of the region is strongly influenced by the socioeconomic activities and the exposure to hazards identified in this survey. Income from fishing, the most important economic activity (over 50% of population reserve), is declining as a result of the environmental degradation of the lagoons. The population is positive about participating in activities associated with mangrove conservation in order to maintain and improve the environmental services system. The communities are also willing to continue using resources from mangroves and coastal areas for their livelihoods in sustainable ways. Only 36% of respondents identified organized groups, and this may indicate weak social cohesion concerning conservation issues promoted

by non-governmental organizations. The sense of belonging and participation of the population expressed by 85% of those of working age should be harnessed. The consumption of native freshwater turtles and iguanas was not referred to in the surveys, although this has traditional and cultural roots and is common in the region.

DISCUSSION

EbA has emerged as an efficient and multifunctional tool that promotes the reduction of the impacts of changing climate on livelihood (Munang et al., 2013; Wamsler et al., 2014; Ojea, 2015). In Mexico, some governmental or non-governmental organizations want to incorporate this approach in studies of vulnerability and adaptation (Brink et al., 2016) particularly in regions of environmental vulnerability. In 2010, Mexico had 56 RAMSAR sites with mangrove vegetation covering ~522,397 ha (Rodríguez-Zuñiga et al., 2013). The presence of the escarpment on the beach combined with the extensive coverage of vegetation in a good state of conservation, as well as the connectivity that exists between the different types of vegetation, have been sufficient to provide the service for the protection of floods, on the contrary in areas where there is no coverage of vegetation and the beach escarpment is low, people perceived that the floods is a menace to their homes and facilities. Since 39% of the inhabitants of the La Encrucijada Biosphere Reserve may be exposed to flooding, the Family and Community Plans for Civil Protection and a warning system against hydrometeorological hazards should be implemented. Data gathered through community-based mangrove monitoring should become a fundamental component of the warning system. This would help the communities to improve the conservation and to manage the environment, and would also benefit end-users of the data, particularly those engaged in ecosystem and biodiversity conservation and adaptation to climate change. The large potential female workforce should be engaged in implementation of adaptive strategies and enhancement of the local economy.

Mexican authorities have developed a first

approach through the “Program of adaptation to climate change in the protected natural areas of the Sierra and Coast of Chiapas complex” (CONANP et al., 2011). Although it is a good effort, the measures proposed are very general and do not have the necessary local structure to operate. The program lacks the vision and information that would enable promotion of specific actions to address the civil protection of the populations, as well as to build the capabilities required to harmonize conservation of mangroves and wetland ecosystems with sustainable economic development in order to reduce the vulnerability of the region. The region is subject to a range of hazards associated with hydrometeorological events, and lack of investment in prevention creates vulnerability as a precondition to disaster (Landa et al., 2008). Future work must build environmental, economic and social indicators, to determine the vulnerability of the reserve. Local vulnerability is heavily influenced by the activities of the population, the use of ecosystems, the economic situation, the lack of education, the closeness of communities to the sea and the exposure of the region to river flooding caused by storm surges and waves. Although several studies have provided evidence (Mendez, 2005; Tovilla et al., 2009; Carbajal-Evaristo, 2014; Machuca, 2014), the next steps are to plan relocation of the exposed communities in case of need, as well as to evaluate and monitor the protection services available in the reserve regarding the hazards that have already been identified by the communities. The present research group is studying through biophysical parameters, the effects of winds and tides on coastal ecosystems to evaluate the mangrove vegetation protection services over human settlements within the reserve. Evaluation measures, environmental monitoring and the establishment of actions for the economic activation of the area have been recommended to local authorities because of the present study. The following are recommendations to aspects that are of concern to the communities of the reserve and that were manifested at the time of the surveys: about the rate of siltation of the lagoons, should be studied in order to identify the effects in fishing potential of lagoons. Quality and control of sedimentation should be analyzed, even

with a cost-benefit analysis that should include any possible solutions. Programs directed towards economic recovery and risk management require communication campaigns and awareness of the benefits of the environmental services provided by the mangroves as well as awareness of any actions that may cause the deterioration of the systems. Land use and fire control and a restructuring of economic activities are issues that also need to be addressed. Mechanisms should be established for the people to venture into alternative economic activities including planting vegetable crops as well as breeding iguana, freshwater turtle and even crocodile where safe, to replace the declining fisheries. Several inhabitants supported this opinion and expressed their interest in establishing farms for breeding of freshwater turtles for human consumption. Establishment of these hatcheries could be an alternative source of protein now that the fisheries are declining; they would be consistent with mangrove conservation and the guidelines for the reserve, particularly considering the geographic location and its remoteness from supply centers and the decreasing fisheries that make it difficult to obtain protein products. The shortage of good-quality local food is a limiting factor for ecotourism here, so these hatcheries may represent another area of opportunity.

CONCLUSION

Vulnerability coastal reduction through the restoration of coastal habitats such as mangroves can be an effective measure against storms, saline intrusion and soil erosion. Since human communities live in coastal protected areas, the EbA, a bottom-up approach, can identify the problems the communities face and the local conditions required for sustainable change. Surveys of local perceptions determine the needs of the communities and detect aspects they perceive as major concerns, given that the cultural values and the *status quo* can be barriers in adaptation planning. Communities in natural protected areas are restricted in terms of economic activities, and their major concern may be access to adequate food, rather than long-term

aspects such safety from hydrometeorological events. To assist community engagement in the conservation of mangroves, the government must implement participatory tools based on consultation of local inhabitants. Individual perceptions of possible hazards and how these may relate to the local environment could assist the development of capabilities in human communities, generating a strategy that enables people to progress from perception to the realization of structured actions. The La Encrucijada Biosphere Reserve has a conserved coastal wetland with the tallest mangroves in North America. Reforestation and conservation dominate the activities in the region but marginalization indices are dominant in the population. Although the local communities are conscious of the ecosystem services obtained from this vegetation, they take no action against undesirable sedimentation or illegal logging, and their fishing practices are not sustainable. The EbA approach can evaluate local vulnerability to climate extremes, climate change and surges, and focuses on developing capabilities for a warning system. Previous studies in Mexico have not combined a consideration of, on the one hand, mangroves as a natural system capable of producing a wide range of goods and services for coastal environments and communities with, on the other hand, evaluation of eco-socioeconomic aspects relevant to the well-being of the population and to long-term adaptation measures. Development of local capabilities and appropriate financial mechanisms for coastal ecosystems are still controlled by the Mexican central government; national strategies must enable local populations to adapt and meet the challenges of climate change. Sustainable conservation of mangroves based on EbA should be applied to all Mexican coasts, protected coastal areas and RAMSAR sites where there are settled populations, with the aims being to maintain the environmental services, to preserve the mangroves and to protect those coastal zones.

ACKNOWLEDGMENTS

CONACYT for the scholarship provided for the Geography Postgraduate Program (2012-2016). To

DGAPA-PAPIIT since some results of this work were obtained through the support of: the Project IT100715: "Vulnerability of coastal wetlands to a changing climate: assessment using hydrodynamic modeling" the Project PAPIIME DGAPA PE303514: "Climate, Nature and Society and the Project "Plant biodiversity and its distribution in the dunes and beaches of the protected natural areas Gancho-Murillo, Cabildo Amatal and the BR La Encrucijada, Chiapas" of Conservation International Mexico, A.C. To Geog. Mauricio Amaya for his support in the preparation of cartographic materials. To Dr. Zulia Sanchez, M.C. Matilde Rincon, M.C. Sofia Grimaldi, Biol. Ruben García, and Tec. Gerardo de la Cruz for their help in the field work and booking information for their own projects. To the National Commission of Protected Areas (CONANP) for the coverage of land use. To the Civil Protection Authorities to the municipalities. To the anonymous reviewers to enrich this work with your comments. And with a lot of respect and admiration to the settlers of the Reserve of the Biosphere Reserve "La Encrucijada" that patient and cheerfully answered surveys.

REFERENCES

- Adame, M.F., Santini, N.S., Tovilla, C., Vázquez-Lule, A. and Castro, L. (2015). Carbon stocks and soil sequestration rates of riverine mangroves and freshwater wetlands. *Biogeosciences Discuss.* 12, 1015–1045. Retrieved from www.biogeosciencesdiscuss.net/12/1015/2015/. doi:10.5194/bgd-12-1015-2015.
- Angel, P. (2011). Hermeneutics and research methods of Social Science. Universidad de Antioquia. *Estudios Filosóficos*, 44, 9-37. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/ef/n44/n44a02.pdf>.
- Alongi, D.M. (2008). Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76, 1 - 13.
- Barrios, C.R.J. (2015). *Combustibles forestales y su relación con la incidencia de incendios en humedales de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas*. Tesis de Maestría. Colegio de la Frontera Sur. pp 168.
- Bayón, P. (2016). La Percepción de Riesgo por Peligros Hidrometeorológicos Extremos en Cuba: Mirada desde el Entorno Geográfico. *Trayectorias*, 18, (43), 53-72.
- Bezaury-Creel, J.D. and Gutiérrez Carbonell, D. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 385-431). CONABIO, México.
- Brink, E., Aalders, T., Adam, D., Feller, R., Henselek, Y., Hoffmann, A., Ibe, K., Matthey-Doret, A., Meyer, M., Negrut, N.L., Rau, A.L., Riewerts, B., von Schuckmann, L., Törnros, S., von Wehrden, H., Abson, D.J. and Wamsler, C. (2016). Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban area. *Global Environmental Change, Volume 36: 111-123*.
- Carbajal-Evaristo, S.S. (2014). *Evaluación del impacto del azolvamiento en La Laguna Cerritos a partir de la canalización del Río Cintalapa*. El Colegio de la Frontera Sur. Tesis de Posgrado.
- Cárcamo, H. (2005). Hermenéutica y Análisis Cualitativo. *Cinta de Moebio*, 23: 204-216. Retrieved from <http://www.moebio.uchile.cl/23/carcamo.htm>
- CBD. (2009). Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. Convention on Biological Diversity. Montreal, Technical Series No. 41.
- Cotler H. (Coord.) 2010. *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización*. Mexico: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P.
- CONANP. (2003). Estimación de la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera "La Encrucijada", Periodo 1975-2000. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C.
- CONANP. (2008). Atlas de Riesgo de la Reserva de la Biosfera "La Encrucijada". Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A. C.
- CONANP, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. and The Nature Conservancy. (2011). Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo de Sierra y Costa de Chiapas. México.
- CONANP. (2015). Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas. Una Convocatoria para la Resiliencia en México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Semarnat. México.
- CONEVAL. (2014). Medición de la pobreza en México 2010, a escala municipal. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Retrieved from <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Informacion-por-Municipio.aspx>.

- Costanza, R. and Folke, C. (1997). *Valuing Ecosystem Services with Efficiency, Fairness and Sustainability as Goals*. Island Press, Washington, DC: 49-70.
- DESINVENTAR. (2015). Sistema de inventario de efectos de desastres. Retrieved from <http://www.desinventar.org/es/database>.
- EFFECT. (2005). The Economic, Social and Ecological Value of Ecosystem Services: a Literature Review. Economics for the Environment Consultancy, Department for the Environment, Food and Rural Affairs, United Kingdom.
- Flores-Verdugo, F.J. and Agraz-Hernandez, C.M. (2009). Determinación de la microtopografía utilizando mangueras de nivel. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner (Eds.), *Breviario para describir, observar y manejar humedales*. Serie Costa Sustentable No 1. RAMSAR, Instituto de Ecología.
- Grimaldi, C.S.J. (2015). *Conectividad estructural entre las comunidades vegetales de las islas de barrera de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas*. El Colegio de la Frontera Sur. Tesis de Posgrado.
- Hernandez, R., Fernandez, C. and Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a Ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hernandez, H.J.L. (2014). *Caracterización de uso de suelo y evaluación de la calidad riparia del río Cacaluta, Acacoyagua, Chiapas, México*. El Colegio de la Frontera Sur. Tesis de Posgrado.
- IMTA. (2007). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Asesoría y servicios tecnológicos. Retrieved from <https://www.imta.gob.mx/historico/images/docs/inf-2007/asesoria-servicios-tecnologicos.pdf>. 7 September 2015.
- INE. (2011). Medidas de Adaptación del Cambio Climático en Humedales del Golfo de México (síntesis). V. Magaña, L. Gomez, C. Neri, R. Landa, C. Leon y B. Avila (Eds.). México INE.
- INEGI. (2010). Censo General de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Retrieved from <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>, Dec., 5, 2014.
- Innocentini, V., Caetano, E., Carvalho, J.T., Marton, L., da Silva, P. E. D. (2016). The impact of the El Niño in the wave power at Mexican and Peruvian coastlines during the period 1979-2009. WISE Meeting 2016 CNR-ISMAR Venezia.
- IPCC. (2014). *WGII AR5 Glossary*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Landa, R., Magaña, V. and Neri, C. (2008) *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. México: CCA-UNAM, SEMARNAT.
- Lhumeau, A. and Cordero, D. (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. Quito, Ecuador: UICN.
- Machuca, J.M.A. (2014). *Diagnóstico del estado actual del uso y manejo de la zona costera en el Estado de Chiapas*. Tesis de Grado. El Colegio de la Frontera Sur.
- Magaña, V. and Caetano, E. (2005). Temporal Evolution of Summer Convective Activity over the Americas Warm Pools. *Geophysical Research Letters*: 32, L02803, doi:10.1029/2004GL021033.
- Marin-Muñiz, J., Hernandez, M., Silva, E. and Moreno-Casasola, P. (2016). Perceptions about environmental services and loss of forested wetlands in Monte Gordo community, Veracruz. *Madera y Bosques*, 22(1), 53-69.
- MEA. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*. Millenium Ecosystem Assessment. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mendez, A.B. (2005). *Áreas Naturales Protegidas en el Estado de Chiapas, situación actual y problemática*. Monografía. México: Universidad Agraria "Antonio Narro" Coahuila.
- Moreno-Casasola, P. and Infante-Mata, D. (2009). Manglares y selvas inundables. Xalapa Ver., Mexico: Instituto de Ecología A.C., CONAFOR y OIMT.
- Mori, N. and Takemi, T. (2015) Impact assessment of coastal hazards due to future changes of tropical cyclones in the North Pacific Ocean. *Weather and Climate Extremes*, 11, 53-69.
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Liu, J. and Rivington, M. (2013). Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 67-71.
- Ojea, E. (2015). Challenges for mainstreaming Ecosystem-based Adaptation into the international climate agenda. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 41-48.
- Ortiz, M.A., De la Lanza, G. (2006). *Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional*. Serie Textos Universitarios 3. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Prato, T. (2008). Conceptual framework for assessment and management of ecosystem impacts of climate change. *Ecological Complexity*, 5: 329-338.
- Rodriguez-Zuñiga, M.T., Troche-Souza, C., Vazquez-Lule, A.D., Marquez-Mendoza, J.D., Vazquez-Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velazquez-Salazar, S., Cruz-Lopez M.I., Ressler, R., Uribe-Martinez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velazquez, J., Diaz-Gallegos, J., Jimenez-Rosenberg, R., Fueyo-Mac Donald, L. and Galindo-Leal, C. (2013). *Manglares de Mexico: Extension, distribucion y monitoreo*. Mexico: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Mexico.

G. Carranza O., L. Gómez-Mendoza y E. Caetano Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystems...

- Salvador-Ginez, O., Ortega-Andeane, P., Rivera-Aragón, S. and García-Mira, R. (2017). Validation and reliability of the Scale of Landslide Risk Perception in Mexico City. *Psychological Research Records, Acta de Investigación Psicológica*, 7, 2618–2626. doi.org/10.1016/j.aiprr.2016.11.006.
- SEMARNAT. (2014). *Política Nacional de Humedales*. Mexico: SEMARNAT.
- Schmidt, K., Sachse, R. and Walz, A. (2016). Current role of social benefits in ecosystem service assessments. *Landscape and Urban Planning*, 149: 49-64.
- Schliep, R., Bertzky, M., Hirschnitz, M. and Stoll-Kleemann, S. (2008). *Changing Climate in Protected Areas? Risk Perception of Climate Change by Biosphere Reserve Managers*. GAIA, Ökologische Perspektiven Für Wissenschaft Und Gesellschaft Ecological Perspectives For Science And Society. GAIA 17/S1, 116–124.
- Spalding, M.D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L.Z., Shepard, C. and Beck, M.W. (2014). The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean & Coastal Management*, 90, 50-57.
- Tam, J. and McDaniels, T. (2013). Understanding individual risk perceptions and preferences for climate change adaptations in biological conservation. *Environmental Science & Policy*, 27, 114-123.
- Tovilla-Hernandez, C., Aguilar-Lopez, E., Gordillo-Solis, O.G., Rojas-Garcia, C.J. and Vázquez-Lule, A.D. (2009). Caracterización del sitio de manglar La Encrucijada. En CONABIO, *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. Mexico: CONABIO.
- Villanueva, P. (2011). Learning to ADAPT: monitoring and evaluating approaches in climate change adaptation and disaster risk reduction – challenges, gaps and ways forward. Strengthening Climate Resilience (SCR). Retrieved from <http://community.eldis.org/59d5ba58/SCR-Discussion-paper9.pdf>, August, 25, 2015.
- Vo, Q.T., Kuenzer, C., Vo, Q.M., Moder, F. and Oppelt, N. (2012). Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological Indicators* 23, 431-446.
- Wamsler, C., Luederitz, C. and Brink, E. (2014). Local levers for change: Mainstreaming ecosystem-based adaptation into municipal planning to foster sustainability transitions. *Global Environmental Change, Volume 29*, 189-201.
- Yáñez-Arancibia, A., Day, J.W., Twilley, R. and Day, R. (2010). Los manglares frente al cambio climático ¿tropicalización global del Golfo de México? En A Yáñez-Arancibia (Ed.), *Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera* (pp. 93-126). México: Instituto de Ecología A.C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.
- Zebrowitz, L. and Baron, R. (1983). Toward an Ecological Theory of Social Perception. *Psychological Review*, 90(3), 215-238.

Capítulo IV. Protective services of mangroves, and vulnerability to extreme hydrometeorological events in La Encrucijada Biosphere Reserve

Carranza-Ortiz, G., Gómez-Mendoza, L. Caetano, E. 2018. Protective services of mangroves, and vulnerability to extreme hydrometeorological events in La Encrucijada Biosphere Reserve, Mexico. Artículo en revisión para envío a revista

Protective services of mangroves, and vulnerability to extreme hydrometeorological events in La Encrucijada Biosphere Reserve, Mexico.

Carranza-Ortiz, G., Gómez-Mendoza, L. Caetano

ABSTRACT

La Encrucijada Biosphere Reserve on the southern Mexican Pacific coast is a well conserved mangrove ecosystem. Although local inhabitants are aware of the protection that the mangroves provide against floods, storm surges, high winds and tropical cyclones, there is no evaluation about these service. To quantify the vulnerability to extreme hydrometeorological events, a Coastal Vulnerability Index (CVI) and a Population Vulnerability Index (PVI) were applied considering the strong wind attenuation, flooding, transects of vegetation and microtopography, as well as socio-economic indicators. The wind attenuation factor was evaluated by a radiosonde in a short survey in site. The CVI was high for the La Lupe and Chochuital communities and moderate for the other seven analysed. The PVI is moderate for all nine communities. The results suggest that vulnerability is associated with the socioeconomic level, the proximity to the coast and the gradual loss of the mangrove ecosystem. The implementation of warning system and mechanisms of remediation against the upstream rectification of rivers of the reserve basins must be considered, in order to diminish the risk of flash flood and silt accretion of the lagoons. The results of this study can contribute to promote the conservation of this type of ecosystems, as a strategy for adaptation to climatic variability and change. In this way, the conservation programme will respond not only to fulfilment of institutional commitments and planning but also the actual conditions and necessities of communities in the face of a possible increase in extreme events.

Key words: vulnerability, mangroves, services of protection against extreme events, La Encrucijada Biosphere Reserve, sea level rise, swell.

IV.1 Introduction

Studies have shown that a projected increase in sea level will place mangroves under additional stress that could induce a massive mortality of plants and a decline in natural nursery areas of fish and macroinvertebrates and aquaculture (Anthoff et al. 2006; Botello et al. 2010; Yáñez-Arancibia 2010). The changing climate, added to the deterioration that human activities have provoked in the coasts, is inducing changes in the environmental stability and a rise in the vulnerability of critical habitats (McIvor 2015).

Mangroves are among the most productive tropical ecosystems (Alongi 2002; FAO 2007). Yáñez-Arancibia et al. (1998) consider that mangroves provide natural solutions in adapting to global change due to their crucial structural and functional roles in the stability of the coastline, the persistence of habitats, biodiversity, ecosystem metabolism, and carbon capture. These attributes of mangroves also are considered to be ecosystem services, defined as those benefits that man receives from the natural functioning of healthy ecosystems (Jeffers et al. 2015). They supply to the human inhabitants with fish, primary materials for craftwork, firewood, aesthetic value (EFECT 2005; Moreno-Casasola and Infante, 2009). Mangroves also have a fundamental role in the regulation of floods, attenuation of wave surges and saline intrusion, reduction of vertical accretion and erosion, and mitigation of tidal effects during storms (Gedan et al. 2011; Seingier et al. 2011; SEMARNAT, 2013; Das and Crepin 2013; Sandilyan and Kathiresan 2015; Barbier 2016).

Despite of studies on the attenuation of storm surges the role of mangroves against the damage caused by the strong winds during storms is not well known (Das and Crepin 2013; McIvor et al. 2015; Sandilyan 2015). Several studies have evaluated the coast vulnerability by integrating biophysical variables including the vegetation as a natural barrier against extreme events (Pendleton et al. 2004; Palmer et al. 2011). Unlike other methods that are not very flexible for use at local scale, the method of Palmer et al. (2011) uses compound indices for rapid evaluation

of the degree of coastal vulnerability and of the population of the region of interest with few parameters and available data.

A previous study in the Encrucijada Biosphere Reserve about of the social perception of risk showed the inhabitants are aware of the protection afforded by the mangrove vegetation but they are not fully conscious that the mangrove conservation prevents the extreme hydrometeorological events (Carranza et al. 2018). Therefore, it is appropriate to verify whether the biophysical elements might increase vulnerability despite the efforts of mangroves conservation. The present paper has the aim of apply the index of vulnerability proposed by Palmer et al. (2011) in order to determine the vulnerability and whether the mangroves provide a service of protection to the coastal communities of the La Encrucijada Biosphere Reserve.

IV.2 Study area

The La Encrucijada Biosphere Reserve, decreed in 1995, is on the Pacific coast of the state of Chiapas, Mexico, in the coastal lowlands of the Pacific Physiographic Region (figure IV.1). It was designated a Ramsar site in 1996. Its 144,848 ha encompasses six municipalities: Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Villa Comaltitlán, Huixtla and Mazatán. There are two core zones: La Encrucijada and El Palmarcito. The predominant vegetation is mangrove species and small stands of seasonally deciduous woodland and lowland woods, as well as tropical freshwater forest wetlands, and floating and submerged vegetation of coastal dunes. There are five coastal lagoons connected by a system of seven rivers and two estuarine systems, Chantuto-Panzacola and Carretas-Pereyra, and these are important areas for the fish and prawn's production. On the continental regions, there is also agriculture (CONANP 2008; Adame et al. 2015). The climate is warm and humid, with abundant rains in summer. The maximum annual precipitation is 3000 mm, which falls between May and November (Magaña and Caetano 2005). The mean annual temperature is 28°C, remaining constant throughout the year and generally > 22°C. The rivers of the region have undergone intensive rectification after the passage of Hurricanes Mitch (1998) and Stan (2005). The principle hazards

of the region are due to by extreme hydrometeorological events that have caused the sedimentation of the lagoons, modifying the continuity of the fishing and subsistence activities in the reserve.

IV.3 Data and methods

IV.3.1 Identification of the threats

Events of tropical storms and cyclones, swells and intense winds that affected obtained the region of study were obtained from the DESINVENTAR (2015) database. The delimitation of the basins and sub-basins included in the polygonal of the reserve (Cotler 2010), together with a map of the risk of incidence of tropical cyclones (CENAPRED 2001) were used to identify the incidence of cyclones in the region. With this information, a timeline of events was developed. Also survey of the local population, discussed in Carranza et al. (2018), investigated whether the events are view as a local threat.

IV.3.2 Evaluation of the coast vulnerability

We defined regional vulnerability as the probability that a community, exposed to a natural threat, would suffer human and material damage according to the degree of fragility of its elements (infrastructure, productive activities, degree of organization, warning systems and politic and institutional development), and that if these elements would have difficulty in recovering in an autonomous manner (Lavell 2010; Landa et al. 2008). The present study uses the equation of the Coast Vulnerability Index (CVI) proposed by Palmer et al. (2011),

$$CVI = a + b + c + d + e + f + g, \quad (1)$$

where the width of the beach from the high tide mark to the beginning of vegetation is a . The width of the fringe of vegetation at the back of the beach is b (i.e. the length that the wetland vegetation occupies along each transect as far as the point where there is a lagoon or a settlement). The distance between the 20 and 0 m isobaths (coastline) is c . The slope of the coast is d (it measured with a level

hose as is described in Flores-Verdugo and Agraz-Hernández 2009). The degree of exposure to wind contrasting sites with and without vegetation is e . Exposure to floods is f , and g is danger of incidence of tropical cyclones (CENAPRED 2001).

The variables for the calculation of the CVI were obtained from measurements in the 32 transects in field survey (figure VI.1) between 19 March and 1 May 2014 (Carranza et al. 2018). This study only considered nine transects, those with the presence of human communities on the coastal littoral (figure VI.1); their geographical coordinates, transect length and microtopography were obtained along the transition of environments: beach, dunes, exposed zones, protected zones and mangrove.

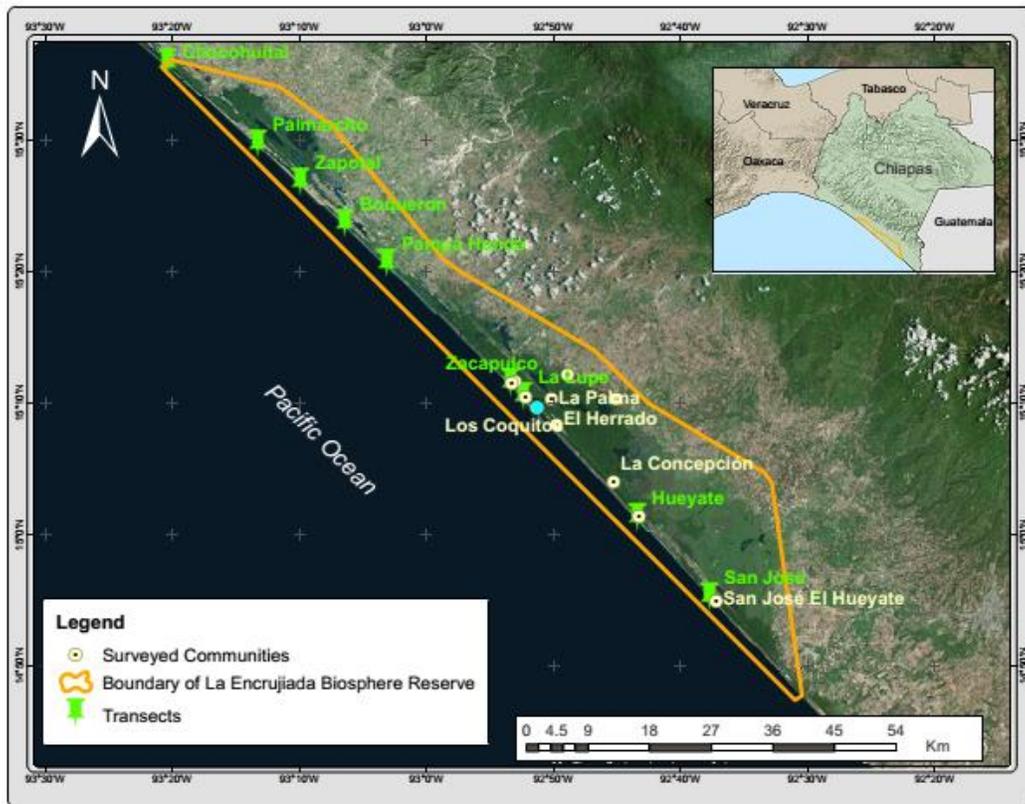


Figure VI.1. Study area and location of transects

IV.3.2.1 Exposure to wind

Degree of exposure (e) was evaluated by determining the wind profiles of the two regions mentioned according to the theory Moni-Obukov (Stull 1988). It also

determining the characteristics of the vegetation as the index of foliar area and height of the vegetation (see appendix), also by a short period of radiosonde measurements. In appendix, we present the formula for determination of the vertical profiles of the wind for transects. The wind profile was calculated for each transect for different wind intensities at the surface, and the results showed that the density and height of vegetation are an important factor in damping down the impact of the wind.

IV.3.2.2 Exposure to floods and tropical cyclones.

We considered f as an exposure to floods originating from rivers, storm tides or swell. A flood level was considered to be all those events of 1 m above sea level, according to satellite images of the region processed in ArcGIS and based on the digital terrain model (INEGI 2010) scale 1: 250.000; resolution of 15 m (Anthoff et al. 20016). Finally, g is the probability of incidence of tropical cyclones (CENAPRED 2001). In Mexico some of the hydrometeorological phenomena have resulted in the loss of human lives or property damage of importance (Botello et al 2013; Magaña 2013). According to the likelihood of tropical cyclones landfall was obtained from statistically analyse the incidence of tropical cyclone trajectories from 1960 to 1995.

IV.3.3 Evaluation of the vulnerability of the population

The equation for the Population Vulnerability Index (PVI) (Palmer et al. 2011) is

$$PVI = a + b + c + d, \quad (2)$$

where the type of construction is a (according to field observations). Data on economic inequality is b ; through the Gini coefficient from CONEVAL (2014), which evaluates the concentration that exists in the distribution of income among the population, taking values between 0 (greatest equity in the distribution of income) and 1 (greatest inequity in the distribution of income. Economic dependence of resources exposed to hydrometeorological events is c (evaluated by survey of

perception in Carranza et al. (2018) and, if there are local warning systems protocols is *d* (by interviews to local authorities).

IV.3.4 Survey of social perception

Results of the social perception conducted from 28 April to 3 May 2014 and from 22 June to 3 July 2015 and applied to 162 people can be consulted in (Carranza et al. 2018). Those were use in this paper. Scales were defined for both indices (CVI and PVI) in order to standardize the units of measurement of the variables obtained and the classification and parameterization proposed by Palmer et al. (2011) was also considered. Dichotomous variables were assigned values of 0 for absence or 1 for presence (variables: exposure to fluvial floods caused by storms or wave surges, probability of tropical cyclones landfall, and economic dependence on resources exposed to hydrometeorological events). The ranges of the variables were scaled as very low (1), low (2), moderate (3) and, high (4) (tables VI.1 and VI.2). Finally, we summarized the values of range for each sites sampled, in order to obtain the costal a population vulnerability.

Table VI.1. Variables used for the Coast Vulnerability Index (CVI).

No.	Variables for calculating IVC	Ranges			
		Very low (1)	Low (2)	Moderate (3)	High (4)
A	Width of beach	> 150 m	100 –150 m	50 – 100 m	< 50 m
B	Distance of the vegetation after the beach	> 600 m	200 –600 m	100 – 200 m	< 100 m
C	Distance of the 20 m isobath	> 4 km	2 – 4 km	1 – 2 km	< 1 km
D	Slope of the coast	>12	12-8	8-4	< 4
E	Wind exposure ¹	With vegetation r	-	-	Without vegetation
F	Exposure to floods from rivers, storm tides or wave surges ¹ (flood level 1 m)	Outside the level of flood	-	-	Within the level of flood
G	Danger through incidence of tropical cyclones	Low	Medium	High	

¹Dichotomous variable

Table VI.2. Variables used for the Population Vulnerability Index (PVI).

No.	Variable	Ranges			
		Very low (1)	Low (2)	Moderate (3)	High (4)
A	Type of construction	Permanent	Semi-permanent	Temporary	
B	Economic inequality	0.01 -0.24	0.25 – 0.49	0.50 – 0.74	0.75 – 1.0
C	Economic dependence of resources exposed to hydrometeorological events ^{1,2}	No	-	-	Yes
D	Existence of early warning systems or contingency plans for emergency community action ¹	Yes	-	-	No

¹Dichotomous variable. ² Variable obtained from the survey

IV.4 Results

IV.4.1 Threats

The region has a mean annual landfall of 3 to 8 hurricanes and recurrent presence of tropical storms (Cotler 2010). The National Center for Disaster Prevention (CENAPRED 2001) indicates that this is a region with a moderate menace level of cyclones landfall. The survey applied (Carranza et al 2018) revealed that the population perceived as a direct menace the effect of the extreme hydrometeorological events as storms and floods (figure VI.2). The population knows that hurricanes do not penetrate deep into the region, since their preferred trajectory is parallel the Pacific coast. However, the respondents stated that well conserved mangroves protected them from floods and strong winds. For example, during the passage of hurricane Stan (2005), Paulina (2007) and the tropical storm Barbara (1997) the 24 hours accumulated precipitation reached 1300, 1800 and 2000 mm, respectively, causing considerable damage in the region.

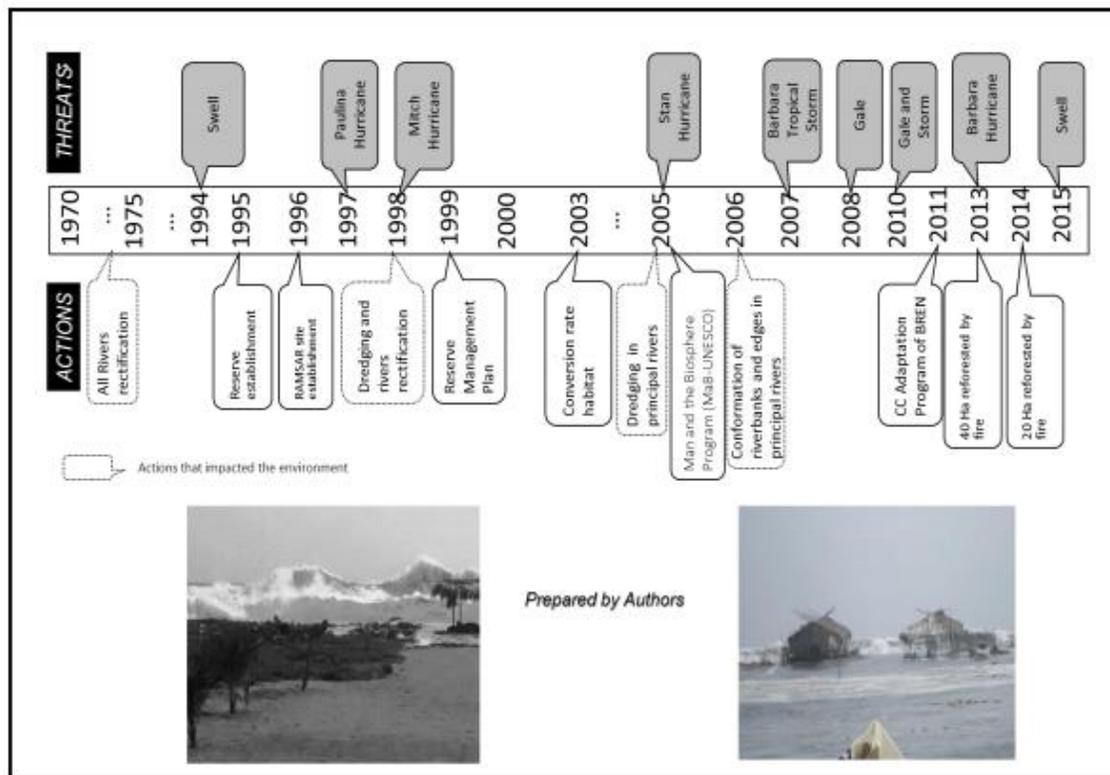


Figure VI.2. Hydrometeorological events that affect the reserve communities.

The population surveyed also clearly identified that mangroves provide protection against floods (89%), intense winds (99%) and storm tides (81%), and 91.4% of those interviewed have perceived phenomena of swell in the region (Carranza et al., 2018). However, none of those interviewed identified the threat of a rise in sea level.

With regard to floods, the Civil Protection staff of the six municipalities recognize the zone comprising the coast down to a height of 5 m above mean sea level (amsl) as being in danger of flooding. Using a model of elevation and the limit of 116 localities of a 298 total, are threatened. This means that 59.3% of the area of the reserve with a total of 9,629 inhabitants registered by INEGI (2014) lies within this zone of potential hazard effects (Carranza et al. 2018). Regarding the sea level rise, considering a scenario of one meter rising, the population affected, according to the current census, would be around of 926 inhabitants and 0.1% of dwellings (table VI.3 and figure VI.3).

Table VI.3. Number of inhabitants affected by 1 m sea-level rise in La Encrucijada.

No.	Municipalities	Location	Number of inhabitants that would be affected by sea-level rise (up to 1 m)
1	Acapetahua	Esperanza los Coquitos	16
2	Acapetahua	Quince de Abril	237
3	Acapetahua	El Laurel	2
4	Acapetahua	Juan Escutia (Las Salinas)	105
5	Acapetahua	El Carmen	153
6	Mapastepec	Gamaliel Becerra (El Apazotal)	10
7	Mapastepec	Francisco I. Madero	213
8	Mapastepec	Unión Santa Isabel	158
9	Mapastepec	Rancho Viejo	9
10	Mapastepec	El Yahital (Barra el Mapache)	23
Total Population			926
The affected area of the Reserve (Ha)			13, 875.37
Percentage of affection of the Reserve (%)			0.1

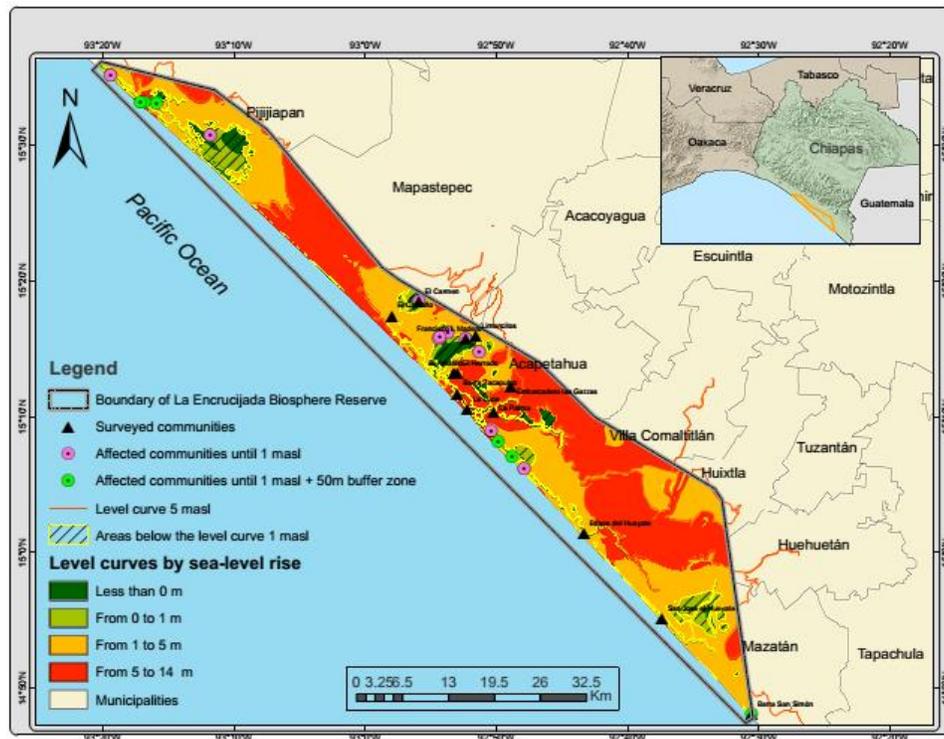


Figure VI.3. Localities that affected by 1 m sea level rise (of 1 m) in La Encrucijada.

Another threat identified by the inhabitants in the surveys is the swell, where 97% of the population locally recognize it as “mar de fondo”, “marejadas de fondo”,

tumbo inchente” or “tumbo vaciante”. Some of those interviewed thought that the swell was due to normal or seasonal changes in the tides, the influence of the moon and changes in the climate. The 90% identified the two episodes of swell that occurred in the May 2015. Only 11.4% reported damage in the communities near the beach without dunes and/or mangroves for protection. The damage reported was boats overturned, houses flooded (to 40 cm), palms and vegetation uprooted by the tide, fishing activity diminished, and cultivated land (“milpa”) flooded. Finally, 54.3% of those interviewed believed that the swell event 1-5 May 2015 (figure VI.4) was stronger than previous events, 17.1% thought it was equal to other events, and 15.7% assessed it as not so strong. Although this event was identified by the settlers as the bottom sea, it was actually caused by strong winds along the coast caused by a cold front. The damage reported by the Civil Protection authorities was in the municipalities of Mazatan and Pijijiapan with effects on temporary wooden structures (figure VI.5).

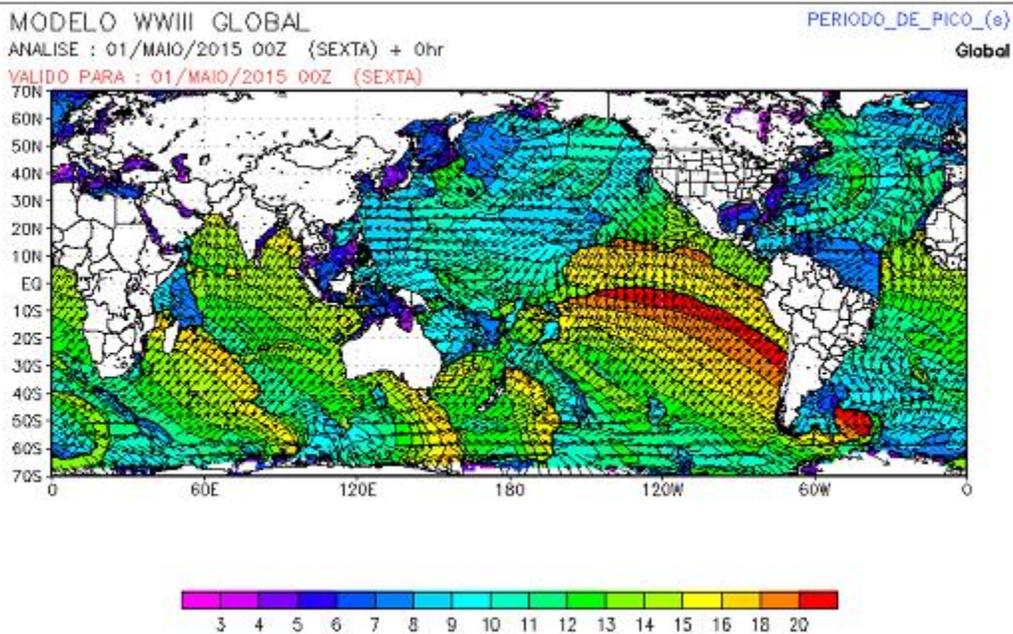


Figure VI.4. Direction and magnitude of swell forecasted for 1 May 2015.



Figure VI.5. Effects 1th May 2015 swell event in the municipalities of Mazatan (a-b) and Pijijiapan (c-d) (Source: Civil Protection authorities).

IV.4.2 Coast Vulnerability Index (CVI)

Seven of the nine sites (San José, Hueyate, Palmarcito, Zapotal, Boquerón, Pampa Honda y Zacapulco) were within the range of moderate vulnerability and two (La Lupe and Chocohuital) high vulnerability. In seven sites (Palmarcito, Zapotal, Boquerón, Pampa Honda, Zacapulco, La Lupe and Chocohuital) where mangroves have been destroyed a moderate vulnerability was founded. The distance to the isobath was >4 km in all cases, which diminished the sea waves effects in the region. The slope of the coast was low in eight of the nine sites; only in the case of Pampa Honda the beach slope reaches a high value (77.3%). Since La Lupe and Chocohuital transects were within the area of potential flooding and lack of mangrove vegetation, these transects were classified as having high coastal vulnerability.

Although El Hueyate is within the area potential flooding, it has an ample vegetation fringe (426 m wide) and there also are mangroves, so it was identified as having a moderate coastal vulnerability (table VI.4).

TableVI.4. CVI and classification of coastal vulnerability.

Nombre de transecto	Variables para determinar CVI														Clasificación para Vulnerabilidad Costera
	Ancho Playa		Ancho de la franja total de vegetación después de playa		Distancia de la isóbata de 20 m		Pendiente de la Playa		Exposición a viento		Exposición a inundaciones		Peligro por incidencia de ciclones tropicales		
	m	Calif.	m	Calif.	m	Calif.	%	Calif.	Manglar	Calif.	Nivel de inundación	Calif.	Categoría	Calif.	
San Jose	61	3	59	4	9	1	5	3	Con	1	Fuera	1	Media	2	15
Hueyate	22	4	416	2	22	1	9.2	2	Con	1	Dentro	4	Media	2	16
Palmarcito	42	4	0	4	9	1	10	2	Sin	4	Fuera	1	Media	2	18
Zapotal	34	4	0	4	9	1	9.1	2	Sin	4	Fuera	1	Media	2	18
Boquerón	60.5	3	0	4	9	1	6.9	3	Sin	4	Fuera	1	Media	2	18
Pampa Honda	80	3	0	4	9	1	77.3	4	Sin	4	Fuera	1	Media	2	19
Zacapulco	33	4	0	4	9	1	5.3	3	Sin	4	Fuera	1	Media	2	19
La Lupe	30	4	0	4	22	1	1	4	Sin	4	Dentro	4	Media	2	23
Chocohuital	24	4	0	4	9	1	4.1	4	Sin	4	Dentro	4	Media	2	23

Rangos	Clasificación para vulnerabilidad costera	
1 a 7		Muy baja
8 a 14		Baja
15 a 21		Moderada
22 a 28		Alta

IV.4.3 Population Vulnerability Index (IVP)

The nine sites that were analysed were classified as moderate population vulnerability. Seven of them (Hueyate, Palmarcito, Zapotal, Pampa Honda, Zacapulco, La Lupe and Chocohuital) have temporary structures (wooden, with palm roofs, known as “palapas”) and more permanent structures (cement and brick). The economic inequality was low in all cases according to the Gini index. The variables of the dependence of economy of the inhabitants on the natural resources and the exposure to hydrometeorological events were assigned a high value. Also the indicator of warning systems was high since in none of the sites of interest was there a warning system (table VI.5).

Table VI.5. Variables of the PVI and classification of vulnerability of the population.

Nombre de transecto	Variables para determinar PVI								Clasificación para Vulnerabilidad de la Población
	Tipo de construcción		Desigualdad económica		Dependencia económica de recursos expuestos a eventos hidrometeorológicos		Sistemas de alerta temprana		
	Descripción	Calificación	Coefficiente de Gini*	Calificación	Dependencia	Calificación	Existencia	Calificación	
San Jose	Sin	0	0.431	2	Si	4	No	4	10
Hueyate	Casas	2	0.448	2	Si	4	No	4	12
Palmarcito	Casas/carretera	2	0.446	2	Si	4	No	4	12
Zapotal	Palapas	1	0.446	2	Si	4	No	4	11
Boquerón	Sin	0	0.457	2	Si	4	No	4	10
Pampa Honda	Casas	2	0.457	2	Si	4	No	4	12
Zacapuco	Palapas	1	0.432	2	Si	4	No	4	11
La Lupe	Casa	1	0.432	2	Si	4	No	4	11
Chocohtital	Palapas/casas	1	0.446	2	Si	4	No	4	11

*A nivel municipal

Valor	Clasificación para vulnerabilidad de la población	
1 a 4		Muy baja
5 a 8		Baja
8 a 12		Moderada
12 a 16		Alta

IV.5 Discussion

Evaluation of vulnerability by means of the CVI and PVI allowed the combination of the present biophysical conditions of the system under warming climate could lead to a rise in extreme events and assuming that the degree of vulnerability of the socio-ecosystem would be the same. In this context, the coast and inhabitants' vulnerability was analysed as the combination of ecological and socioeconomic characteristics of the population that could limit their capacity for adaptation.

The local perception of risk is important, since it influences the capacity of prevention and the response to an extreme hydrometeorological event. An important fact is that the inhabitants are convinced of the benefits that they receive by achieving actions of conservation of the mangroves and that there is a degree of wellbeing in general. However, the population makes illegal use of the species of flora and fauna associated with the mangroves, because of their uses and customs. This could be an indicator of a lack of environmental education to promote the sustainable use in rates of consumption that guarantee the existence of the present

and future mangrove ecosystem. In fact, it is necessary to review whether the authority efforts for conservation, rehabilitation and restoration of mangroves are properly focused to contribute to improve the protection services of protection in order to the reduction of disasters. If the biophysical elements of the system evaluated are in a functional state and in a good state of conservation, there will be a greater efficiency in the environmental services of provision and regulation afforded by the mangroves of the region. On the other hand, there is a threat of an increase in climatic extremes then, the present conservation strategies within the reserve must be revised, since according to our results the vulnerability could increase.

Another factor that increases vulnerability is intensive rivers rectification since 1998 (CAN 2012). These works were a means of remediation because of the floods caused by Hurricane Mitch. This rectification has produced undesirable effects in the coastal zone of La Encrucijada, since seven rectified rivers flow into the reserve area. The rivers management lead to the sediment remains trapped in the channels (Méndez, 2005), causing negative effects in the environment, such as silt accretion in the coastal lagoons, a decrease in fishing, a change in land use, the disappearance of zones of marshes that help to recharge aquifers, salinization of the water of the communities, and disappearance of the zones buffering against flooding from rivers. In addition, the *continuum* of the region should be respected according to the distinct ecosystems that are distributed from the beach to the mangroves (such as dunes, matorral, rainforest, and vegetation subject to flooding).

Appendix

Parametrization of the wind profile in and above the mangrove forest canopy

The wind profile can be described by a logarithmic function (Stull 2011), through equation:

$$u_z = \frac{u_*}{K} \left[\ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) + \psi(z, z_0, L) \right], \quad (\text{A1})$$

where:

u_* is the friction (or shear) velocity (m s^{-1}),

K is the Von Kármán constant (~ 0.41),

d is the zero plane displacement,

z_0 is the surface roughness (in meters), and

ψ is a stability term where L is the Monin-Obukhov stability parameter, under neutral stability conditions, $z/L = 0$ and ψ drops out.

Zero-plane displacement (d) is the height in meters above the ground at which zero wind speed is achieved as a result of flow obstacles such as trees or buildings. It is generally approximated as 2/3 of the average height of the obstacles.

Roughness length (z_0) is a corrective measure to account for the effect of the roughness of a surface on wind flow, and is between 1/10 and 1/30 of the average height of the roughness elements on the ground. Over smooth, open water, expect a value around 0.0002 m, while over flat, open grassland $z_0 \approx 0.03$ m, cropland ≈ 0.1 -0.25 m, and bush or forest ≈ 0.5 -1.0 m.

The Monin-Obukhov stability parameter or length (L) and the friction velocity are determined by a iterative process using the relationship for ψ :

$$\psi \left(\frac{z}{L} \right) = \ln \left[\left(\frac{1+x^2}{2} \right) \left(\frac{1+x}{2} \right)^2 - 2 \arctan x + \frac{\pi}{2} \right], \quad (\text{A2})$$

where $x = (1 - 16z/L)^{1/4}$, u_* and L are calculated using equations for different ratios of z/L ;

$$u_* = \frac{K u_{10}}{\left(\log(10/z_0) - \psi\left(\frac{z}{L}\right)\right)} \quad (A3)$$

Using $H_0 = Q_0/c_p\rho$,

$$\frac{1}{L} = - \frac{KgQ_0}{u_*^2 T c_p \rho} \quad (A4)$$

Where, u_{10} is the wind speed at 10 m height. Length of Monin-Obukov (L) depends on friction velocity (u^*), cinematic flux of sensible heat (H_0) and surface temperature (T), g is gravity acceleration, Q_0 is the heat flux density, C_p is the specific heat at constant pressure. The kinematic heat flux (H_0) is obtained by:

$$H_0 = (1 - \alpha)(R_n - 0.1R_n)/(1 - LE/H_0), \quad (A5)$$

where LE/H_0 is the inverse of Bowen ratio, R_n is net solar radiation flux and α is the albedo. All upward fluxes are defining as positive; R_N is downward short and longwave radiation; LE is sensible flux associated to the surface evaporation; R_G is molecular conduction in the sub soil. A good approximation to R_G is

$$R_G = XR_N, \quad (A6)$$

with factor $X = (0.1, 0.5)$ for (daytime, nighttime). The Bowen ratio, B , is defined as surface sensible-heat flux divided by surface latent-heat flux:

$$B = LE/H_0. \quad (A7)$$

Typical values are 10 for arid locations, 5 for semiarid locations, 0.5 over drier savanna, 0.2 over moist farmland, and 0.1 over oceans and lakes.

The effects of forests on wind profiles is still not fully understood. There is an extensive literature, where roughness parameters and zero displacement height are examined in micrometeorology, mainly in wind energy evaluation applications. There

are several simple models based on the average height of the trees (there are more than 15 combinations of parameters), while other models incorporate expressions of canopy density and leaf area index.

Theory

As discussed above, the wind speed measured at a given height (10 meters) can be used to determine the velocity at other height within the atmospheric boundary layer, based on a logarithm profile that estimates how the magnitude of the wind increases on height. This theoretical profile was extensively validated for non-complex terrains. However, if the terrain is very steep or with dense forests, this profile shows a very different deviation from the standard logarithmic curve. Considering heights above the arboreal canopy, the profile (logarithm) of the wind is essentially upwardly displaced by d (Eq. A1).

The roughness length

The roughness of a surface is parameterized through the parameter of the roughness length (z_0), which is the measure of how roughness is seen by the wind as it flows over the surface. Formally z_0 is the level that the logarithm profile of the wind is zero.

The definition of the zero displacement height level would be obtained by flattening all the rough elements, which would result in a flat (smooth) surface. The more detailed analyzes have determined that the displacement height also represents the level at which the surface friction acts on the rough elements (i.e., trees). As such, the displacement height is always less than the average height of the trees.

Modelling z_0 and d parameters

There are several studies to determine these two parameters for areas with high vegetation and forests, resulting in many different methods for calculating them.

The simpler models take the average height of the trees, while others also incorporate the density of the forest canopy. These models can be classified of the following types: simple relationships for forest density, roughness length partition, second order closure and turbulent momentum transfer.

In this study, the wind profile in the La Encrucijada transectors was determined by the second order closure scheme. This scheme considers the leaf area index (LAI) and simple functions (Choudhury and Monteith, 1988) based on the results of a numerical model to determine the dynamic drag in a forest canopy proposed by Shaw and Pereira (1982):

$$\begin{aligned}
 d &= 1.1h \ln(1 + X)^{1/4} \\
 z_0 &= z_{0s} + 0.3hX^{1/2} \quad \text{for } 0 \leq X \leq 0.2 \\
 z_0 &= 0.3h(1 - d/h) \quad \text{for } 0.2 \leq X \leq 1.5.
 \end{aligned}
 \tag{A8}$$

This parameterization is based on the parameter;

$$X = C_{dcho}LAI, \tag{A9}$$

where C_{dcho} is the average drag coefficient ($C_{dcho} = 0.2$, uniform within the canopy). The model also takes into account the parameter z_{0s} , the substrate drag length (near the forest floor) for non-vegetated areas ($z_{0s} = 0.01$) and for vegetation surfaces ($z_{0s} = 0.1 h_{sub}$; where h_{sub} is the average height of the vegetation (roots) in the substrate).

Profile of the wind within the forest canopy

In the region of the atmosphere-canopy interface, a large shear induces an inflexion in the wind profile followed by an area with an exponential decrease of the wind magnitude within the forest canopy. Numerous studies have attempted to quantify wind profiles using exponential functions. Classical studies on functional relationship were conducted in the 1960s and 1970s (Cionco 1965; Landsberg and Jarvis 1975; Uchijima and Wright 1964).

A simple functional representation for the wind within the canopy considers an exponential decay of the canopy top to the surface, based on a drag due to LAI:

$$u(z) = u_h \exp[\alpha(z/h - 1)] \quad (\text{A10})$$

Phenomenological studies parameterize the attenuation of the wind profile as a function of the canopy height (h), leaf area (a), u_h is wind speed at top of canopy and the drag coefficients associated with the canopy (C_d) and leaf area (C'_d);

$$\alpha = haC'_d/C_d \quad (\text{A11})$$

Values vary from 1.3 to 2.8 (Cionco, 1965).

DISCUSIÓN

El cambio climático trae consigo efectos significativos en la biodiversidad y en la permanencia de los bienes y servicios que se derivan de los recursos naturales. Se espera que las acciones de adaptación, permitan disminuir las posibilidades de que se generen daños o desastres ocasionados por la variabilidad en el clima. Los niveles de riesgo están determinados por la función que combina el peligro (fenómenos naturales) y la vulnerabilidad (grados de exposición y fragilidad, valor económico y capacidad de respuesta). En este sentido ambientes naturales bajo influencia antrópica como los manglares en México, se encuentran amenazados por el cambio climático. Y dicha vulnerabilidad aumenta bajo la presión del cambio de uso de suelo y la mala planeación en el manejo de cuencas aguas arriba. No obstante que la tasa de cambio de uso de suelo registrada en la reserva es baja (por debajo del 1%), la obtención de recursos económicos y de subsistencia a través de la transformación a pastizales para alimento de ganado y actividades agrícolas, representan un peligro latente a la conservación de los manglares. Además el cambio de uso de suelo o el cultivo de especies que no son de la región y son altamente competitivas como la palma africana (*Elaeis guineensis*) no son acordes con los lineamientos establecidos en la LGEEPA (2015) en relación con el manejo que debe realizarse en una reserva de la biósfera, además de que ponen en riesgo la conservación de la reserva.

Otro hecho importante, es que los pobladores manifestaron estar convencidos de los beneficios que reciben al realizar acciones de conservación del manglar, sin embargo la población hace uso ilegal de especies de flora y fauna asociadas al manglar, como consecuencia de sus usos y costumbres. Esto puede ser un indicador de una falta de educación ambiental que promueva el uso sustentable en tasas de consumo que garanticen la existencia del ecosistema de manglar actual y futuro. Por lo tanto, si los elementos del sistema que se está evaluando se encuentran en estado funcional y en buen estado de conservación, habrá una mayor eficiencia de los servicios ambientales de provisión y regulación

que proporcionan los manglares de la región. Si existe la amenaza de un creciente aumento de los extremos climáticos, entonces deben revisarse las actuales estrategias de conservación dentro de la reserva ya que de acuerdo a los resultados que se obtuvieron, la vulnerabilidad puede ir en aumento.

Otro factor del aumento de la vulnerabilidad está asociado a actividades fuera del límite de la reserva como lo son las obras de ingeniería para la rectificación intensiva a la que se sujetaron los ríos del estado de Chiapas desde 1998, de los que, siete ríos rectificadas desembocan en esta reserva. El manejo de los ríos ha tenido como consecuencia que el sedimento quede atrapado en los cauces (Méndez 2005), causando impactos negativos en el ambiente, como por ejemplo el asolvamiento de las lagunas costeras, la disminución de la pesca, el cambio de uso de suelo, la desaparición de zonas de pantanos que ayudan a recargar mantos acuíferos, la salinización del agua de las comunidades y la desaparición de las zonas de amortiguamiento ante inundaciones.

Estas obras de rectificación de los ríos, han cambiado la dinámica de flujo de agua en las planicies de inundación, considerando que la mayoría de los ríos desciende por pendientes inclinadas y cauces canalizados y azolvados que descargan en una planicie costera angosta (de 20 a 40 km) lo que potencializa la vulnerabilidad ante desastres. El manejo de los ríos ha tenido como consecuencia que el sedimento quede atrapado en los cauces, teniendo impactos negativos en el ambiente, como por ejemplo el asolvamiento de las lagunas costeras, lo que provoca: la disminución de la pesca, el cambio de uso de suelo, la desaparición de zonas de pantanos que ayudaban a recargar mantos acuíferos, la salinización del agua de las comunidades y la desaparición de las zonas de amortiguamiento ante inundaciones.

El manejo de la zona costera de Chiapas debe incorporar una evaluación crítica de los efectos de los bordos y canalizaciones para identificar, donde son realmente necesarios y en qué zonas se requiere hacer una rehabilitación de los flujos de agua acorde con las políticas de protección al ambiente. Debido a lo

anterior y a que las zonas costeras tienen una alta vulnerabilidad a la variabilidad climática y al cambio climático (pérdida de playas, inundaciones, entre otras), la Reserva de la Biósfera La Encrucijada se considera como una zona vulnerable a efectos de amenazas antrópicas por encontrarse en las zonas de desembocadura de ríos que han sido rectificadas. Aunque en este estudio no se analizaron los incendios como uno de los factores que pueden representar un peligro para el manglar, la incorporación de este factor en el CVI debería ser considerado, en el caso de que se pretendiera replicar este ejercicio en zonas con cubierta forestal.

Este trabajo incluye un análisis multiescalar que va desde la escala regional a lo local (Gibson et al. 2000, Adger et al. 2005) y analiza la vulnerabilidad de los manglares, ya que el manejo de los manglares, que deberá ampliarse posteriormente desde una perspectiva de cuenca para el manejo integrado de toda la zona costera (EEM 2005). En la escala local aún existen áreas de oportunidad que se pueden aprovechar para obtener acciones altamente efectivas y exitosas en pro de la adaptación partiendo de la conservación de los recursos naturales. Entre esas acciones se encuentran el realizar diagnósticos a mayor detalle, con la finalidad de recuperar los componentes y funciones del sistema, así como revisar la continuidad de los bienes y servicios que otorgan los manglares a la población local.

Con esta aproximación local y de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, las poblaciones que están en mayor riesgo serán las que tendrán menor capacidad para adaptarse, que son aquellas comunidades que se encuentran asentadas en zonas donde la vegetación de manglar ha sido retirada o sustituida por otro tipo de vegetación. Si bien no es posible controlar las amenazas o los peligros, sí es factible prever los efectos e instrumentar las respuestas a través de una planeación efectiva y la creación de capacidades de los socioecosistemas y autoridades involucradas en las áreas naturales protegidas. Esto permitiría evitar que los costos de la inacción sean superiores a los costos de la planeación en el uso sostenible de los recursos naturales (Lhumeau y Cordero 2012).

No es factible que las acciones institucionales incidan de manera directa sobre la resiliencia de los ecosistemas costeros si el objetivo central de su implementación no es la conservación e involucrar a las poblaciones de la región. Aunque la presión económica representa un gran reto para las poblaciones, a largo plazo, la conservación de los recursos naturales ha demostrado ser la medida de adaptación más factible tanto económica y como social para mantener protegidas las poblaciones frente a las amenazas del cambio climático (Sandilyan y Kathiresan 2012, IOM 2014).

En este contexto, considerando que los efectos del cambio climático, alterarán las condiciones normales de una región con recursos naturales degradados, para una adecuada gestión territorial, las autoridades deben tener la capacidad de planear y gestionar el seguimiento de estos posibles cambios en los recursos naturales, el territorio y las poblaciones afectadas (Ojea 2015). Es importante destacar que las acciones establecidas en los Programas de Adaptación al Cambio Climático (CONANP 2010, 2015), están construidas como seguimiento a políticas públicas y son aterrizadas como lineamientos generales a escala local. Pero para que se puedan implementar exitosamente, se requiere atender las necesidades y preocupaciones de los pobladores e incorporar sus prácticas tradicionales para favorecer la apropiación de los recursos. En este sentido, el enfoque de AbE es una herramienta apropiada para efectuar la aproximación a las poblaciones que habitan áreas naturales protegidas. Completando este enfoque con la valoración de aspectos socioeconómicos, identificación de problemáticas ambientales y la aplicación de herramientas participativas y de percepción social. Con la finalidad de que las poblaciones se involucren en la elaboración y aplicación de acciones que atiendan el motivo de su preocupación e incorporen sus usos y costumbres. Así mismo, fortalecer el monitoreo y evaluación sobre los cambios de los socioecosistemas, así como la incorporación de los pobladores en este esfuerzo, permitirá la apropiación de los recursos naturales, la implementación de acciones de conservación y la creación de capacidades. Esto facilitará identificar si las acciones propuestas están disminuyendo la vulnerabilidad de las comunidades.

Aunque en esta trabajo no se llegó al nivel de implementar acciones, la utilización del enfoque de AbE, permitió confirmar que los manglares de La Encrucijada se encuentran en buen estado de conservación y con un papel preponderante en la prestación de los servicios ambientales de protección a los pobladores de la reserva. Así mismo, este estado de conservación de los manglares, favorece que las poblaciones que se asientan en la reserva, sean socioecosistemas resilientes.

Es de importancia el que los pobladores encuestados mantuvieron una actitud abierta y de claro reconocimiento de la necesidad de conservar el manglar de la Reserva de La Encrucijada, pues se identifican formando parte de ella y reconocen que mantienen su economía a través de su relación con el manglar. Por otro lado, reconocen la protección que los manglares proporcionan contra las inundaciones, los vientos intensos y las oleadas de tormenta. Sin embargo, aunque el 61% de las personas encuestadas están realizando alguna actividad de conservación (manejo de viveros de manglares y siembra en áreas restauradas, limpieza de playas y evitando la caza de animales silvestres, entre otros), los pobladores no tienen plena conciencia de los servicios ambientales que les son prestados por el manglar ni el resto de ecosistemas costeros.

La participación, la juventud y la pertenencia de la población, se identifican como áreas de oportunidad ya que el 85% de los encuestados respondió que pretende quedarse a residir en su comunidad, el 65% del total, participa o le gustaría participar en acciones de protección y manejo del manglar. Lo anterior es de gran importancia, ya que favorecería la implementación de medidas de adaptación ante el cambio climático.

Solo el 36% de la población encuestada identificó organizaciones civiles dedicadas a actividades de protección del manglar, lo que puede indicar que existe poca cohesión social en la región. Sin embargo, sí existe el interés de conservar este ecosistema lo que podrá verse reforzado con las campañas educativas que el 76% de la población identifican que se realizan en sus comunidades. Debe destacarse que no todas las acciones que se están promoviendo en las campañas

educativas y de autoempleo, se realizan observando la componente de conservación de los ecosistemas costeros, pues en las acciones de restauración del manglar se utilizan especies de rápido crecimiento como *Conocarpus erectus*, sin que se respete la composición original de los bosques de manglar y que bridan protección ante eventos extremos. De la misma manera, programas como el denominado Playas Limpias, en el caso de La Encrucijada, se promueve el retiro de la vegetación de dunas (CNA 2003), cuando este tipo de vegetación protege la playa de procesos de erosión y presta el servicio de captura de agua dulce.

El 32.7% de la población que se encuentra dentro de La Encrucijada (INEGI, 2010) está identificado como población económicamente activa y de este porcentaje solo el 3.6% corresponde a la población femenina. Sin embargo, en los resultados de las encuestas se encontró que el 100% de los encuestados refirieron realizar alguna actividad que genera derrama económica hacia su ámbito familiar, ya sea a través de actividades que no son consideradas formales o que son temporales, en las diferentes épocas de cultivo o pesca o por los empleos originados en los programas de apoyo y empleo temporal que fomentan distintas dependencias (*Pesca responsable, Playas limpias y Reforestación de manglar*, entre otros). Igualmente, tanto hombres como mujeres señalaron realizar estas actividades. Llama la atención que las mujeres además de las actividades del hogar, realizan hasta tres actividades para obtener recursos. Lo anterior es de gran importancia, porque muestra que en los censos de INEGI no se tienen catalogadas las diferentes actividades que se desarrollan en la región, ni se está considerando la actividad productiva de las mujeres. También se identificó en este estudio que los programas de empleo temporal señalados, están siempre dirigidos a los mismos grupos de pobladores (agrupaciones formales de pescadores), por lo que existe exclusión en la atención del resto de la población de La Encrucijada.

Para mejorar las actividades económicas de los pobladores de la reserva, se requieren crear capacidades entre los pobladores y buscar diversificar sus actividades. En este sentido se propone incentivar el ecoturismo, una actividad

congruente con los lineamientos establecidos para las reservas de la biósfera, además de ser una actividad claramente promovida en el Plan de Manejo de la Reserva (INE-SEMARNAP 1999). Un aspecto relacionado con el ecoturismo que se puede promover está relacionada con el establecimiento de criaderos de tortuga de agua dulce e iguana. Ya que la pesca está disminuyendo rápidamente en la región, varios de los encuestados manifestaron estar dispuestos a realizar criaderos como sustitución de la pesca y funcionar como centros ecoturísticos. Dichos criaderos podrían representar una fuente de proteína para el autoconsumo, para la repoblación de los propios sistemas de manglar y ser centros de liberación de tortugas como un atractivo turístico, así como promover la venta de platillos típicos de la región.

Si bien los servicios ambientales del manglar y el resto de ecosistemas costeros (mitigación de las inundaciones, regulación del clima, recarga de acuíferos y prevención de la erosión, entre otros) no están siendo valorados, la degradación que sufren estos bienes y servicios afecta a los intereses de las comunidades. Por lo tanto, se requiere que se incentive a las poblaciones que dependen de estos ecosistemas para mantener estos servicios que benefician a toda la sociedad (EEM 2005).

En este sentido y considerando que en México se cuenta con poca información a nivel local para poder establecer un análisis comparativo que permita la generación de información, específicamente para el monitoreo y evaluación de servicios ambientales en zonas de manglares, en este trabajo se evaluó la vulnerabilidad de la reserva a través del Índice de Vulnerabilidad Costera (CVI) y el Índice de Vulnerabilidad de la Población (PVI). Esto permitió combinar las condiciones biofísicas actuales del sistema bajo el supuesto de que las condiciones hidrometeorológicas extremas sean más frecuentes, es decir un aumento de las amenazas y asumiendo que el grado de vulnerabilidad del socioecosistema sea el mismo. Por lo que en el caso de que no se conserve el manglar y los servicios de protección que proporciona, sería probable la materialización de la amenaza en un desastre.

Se destaca que en La Encrucijada, las dependencias de Protección Civil no cuentan con la infraestructura necesaria para informar a los pobladores oportunamente sobre la proximidad de eventos hidrometeorológicos extremos que llegan a la región. Por lo que la inversión en acciones de protección civil, así como el establecimiento de sistemas de alerta temprana, podrían ser considerados también como acciones de adaptación. Igualmente, para incrementar las capacidades de los pobladores en cuanto a protección civil sería necesario, el promover la creación de Comités Comunales que pudieran hacerse cargo de la realización de planes de atención de emergencia de sus localidades, así como del monitoreo, previa capacitación.

Mientras más sistemas de manglar desaparecen, el valor relativo de la conservación de los manglares restantes aumenta (EEM 2005), lo que nuevamente refuerza la propuesta de que la conservación es la medida de adaptación más viable a promover, no solo en áreas naturales protegidas, sino en todas las regiones donde existan comunidades que se encuentren asociadas a vegetación costera en buen estado de conservación. Por lo que, es importante enfatizar que la conservación de los manglares debe fomentarse no solo en La Encrucijada sino en todas las costas de México, ya que en sí misma la conservación se considera como una medida de adaptación al clima cambiante y a los efectos que genera tanto en las comunidades cómo en los propios ecosistemas.

Otras medidas de adaptación que convendría implementar en La Encrucijada es el control del uso del suelo y la reconversión de las actividades económicas. Lo anterior debido a que la actividad económica preponderante y que se encuentra en detrimento es la pesca y las comunidades por su ubicación geográfica, tiene dificultad para obtener otro tipo de proteína para su subsistencia. Por ello, el establecimiento de criaderos de organismos de la región combinado con actividades de ecoturismo, podrían ser una buena alternativa que estaría en congruencia con la conservación de los manglares y los lineamientos de la reserva.

Finalmente, cabe destacar que este estudio es una propuesta de adaptación local a iniciativas de cambio climático y estrategias de conservación, así como de resolución de conflictos socioambientales en torno al cambio climático. Y podría ser un apoyo para a los habitantes de las áreas naturales costeras, i) en la valoración de los servicios ambientales de sus ecosistemas, ii) en el reconocimiento y reforzamiento de sus capacidades para su propio bienestar, así como iii) en la búsqueda de alternativas productivas congruentes con la conservación de los ecosistemas y sus usos y costumbres. Igualmente, el conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas y servicios de protección que brindan los manglares, la evaluación de la vulnerabilidad y la percepción social de la importancia de la conservación de los recursos naturales, serán aspectos que promoverán la apropiación y participación social, lo que es de suma relevancia, ya que los pobladores serán los operadores directos de las acciones de conservación o de producción sustentable que se realicen en su socioecosistema.

CONCLUSIONES

a. Sobre los indicadores de resiliencia para manglares de México

La resiliencia es un concepto que describe una serie de interacciones dinámicas que se llevan a cabo en un sistema, que parten de un estado base, que es complejo determinar y sobre el que no existe un consenso. La resiliencia de los socioecosistemas se encuentra todavía en investigación y diversas variables sociales se están incorporando en su análisis (Cai et al. 2018). Sin embargo, hay que trabajar sobre indicadores que permitan facilitar su análisis e interpretación a nivel local, ya que las poblaciones asociadas a las zonas costeras o que dependen de otros ecosistemas, deben ser las usuarias de esta información. Algunos aspectos influyen directamente en la resiliencia como son la vulnerabilidad de los ecosistemas y las sociedades, así como el estado de los servicios ambientales que componen a los primeros, y es a través del monitoreo y evaluación en el tiempo, que se podrá tener un acercamiento a la resiliencia de un ecosistema o socioecosistema y estar

en posibilidades de determinar su capacidad de respuesta, absorción y adaptación ante eventos extremos.

Como la resiliencia de un ecosistema del que dependen las comunidades influenciará directamente la capacidad de éste para enfrentar desastres, resistirlos y recuperarse, se concluye que si el enfoque de AbE incorpora estrategias participativas y de percepción, se facilitaría la identificación de acciones que disminuyan la vulnerabilidad de la región y la puesta en marcha de acciones que promuevan el desarrollo de las capacidades adaptativas, tanto de las autoridades locales como de las comunidades. La información que se brinde a las comunidades a través de procesos participativos, les facilitará la identificación y priorización de los problemas a los que se enfrentan y efectuar acciones para enfrentar los peligros y realizar las acciones necesarias para mantener la resiliencia de sus socioecosistemas.

La AbE es entonces una estrategia que pretende construir resiliencia y reducir la posibilidad de degradación de los ecosistemas (UICN 2008) que pretende demostrar cómo las soluciones basadas en una visión ecosistémica, contribuyen a la adaptación mediante el aumento de su resiliencia y la disminución de la vulnerabilidad ambiental y social de las regiones rurales (Andrade y Vides 2010; IPCC 2014).

b. Sobre la vulnerabilidad de comunidades ubicadas en manglares y el enfoque AbE

Con el fin de realizar un manejo integral que permita ofrecer a la región soluciones reales que promuevan la conservación y el desarrollo sostenible de La Encrucijada, se requiere incorporar a los actores locales.

La reducción de la vulnerabilidad costera a través de la conservación y la restauración de los manglares es una medida eficaz contra las tormentas, la intrusión salina y la erosión del suelo. La estrategia de AbE aplicada con un enfoque local, es decir de “abajo hacia arriba”, puede permitir la identificación de los

problemas que enfrentan las comunidades que habitan en ecosistemas costeros y las acciones necesarias para fomentar un cambio sostenible.

Los estudios que se han realizado en México, aún no han considerado que si bien los manglares son un sistema natural capaz de producir una amplia gama de bienes y servicios tanto para la conservación de la zona costera y las poblaciones, no se ha explorado la evaluación de los aspectos ecológicos y socioeconómicos que son relevantes para el bienestar de la población y que permiten estructurar medidas de adaptación a largo plazo. En este sentido, los estudios de percepción social a nivel local permiten determinar las necesidades de las comunidades y detectar aspectos que son percibidos como las preocupaciones principales de las poblaciones, lo que es útil en la implementación de acciones ya que los valores culturales y el *status quo* pueden ser barreras en la planificación de la adaptación.

Las comunidades humanas que habitan en las áreas naturales protegidas tienen restricciones respecto a las actividades económicas que pueden realizar, debido a la legislación que norma en la materia, y su principal preocupación puede ser el acceso a una alimentación adecuada, en lugar de aspectos a largo plazo como la seguridad personal y de sus posesiones ante eventos hidrometeorológicos. Para ayudar a la participación de la comunidad en la conservación de los manglares, el gobierno debe aplicar herramientas participativas basadas en la consulta de los habitantes locales. Las percepciones individuales de los posibles peligros y cómo estas pueden relacionarse con el entorno local podría apoyar el desarrollo de capacidades en las comunidades humanas, la generación de una estrategia que permita a los pobladores el realizar acciones estructuradas.

La Reserva de la Biosfera de La Encrucijada conserva los bosques de manglar más altos en América del Norte. Siendo así, que la reforestación y la conservación son las actividades que predominan en la región, sin embargo los índices de marginación de las poblaciones de la reserva, van de altos a muy altos. Aunque las comunidades locales son conscientes de los servicios ecosistémicos

obtenidos de esta vegetación, no toma ninguna acción contra la sedimentación indeseable o tala ilegal, y sus prácticas de pesca no sostenibles.

El enfoque AbE permite evaluar la vulnerabilidad local a eventos hidrometeorológicos extremos y se podría aplicar en el desarrollo de capacidades para el establecimiento de un sistema de alerta temprana. El desarrollo de las capacidades locales y mecanismos financieros adecuados que se aplican a los ecosistemas costeros están controlados por el gobierno central de México; pero se requiere que estas estrategias nacionales se ajusten para que permitan a las poblaciones locales adaptarse y responder a los desafíos del cambio climático. La conservación sostenible de los manglares basado en la AbE podría aplicarse a todas las costas mexicanas, zonas costeras protegidas y sitios Ramsar donde hay poblaciones asentadas, con el objetivo de mantener los servicios ambientales y atender los intereses de las poblaciones, para preservar los manglares y para proteger las zonas costeras.

c. Sobre los servicios de protección de los manglares y la vulnerabilidad a eventos hidrometeorológicos extremos

En La Encrucijada existen diversos peligros que están asociados con eventos hidrometeorológicos, y la vulnerabilidad de la reserva está fuertemente influenciada por las actividades económicas que se desarrollan por los habitantes que se han asentado en ella. Por su parte, la vulnerabilidad de las comunidades está asociada con la falta de educación, la proximidad de algunas comunidades al mar y su ubicación por debajo de la cota de los 5 m, que las expone a inundaciones originadas por las avenidas de los ríos y de las causadas por mareas de tormenta y mar de fondo. El índice de vulnerabilidad costera (IVC) fue alto para las comunidades de La Lupe y Chocohuital, y moderado para las otras siete localidades. Mientras que el índice de vulnerabilidad de la población (IVP) fue moderado para las nueve localidades. A pesar de las obras de conservación y restauración de los manglares en la reserva, es necesario revisar las técnicas, las

especies utilizadas y la selección de los lugares donde se realizan las acciones de restauración.

Las organizaciones de protección civil de las zonas más vulnerables a eventos hidrometeorológicos extremos deben ser reforzadas y equipadas. La aplicación de un sistema de alerta deberían establecer mecanismos de monitoreo aguas arriba de las cuencas y ríos rectificadas que abastecen a la reserva, con el fin de disminuir el riesgo de inundaciones en el corto plazo y evitar la acreción de sedimentos de las lagunas.

Al hacer la comparación entre las amenazas que se presentaron en la región y la percepción de los pobladores se identificó que existe una percepción menor de los efectos que se encuentran registrados para la región. Las tormentas tropicales fueron los eventos que generaron más daños, pero los pobladores percibieron a este tipo de fenómenos como un peligro moderado, de manera semejante percibieron a los huracanes que han generado menos daños que las tormentas tropicales. Lo anterior posiblemente se debe a que el manglar de La Encrucijada ofrece a los pobladores, un buen servicio de protección contra eventos hidrometeorológicos extremos, ya que se encuentra en buen estado de conservación.

En el futuro, continuarán disminuyendo las actividades de pesca y la producción de cultivos de los que depende la población local. Por lo que los resultados de este estudio pueden contribuir a la promoción de la conservación de los manglares, como estrategia de adaptación a la variabilidad climática y el cambio climático, para garantizar los servicios de protección contra el aumento del nivel del mar, las inundaciones y el mar de fondo. De esta manera, fomentar la conservación de los manglares debe responder no sólo al cumplimiento de compromisos institucionales y de planificación territorial, sino también a las condiciones reales y las necesidades de las poblaciones ante el incremento de los fenómenos extremos en el corto y mediano plazo.

REFERENCIAS

- Adame, M.F., Santini, N.S., Tovilla, C., Vázquez-Lule, A., and Castro, L. (2015). Carbon stocks and soil sequestration rates of riverine mangroves and freshwater wetlands. *Biogeosciences Discuss*: 12, 1015–1045, www.biogeosciencesdiscuss.net/12/1015/2015/.doi:10.5194/bgd-12-1015-2015.
- Adger, N., A. Pramod, A. Shardul. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policy Makers. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change; Fourth Assessment Report, IPCC, Ginebra, Suiza.
- Alongi, D.M. (2007). "Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change." *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol 76. pp 1-13.
- Alvarez, I. y Cadena, E. (2006). Índice de vulnerabilidad social en los países de la OCDE, Quivera. Num 2006-2. 247-274 pp.
- Anderson, M. E., J. McKee S.J. y S. McKay, K. (2011). Wave dissipation by vegetation. ERDC/CHL CHETN-I-82. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center.
- Andrade P. A. (Ed.). (2007). Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica. CEM - UICN. Bogotá, Colombia. 87 pp.
- Andrade, A. y Vides, R. (2010). Enfoque Ecosistémico y políticas públicas: aportes para la conservación de la biodiversidad la adaptación al cambio climático en Latinoamérica. São José dos Campos, Brasil: IAI - CIIFEN - MacArthur Foundation. 19 pp.
- Anthoff, D., Nicholls, R.J., Tol, R.S.J. y Vafeidis, A.T. (2006) *Global and regional exposure to large rises in sea-level: a sensitivity analysis* , Norwich, UK Tyndell Centre for Climate Change Research 31pp.

- Avila-Foucat V. y D. Gachúz. (2014). Resiliencia, Diversificación y Compensación por la Conservación de los Servicios Ambientales. Perevochtchikova, M. (Coord.) Pago por Servicios Ambientales en México, un acercamiento para su estudio. Colegio de México. 65-83.
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., Declerck, F., Gardner, T., Hall, J., Lara, A., Laterra, P., Peña-Claros, M., Silva Matos, D.M., Vogl, A.L., Romero-Duque, L.P., Arreola, L.F., Caro-Borrero, Á.P., Gallego, F., Jain, M., Little, C., De Oliveira Xavier, R., Paruelo, J.M., Peinado, J.E., Poorter, L., Ascarrunz, N., Correa, F., Cunha-Santino, M.B., Hernández-Sánchez, A.P. And Vallejos, M. (2012). Ecosystem services research in Latin America: the state of the art. *Ecosystem Services*, vol. 2, pp. 56-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.09.006>.
- Badola R. y Hussain S.H. (2005). Valuing ecosystem functions: an empirical study on storm protection function of Bhitarkanika mangrove ecosystem, India. *Environ Conserv* 32:1-8
- Barbier, E. (2016). The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin* (109): 676 – 681.
- Barrios, C.R.J. (2015). Combustibles forestales y su relación con la incidencia de incendios en humedales de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Chiapas. Tesis de Maestría. Colegio de la Frontera Sur. pp 168.
- Beccari, B. (2017). A Comparative Analysis of Disaster Risk, Vulnerability and Resilience. *PLoS Curr.* 2016 March 14; 8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4807925/>. doi: 10.1371/journal.pcurr.dis.453df025e34b682e9737f95070f9b970
- Bezaury-Creel, J.D., Gutiérrez Carbonell, D. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México. 385-431 pp.

- Brenkert, A. y Malone, E. (2003). *Vulnerability and resilience of India and Indian states to climate change: a first order approximation*. Joint Global Change Research Institute, College Park, MD. (105p.) <http://www.pnl.gov/globalchange/projects/vul/index.htm>. 13 de Jan 2013.
- Brenkert, A.L., Malone E.L. (2005). Modeling vulnerability and resilience to climate change a case study of India and Indian states. *Clim Change* 72: 57 – 102.
- Brink, E., Aalders, T., Adam, D., Feller, R., Henselek, Y., Hoffmann, A., Ibe, K., Matthey-Doret, A., Meyer, M., Negrut, N.L., Rau, A.L., Riewerts, B., von Schuckmann, L., Törnros, S., von Wehrden, H., Abson, D.J. y Wamsler, C. (2016). Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban area. *Global Environmental Change, Volume 36: 111-123*.
- Botello, A.V., S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). (2010). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasco. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 pp.
- Butler, J.R.A., Wise, R.M., Skewes, T.D., Bohensky, E.L., Peterson, N., Suadnya, W., Yanuartati, Y., Handayani, T., Habibi, P., Puspadi, K., Bou, N., Vaghelo, D., Rochester, W. (2015). Integrating top-down and bottom-up adaptation planning to build adaptive capacity: a structured learning approach. *Coastal Manage* 43: 346–364.
- Cai, H., Lam N.S.N., Qiang, Y., Zou, L., Correll, R.M. y Mihunov, V. (2018). A Synthesis of Disaster Resilience Measurement Methods and Indices. *International Journal of Disaster Risk Reduction: 1-35 pp*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.07.015>
- Carbajal-Evaristo, S.S. (2014). Evaluación del impacto del azolvamiento en La Laguna Cerritos a partir de la canalización del Río Cintalapa. El Colegio de la Frontera Sur. Tesis de Posgrado. 177 pp.

- Carabias, J., V. Arriaga, y G.V. Cervantes. (2007). Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*: Junio. Sociedad Botánica, A.C. D.F. México. No, 80: 85-100.
- Carranza-Ortiz, G. 2017. Indicadores de resiliencia en manglares de México. En: Gómez Mendoza (Coord). *Clima, naturaleza y sociedad: los retos del cambio climático en los socioecosistemas*. Secretaría de Divulgación de la FFyL-UNAM. Bonilla Artigas Editores- UNAM. CdMx. 119-138 pp. ISBN 978-607-8450-96-1 (Bonilla Artigas Editores) ISBN978-607-02-9406-8 (UNAM).
- Carranza-Ortiz, G., Gómez-Mendoza, L., Caetano, E. y Infante-Mata, D. (2018). Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystem: an ecosystem-based adaptation approach. *Investigaciones Geográficas*, [S.I.], n. 95, mar. 2018. ISSN 2448-7279. Disponible en:
<http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59502/53090>. doi: <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59502>.
- CBD. Convention on Biological Diversity (2009). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal, Technical Series No. 41. 12pp.
- CENAPRED. (2001). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*. Atlas Nacional de Riesgos. México.
- Centro Mario Molina. (2011). *Hacia el Programa de Acción ante el Cambio Climático de Oaxaca: Aportes técnicos y recomendaciones de Acciones Tempranas. Contribuciones al Gobierno de Oaxaca*. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente A.C. México.
- Cionco R.M. (1965). A mathematical model of air flow in a vegetative canopy. *Journal of Applied Meteorology* 4: 517-522

- Choudhury, B.J. y Monteith, J.L. (1988) A four layer model for the heat budget of homogeneous land surfaces. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 114: 373-398.
- CNA, Comisión Nacional del Agua (2003). Programa Playas Limpias, Agua y Ambiente Seguro (Proplayas)
<ftp://ftp.conagua.gob.mx/playaslimpias/Resumengeneral/Resumen%20de%20Proplayas.pdf>. Consultado 10 de diciembre de 2017
- CNA. (2012). Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua.
http://Area2_SHN-Humedales_Chiapas.pdf. Consultado 10 diciembre de 2017
- CONABIO. (2008). Los Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 35 pp.
- CONANP. (2003). Estimación de la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera “La Encrucijada”, Periodo 1975-2000. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. México. 30 pp.
- CONANP. (2008). Atlas de Riesgo de la Reserva de *La Biósfera “La Encrucijada”*. Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A. C. 200 pp.
- CONANP. (2010). Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. México. 24 pp.
- CONANP. (2015). Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas. Una Convocatoria para la Resiliencia en México (2015-2020). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Semarnat. México. 60 pp.
- CONANP, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. and The Nature Conservancy. (2011a). Guía para la Elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y The Nature Conservancy. México. 59 pp.

CONANP, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. and The Nature Conservancy. (2011b). Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo de Sierra y Costa de Chiapas. México. 31 pp.

CONANP, PNUD. (2011). Lecciones Aprendidas del Proyecto Manejo Integrado de Ecosistemas (MIE). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México. 32 pp.

CONEVAL. (2014). Medición de la pobreza en México 2010, a escala municipal. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Informacion-por-Municipio.aspx>. 5 de diciembre de 2014.

Constantino T., Roberto M., Dávila I., Hilda R. 2011. Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Política y Cultura, núm. 36: 15 a 44 pp.

Costanza, R. and Folke, C. (1997). Valuing Ecosystem Services with Efficiency, Fairness and Sustainability as Goals. Island Press, Washington, DC: 49-70.

Costanza, R., Groot, R., Sutton, P., Van Der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. y Turner, R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, vol. 26, pp. 152-158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>

Cotler H. (Coord.) (2010). Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT - Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., México D.F., 231 pp.

- Cutter, S., L. Barnes, M. Berry, C. Burton, E. Evans, E. Tate, J. Webb. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change* 18: 598–606.
- Das, S. y Crépin A.S. (2013). Mangroves can provide protection against wind damage during storms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 134: 98 - 107.
- Das S y Vincent J.R. (2009). Mangroves protected villages and reduced death toll during Indian super cyclone. *PNAS* 106:7357-7360
- Day, J.W., Yáñez-Arancibia, A. y Rybczyk, J.M. (2011). *Climate Change: Effects, Causes, Consequences: Physical, Hydromorphological, Ecophysiological, and Biogeographical Changes*. Elsevier Inc. 303-315.
- Delgadillo, C.M., B.E. Mendoza, R. Silva-Casarín, y D. Infante-Mata. (2014). Sobre la resiliencia del manglar en las costas mexicanas ante la presión por eventos extremos. XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Santiago, Chile.
- DESINVENTAR. (2015). Sistema de inventario de efectos de desastres. <http://www.desinventar.org/es/database>. 15 de febrero de 2015.
- EFFECT. (2005). *The Economic, Social and Ecological Value of Ecosystem Services: a Literature Review*. Economics for the Environment Consultancy, Department for the Environment, Food and Rural Affairs, United Kingdom. 42 pp.
- Farber, S. (1987). The Value of Coastal Wetlands for Protection of Property against Hurricane Wind Damage. *Journal of Environmental Economics and Management* 14:143-151.
- Farber, S., Costanza, R. y Wilson, M.A. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecol. Econ.* 41: 375–392.
- Fatoric, S., Chelleri, L. (2012). Vulnerability to the effects of climate change and
60: 1-10.

https://www.adama.com/documents/369693/370573/ATRANEX+90+WG+FT+2014_tcm58-25646.pdf

Ficha Técnica Herbicidas: ATRANEX® 90 WG

https://www.adama.com/documents/369693/370573/ATRANEX+90+WG+FT+2014_tcm58-25646.pdf

Ficha Técnica Comercial Nufarm PARAQUAT AGROGEN 200 SL®

<http://www3.nufarm.com/assets/17887/1/FTPARAQUATAGROGEN200SL.pdf>

Flores-Verdugo, F.J. y Agraz-Hernández, C.M. (2009). Determinación de la micro topografía utilizando mangueras de nivel. En: Moreno-Casasola P. y B. Warner. Eds. Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No 1. RAMSAR, Instituto de Ecología.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16: 253 - 267.

Gedan, K., Kirwan, M., Wolanski, E., Barbier, E., Silliman, B. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: answering recent challenges to the paradigm. *Climate Change* (106): 7 - 29.

Gibson, C.C., Ostrom E y Ahn, T.K. (2000). The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. *Ecological Economics* (32): 217–239.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5a Ed.). Mc Graw Hill. México. pp. 613.

Hernández, H.J.L. (2014). Caracterización de uso de suelo y evaluación de la calidad riparia del río Cacaluta, Acacoyagua, Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Sur. Tesis de Posgrado. 170 pp.

- Hiraishi T, Harada K (2003) Greenbelt tsunami prevention in South-Pacific region. *Report of the Port and Airport Research Institute* 42:1–23
- IIED. (2016). International Institute for Environment and Development (IIED). Tracking adaptation and measuring development (TAMD). Consulta realizada el 26 de febrero de 2016. <http://pubs.iied.org/pdfs/10031IIED.pdf>.
- Imran, S., Alam, K. y Beaumont, N. (2014). Environmental orientations and environmental behaviour: Perceptions of protected area tourism stakeholders. *Tourism Management* 40: 290 – 299.
- IMTA. (2007). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Asesoría y servicios tecnológicos. Consulta realizada el 7 de septiembre de 2015. <https://www.imta.gob.mx/historico/images/docs/inf-2007/asesoria-servicios-tecnologicos.pdf>.
- INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consulta realizada el 5 de diciembre de 2014. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>.
- INE. (2011). Medidas de Adaptación del Cambio Climático en Humedales del Golfo de México (Síntesis). Ed. Víctor Magaña, Leticia Gómez, Carolina Neri, Rosalba Landa, Cuauhtémoc León, Brenda Ávila. 90 pp.
- Innocentini, V., Caetano, E, Carvalho, J.T., Marton, L., da Silva, P. E. D. (2016). The impact of the El Niño in the wave power at Mexican and Peruvian coastlines during the period 1979-2009. WISE Meeting, 2016 CNR-ISMAR Venezia, 21 a 27 de mayo.
- IOM (Institute of Medicine). (2014). *Understanding the connections between coastal waters and ocean ecosystem services and human health: Workshop summary*. Washington, DC: The National Academies Press. 131 pp.

- IPCC. (2007). Estrategia de México ante el cambio climático, México, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2007. 16 p.
- IPCC. (2014). WGII AR5 Glossary. Intergovernmental Panel on Climate Change. 30 pp.
- IUCN. (2008). Ecosystem-based adaptation: An approach for building resilience and reducing risk for local communities and ecosystems. Documento presentado ante la COP14 en Pozan.
- Jeffers, E.S., Nogue, S, Willis, K.J. (2015). The role of palaeoecological records in assessing ecosystem services. *Quat. Sci. Rev.*, 112.17-32.
- Kaplowitz, M.D. (2001). Assessing mangrove products and services at the local level: the use of focus groups and individual interviews. *Landscape and Urban Planning, Volume 56, Issues 1-2*. 53-60 pp.
- Kasperson, J.X., Kasperson, R.E., Turner II, B.L., Schiller, A., Hsieh, W.-H. (2003). Vulnerability to global environmental change. In: Diekmann, A., Dietz, T., Jaeger, C., Rosa, E.S. (Eds.), *The Human Dimensions of Global Environmental Change*. MIT, Cambridge, MA.
- Kathiresan, K y Bingham B.L. (2001). Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Advances In Marine Biology Vol 40*: 81-251.
- Kathiresan K., Rajendran N. (2005). Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuar Coastal Shelf Sci* 65:601-6
- Lahsen, M., Sanchez-Rodriguez, R., Romero-Lankao, P., Dube, P.4, Leemans, R., Gaffney, O, Mirza, M., Pinho, P., Osman-Elasha, B. y Stafford-Smith, M. (2010). Impacts, adaptation and vulnerability to global Environmental change: challenges and pathways for an action-oriented research agenda for middle-income and low-income countries. *Environmental Sustainability* 2: 364-374. DOI 10.1016/j.cosust.2010.10.009.

Landa, R., Magaña, V and Neri C (2008) Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. CCA-UNAM, SEMARNAT, México. Moreno-Casasola, P. e Infante-Mata, D. (2009). Manglares y selvas inundables. Instituto de Ecología A.C., CONAFOR y OIMT. Xalapa Ver., México. 150 pp.

Lavell, A. (s/f). Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición. Consulta realizada el 15 de enero de 2016.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/riesgo-apuntes.pdf>.

Lavell, A. (2010). Gestión Ambiental y Gestión del Riesgo de Desastre en el Contexto del Cambio Climático: Una Aproximación al Desarrollo de un Concepto y Definición Integral para Dirigir la Intervención a través de un Plan Nacional de Desarrollo. Departamento Nacional de Planeación-DNP. Argentina. Consulta realizada el 15 de enero de 2016.

http://www.desenredando.org/public/2013/2010-09-26_DNP_Lavell_DocumentoConceptual_GestionDelRiesgo.pdf.

Lhumeau, A. y Cordero, D. (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Ecuador. 17 pp.

López F. A. J., Hernández, C. D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina El Trimestre Económico, vol. LXXXIII (4), núm. 332, octubre-diciembre 459-496.

Machuca, J.M.A. (2014). Diagnóstico del estado actual del uso y manejo de la zona costera en el Estado de Chiapas. Tesis de Grado. El Colegio de la Frontera Sur. pp. 193.

Magaña, R. V. (2013). Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante el cambio Climático. INE-PNUD. 61 pp.

- Magaña, V. and Caetano, E. (2005). Temporal Evolution of Summer Convective Activity over the Americas Warm Pools. *Geophysical Research Letters*: 32, L02803, doi:10.1029/2004GL021033.
- Marshall, N. A. (2010). Understanding social resilience to climate variability in primary enterprises and industries. *Global Environmental Change*, 20, 36–43.
- Mclvor, A. Spencer, T.1, Spalding, M., Lacambra, C. y Möller, I. (2015). Mangroves, Tropical Cyclones, and Coastal Hazard Risk Reduction. *Coastal and Marine Hazards, Risks, and Disasters*, 403-429 pp. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-396483-0.00014-5>.
- MEA. (2005). Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis. Millenium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington, DC. 67 pp.
- Méndez, A.B. (2005) Áreas Naturales Protegidas en el Estado de Chiapas, situación actual y problemática. Monografía. Universidad Agraria “Antonio Narro” Coahuila. México, pp. 94.
- Moreno-Casasola, P., G. Salinas, A.C. Travieso-Bello, A. Juárez, L. Ruelas, L. Amador, H. Cruz y R. Monroy. (2006). El paisaje costero: investigación para el manejo y la conservación. En: K. Oyama y A. Castillo (Eds.) Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México: perspectivas desde la Investigación Científica. UNAM (Dirección General de Publicaciones) y Siglo XXI Editores. 179-2002.
- Moreno-Casasola, P. e Infante-Mata, D. (2009). Manglares y selvas inundables. Instituto de Ecología A.C., CONAFOR y OIMT. Xalapa Ver., México. 150 pp.
- Moreno-Casasola, P. Infante M. D., López, R. H., Espejel, I., Jiménez-Orocio O., Martínez, M.L., Rodríguez-Revelo, N., Espejel, G.V. y Monroy, R. (2017). Chiapas. SEMARNAT-INECOL. 181-190 pp. [http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/ esp/pdfs/ Publicaciones/Dunas/Chiapas.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/Dunas/Chiapas.pdf).

Mori N, Takemi T (2015) Impact assessment of coastal hazards due to future changes of tropical cyclones in the North Pacific Ocean. *Weather and Climate Extremes. In Press.*

Morzaria-Luna H. N., Turk-Boyer, P. y Moreno-Baez, M. (2013). Social indicators of vulnerability for fishing communities in the Northern Gulf of California, Mexico: Implications for climate change. *Mar. Policy*:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2013.10.013>

Moss, R., Brenkert, A., y Malone, E. (2000). Measuring vulnerability: a trial indicator set. 8p.

Moss, R.H., Brenkert, A.L., Malone, E.L. (2001). Vulnerability to Climate change: a quantitative approach. PNNL-SA-33642. Pacific Northwest National Laboratory, Washington, D.C. <http://www.pnl.gov/globalchange./project/vul/index.html>

Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Liu, J. y Rivington, M. (2013). Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 5, Issue 1: 67-71.*

NOAA (2014). <https://www.nhc.noaa.gov>

Ochoa, Z. M., Castellanos M.R., Ochoa P.Z., Oliveros M. J. (2015). Variabilidad y cambio climáticos: su repercusión en la salud. *MEDISAN 19 (7): 873-875.*

Ojea, E. (2015). Challenges for mainstreaming Ecosystem-based Adaptation into the international climate agenda. *Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 14: 41-48.*

OMM. (2016). Organización Meteorológica Mundial. Noticias. Consulta realizada el 26 de febrero de 2016.
<https://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/Iniciativasparaumentarlaresilienciacoastera.html>.

- Palmer, B J., Van der Elst, R., Mackay, F., Mather, A A., Smith, A M., Bundy, S C., Thackeray, Z., Leuci, R. y Parak, O. (2011). Preliminary coastal vulnerability assessment for KwaZulu-Natal, South Africa, *Journal for Coastal Research*, 64, 1390-1395.
- Pendleton, E A., Thieler, E R. Williams, S J. (2004) *Coastal Vulnerability Assessment of Cape Hatteras National Seashore (CAHA) to Sea-Level Rise: Open-File Report 2004-1064*, U.S Geological Survey
- Periotto, N.A. y Tundisib, J. G. (2018). A characterization of ecosystem services, drivers and values of two watersheds in São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* Vol.78 no.3. ISSN 1519-6984 (Print) ISSN 1678-4375 (Online). <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.166333>
- Prato, T. (2008). Conceptual framework for assessment and management of ecosystem impacts of climate change. *Ecological Complexity* 5: 329-338.
- Rahman, M.M., Jiang Y. e Irvine K. (2018). Assessing wetland services for improved development decision-making: a case study of mangroves in coastal Bangladesh. *Wetlands Ecol Manage* 26:563–580. <https://doi.org/10.1007/s11273-018-9592-0>
- Ramsar, (2013). Consulta realizada en febrero de 2013. <http://www.ramsar.org/doc/sitelist.doc>
- Rodríguez-Herrero, P.H., Bozada-Robles, L.M. (2010) Vulnerabilidad social al cambio climático en las costas del Golfo de México: Un estudio exploratorio. In: Botello, AV, Villanueva-Fragoso, S, Gutierrez, J, Rojas-Galaviz, JL (eds) *Vulnerabilidad de las Zonas Costeras Mexicanas Ante el Cambio Climático*. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, 427 - 468.
- Rodríguez-Zuñiga, M.T., Troche-Souza, C., Vázquez-Lule, A.D., Márquez-Mendoza, J.D., Vázquez-Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López M.I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada,

- S., Acosta-Velázquez, J., Diaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Fueyo-Mac Donald, L. y Galindo-Leal, C. (2013). Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 128 pp.
- Sales, F.R. (2009) Vulnerability and adaptation of coastal communities to climate variability and sea-level rise: Their implications for integrated coastal management in Cavite City, Philippines. *Ocean & Coastal Management* 52: 395–404
- Salvador-Ginez, O., Ortega-Andeane, P., Rivera-Aragón, S. y García-Mira, R. (2017). *Validation and reliability of the Scale of Landslide Risk Perception in Mexico City*. Psychological Research Records, Acta de Investigación Psicológica 7 (2017) 2618-2626. doi.org/10.1016/j.aiprr.2016.11.006.
- Sandilyan, S. y Kathiresan, K. (2012). Mangrove conservation: a global perspective. *Biodivers. Conserv.* 21 (14), 3523e3542. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-012-0388>.
- Sandilyan S (2015) Developing a robust methodology to quantify the ecological services of the mangrove is need of the hour. *Ocean & Coastal Management* 116: 532-533.
- Schmidt, K., Sachse, R. y Walz, A. (2016). Current role of social benefits in ecosystem service assessments. *Landscape and Urban Planning* 149: 49-64.
- Schneider, S. H., Semenov, S., Patwardhan, A., Burton, I., Magadza, C. H.D., Oppenheimer, M., Pittock, A. B., Rahman, A., Smith, J. B., Suarez, A. y Yamin, F. (2007). "Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change". In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Edited by: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J.

- P., van der Linden, P. J. and Hanson, C. E. 779 - 810. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Seingier, G. Espejel, I., Fermán-Almada, J.L.González, Delgado G. O, Montañó-Moctezuma, G., Azuz-Adeath, I., Aramburo-Vizcarra, G. (2011). Designing an integrated coastal orientation index: A cross-comparison of Mexican municipalities. *Ecological Economics Volume 11: (2): 633–642.*
- SEMARNAT-INE. (1999). Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera de La Encrucijada. México. 184 pp.
- SEMARNAT. (2011). Estrategia Nacional para la Atención de los Ecosistemas de Manglar. Consulta realizada el 13 de julio de 2015.
http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/participacion/consultaspublicas/marecostasymanglares/Documents/estrategia_nacional_manglares_2011.pdf.
- SEMARNAT. (2013). Manejo de Ecosistemas de Dunas Costeras, Criterios Ecológicos y Estrategias. Dirección de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial. 99p.
- SEMARNAT. (2014). Política Nacional de Humedales. Mexico. 253 pp.
- Shaw, R. H. y Pereira, A.R. (1982): Aerodynamic roughness of a plant canopy: A numerical experiment. *Agricultural Meteorol. 26: 51-65.*
- Shepherd, G. (2006). El Enfoque Ecosistémico: Cinco Pasos para su Implementación. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 30 pp
- Spalding, M.D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L.Z., Shepard, C. y Beck, M.W. (2014). The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean & Coastal Management 90: 50-57.*
- Stull, R. B. (1988). An Introduction to Boundary Layer Meteorology,luwer Academic Springer, 666 pp.

- Tam, J. y McDaniels, T.L. (2013). Understanding individual risk perceptions and preferences for climate change adaptations in biological Conservation. *Environmental Science & Policy*, 27: 114 – 123.
- Tovilla-Hernández, C., Aguilar-López, E., Gordillo-Solís, O.G., Rojas-García, C.J. y Vázquez-Lule, A.D. (2009). Caracterización del sitio de manglar La Encrucijada, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. México. pp. 21.
- Uchijima, Z. y Wright, J.L. (1964). An experimental study of air flow in a corn plant-air layer. *The Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences (Japan)*, Series A. 11: 19-65.
- Villanueva, P. (2011). Learning to ADAPT: monitoring and evaluating approaches in climate change adaptation and disaster risk reduction - challenges, gaps and ways forward. Strengthening Climate Resilience (SCR). Consulta realizada el 24 de Agosto de 2015. <http://community.eldis.org/.59d5ba58/SCR-Discussion-paper9.pdf>.
- Vo, Q.T., Kuenzer, C., Vo, Q.M., Moder, F. y Oppelt, N. (2012). Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological Indicators* 23: 431-446.
- Wamsler, C., Luederitz, C. y Brink, E. (2014). Local levers for change: Mainstreaming ecosystem-based adaptation into municipal planning to foster sustainability transitions. *Global Environmental Change, Volume 29*: 189-201.
- Watkiss, P. y Hunt, A. (2011). Projection of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom up analysis: human health. *Climatic Change* 112: 101-126.

- Yañez-Arancibia, A. Day, J. W. Twilley, Lara-Domínguez A.L. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques* 4(2):3-19 3.
- Yañez-Arancibia, A. DAY, J. W. Twilley, R., Day, R. (2010). Los manglares frente al cambio climático ¿tropicalización global del Golfo de México?. En: Yañez-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), 93-126.
- Yepes-Mayorga, A. (2012). Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra...Orinoquia, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 16, No. 1: 77-92.
- Zapata R., Rómulo C. y Mora S.(2000). “Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres”. En *Seminario Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión del Desarrollo*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe-Banco Interamericano de Desarrollo.

ANEXO 1. ENCUESTA DE PERCEPCIÓN SOCIAL

ENCUESTÓ	FECHA:	LOCALIDAD:										
PREGUNTAS			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
¿HA PERCIBIDO?:	AUM. NIVEL DEL MAR											
	MAS LLUVIAS											
	INUNDACIONES											
	MAS CICLONES											
	CIC.+ FUERTES CIC.+ FRECUEN.											
¿HA PERCIBIDO PÉRDIDA DE COBERTURA DE MANGLAR?	SI											
	NO											
¿A QUÉ CREE QUE SE DEBA?												
¿HA PERCIBIDO AUMENTO EN LOS SEDIMENTOS QUE HAY EN EL MANGLAR?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿A QUÉ CREE QUE SE DEBA?												
¿CONSIDERA QUE LO ANTERIOR SE DEBE A VARIACIONES NORMALES DEL CLIMA?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿CREE QUE LOS MANGLARES PROTEGEN DE VIENTOS?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿CREE QUE LOS MANGLARES PROTEGEN DE INUNDACIONES?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿CREE QUE LOS MANGLARES PROTEGEN DE MAREAS DE TORMENTA?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿HACE USO DEL MANGLAR O LOS RECURSOS QUE SE ENCUENTRAN EN ÉL?, SI LA RESPUESTA ES SÍ...	SI											
	NO											
	NO SE											
	¿DE QUE MANERA Y CON QUÉ FRECUENCIA?											
¿SABE A QUIÉN ACUDIR SI DESEA HACER USO DE LOS RECURSOS DEL MANGLAR?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿CREE QUE EL GOBIERNO FEDERAL/MUNICIPAL/EJIDAL ESTÁ CAPACITADO PARA EL MANEJO DEL QUERER REALIZAR ACCIONES DE USO, CONSERVACIÓN, EXPLOTACIÓN DEL MANGLAR?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿PIENSA USTED QUEDARSE A RESIDIR DEFINITIVAMENTE EN ESTA REGIÓN?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿HA PARTICIPADO EN ACCIONES PARA CONSERVAR Y/O RESTAURAR MANGLAR?, SI SU RESPUESTA ES NO, ¿LE GUSTARÍA PARTICIPAR?.	SI											
	NO											
	LE GUSTARÍA PARTICIPAR?											
¿SE REALIZAN ACCIONES DE ECOTURISMO O TURISMO SUSTENTABLE EN SU COMUNIDAD?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿SE REALIZAN CAMPAÑAS EDUCATIVAS SOBRE COMO CONSERVAR EL MANGLAR EN SU COMUNIDAD?	SI											
	NO											
	NO SE											
¿CONOCE ONG'S INVOLUCRADAS EN LA PROTECCIÓN DEL MANGLAR O EL AMBIENTE?	SI											
	NO											
	NO SE											

PREGUNTAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
¿CONOCE EL FENÓMENO DE MAR DE FONDO?:	SI										
	NO										
	NO SE										
¿HA PERCIBIDO CON ANTERIORIDAD FENÓMENOS DE MAR DE FONDO?	SI										
	NO										
	NO SE										
¿A QUÉ CREE QUE SE DEBA?											
¿PERCIBIÓ ALGÚN FENÓMENO DE MAR DE FONDO RECIENTEMENTE?	SI										
	NO										
	NO SE										
¿HUBO DAÑOS EN SU COMUNIDAD?	SI										
	NO										
	NO SE										
¿QUÉ TIPO DE DAÑOS?											
¿SI PERCIBIÓ CON ANTERIORIDAD EVENTOS DE MAR DE FONDO, CONSIDERA QUE ESTE EVENTO DE MAR DE FONDO FUE:?	MENOR										
	IGUAL										
	MAYOR										
	NO SÉ										
Edad											
Género (M- masculino, F-											
Nivel de estudios (P-Primaria, S-											
Actividad											
Comentarios											

ANEXO 2. ENTREVISTA A AUTORIDADES DE PROTECCIÓN CIVIL

No.	Dependencia:	Cargo:	Municipio:	Fecha:
1	¿Cuentan con instalaciones y recursos para atender las emergencia hidrometeorológicas?			
2	¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar alertas (PC, internet, fax, teléfono, etc.)?			
3	¿Existe un sistema de alerta temprana en el municipio?			
4	¿Cuentan con Atlas de Riesgo?			
5	¿Existen bases de datos de riesgo municipales?			
6	Para la atención de eventos hidrometeorológicos extremos, ¿cuentan con planes de emergencia, refugios o albergues?			
7	¿Qué eventos hidrometeorológicos extremos han generados daños en el municipio y qué tipo de daños?			
8	¿Cómo se avisa a la población de eventos de emergencia y las acciones a seguir?			
9	¿Son transitables los caminos?			
10	¿Existen programas para capacitar a la población en caso de emergencia?			
11	¿Se tienen identificada población en riesgo a eventos hidrometeorológicos en el municipio?			