



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA  
UNAM EN YUCATÁN**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

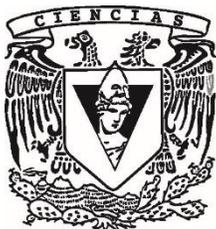
**EVALUACIÓN DEL RIESGO REAL Y PERCIBIDO  
ANTE LA EROSIÓN COSTERA EN DOS PLAYAS  
DE YUCATÁN, Y SU RELACIÓN CON LA  
PÉRDIDA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN MANEJO SUSTENTABLE DE  
ZONAS COSTERAS**

**P R E S E N T A:**

**EMMANUEL RODRÍGUEZ SILVA**



**DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. LAURA ELENA VIDAL HERNÁNDEZ**

**Sisal, Yucatán, México.  
2019**



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.

## Hoja de Datos del Jurado

Alumno:	Emmanuel Rodríguez Silva Teléfono: 55 59 97 76 18 ers@ciencias.unam.mx Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Manejo Sustentable de Zonas Costeras 312098098
---------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Datos de la Tutora	Dra. Laura Elena Vidal Hernández	Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México
Datos del Sinodal 1	Dra. María Patricia Guadarrama Chávez	Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México
Datos del Sinodal 2	Dra. Gabriela Mendoza González	Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México
Datos del Sinodal 3	M. en C. Teresa Evangelina Martínez Díaz	Facultad de Ingeniería Universidad de Colima
Datos del Sinodal 4	Dr. Alec Torres Freyermuth	Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México
Trabajo escrito	Evaluación del riesgo real y percibido ante la erosión costera en dos playas de Yucatán, y su relación con la pérdida de servicios ecosistémicos. Tesis de licenciatura UNAM. 98 p., 2019.	

## **Dedico este trabajo especialmente**

*A la memoria de mi abuelita Paz y mi abuelito Lazarito, quienes hoy son estrellas en el cosmos, cuya luz alumbra mi camino.*

*A Manuel y Alicia, mis amados padres, quienes siempre mantuvieron a flote a su barco más pequeño (yo), resguardándolo de toda tormenta para que llegara a salvo al puerto.*

*A mi hermanita, Amairany, quien me apoya en todo momento y siempre espera mi llegada a tierra para consentirme.*

*A mi hermano Erick, a quien le agradezco la intención de ser un lighthouse en mi vida, especialmente en esta etapa.*

*A Pech y María, mis hijos caninos, cuya existencia llena de profunda felicidad a mi vida.*



**«Любовь и море ужасают меня, но я не могу жить без них»  
-Эмма-**

## Agradecimientos

A mi directora de tesis, la Dra. Laura Vidal, por brindarme su apoyo y conocimiento siempre con un trato amable. Mi entera admiración por su gran ética profesional y su compromiso laudable para con los educandos. Gracias por darme la oportunidad para desarrollar este trabajo.

Agradezco a cada uno de los integrantes del sínodo por sus valiosas aportaciones y el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

A todos los que apoyaron en la aplicación de encuestas en Sisal y Chicxulub. Asimismo, agradezco a las personas encuestadas por brindar su disponibilidad y valioso tiempo, sin ustedes este trabajo no tendría cabida. Al Dr. Nelson Guillermo Rangel, por su generoso apoyo a distancia. También le doy las gracias al Ing. Manuel Núñez, técnico del departamento de Catastro Municipal de Progreso.

A mis profesores y profesoras de la licenciatura, así como todo el personal que labora dentro de la Unidad Académica de Sisal, cuya labor hizo posible el término de esta etapa.

A Carlos Yáñez “lichos”, por su amistad, confianza y apoyo durante el tiempo que coincidimos.

Agradezco profundamente a mis compañeros Adrián, Karen, Azeneth, Pamela, Hiram, Alex, Melissa y José Juan, así como a Ricardo Merlos y Fernanda Nava, gracias por las risas, mordagas, pláticas, enseñanzas y todo. Les deseo lo mejor.

A los integrantes del “Sauzal *Crew*”, Jesús Vera y Lynda Martínez, cuya compañía fue fundamental durante mi estancia en Ensenada, Baja California.

A Victoria Palermo, por los grosos momentos compartidos en Ensenada, sos lo más.

Por supuesto, a mis compinches de mi barrio natal: Josué, Ángel, Enrique Sánchez, Héctor, Carlos Ruiz, Enrique Bárcenas y mi primo Octavio Ortiz, gracias a ustedes por su amistad y por el apoyo emocional para concluir mis estudios.

Debido a que fui forjado desde que era un párvulo en escuelas públicas, sin importar las deficiencias, reconozco la importancia que tuvo cada una de las instituciones para consolidar mi formación, además de las excelentes personas que encontré en el camino.

Gracias por el apoyo financiero obtenido mediante el proyecto “Estudio integral de restauración y estabilización costera del estado de Yucatán. Fase 1 Tramo Chicxulub-Telchac y zona experimental en Sisal. LANRESC-SEDUMA. 2017-2018”, que permitió la realización de este trabajo.

Por último y no menos importante, agradezco a la **UNAM**, mi *alma mater*, quien ha adiestrado a este marinero desde la perspectiva de distintas disciplinas, y que ahora se encuentra listo para *largar amarras* y zarpar hacia nuevos horizontes.

# Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Marco teórico</b> .....	4
2.1 Sistema playa-duna.....	4
2.2 Servicios ecosistémicos .....	5
2.3 Métodos de valoración de los ecosistemas .....	6
2.4 Erosión costera y costos asociados.....	7
2.5 Riesgo técnicamente evaluado y socialmente percibido .....	9
2.6 Estrategias de Manejo .....	10
2.7 Infraestructura de protección costera .....	11
<b>3. Antecedentes</b> .....	15
3.1 La zona costera de Yucatán .....	15
3.2 Desarrollo en la costa de Yucatán .....	16
3.3 Erosión en las playas de Yucatán .....	18
3.4 Estudios sobre erosión costera en Yucatán .....	19
3.5 Demandas sociales sobre erosión costera.....	19
<b>4. Justificación</b> .....	21
4.1 Preguntas de investigación .....	22
<b>5. Objetivos</b> .....	22
5.1 General.....	22
5.2 Particulares .....	22
<b>6. Material y métodos</b> .....	23
6.1 Zonas de estudio.....	23
6.2 Población objetivo e instrumentos.....	25
6.3 Caracterización de las personas encuestadas .....	27
6.4 Identificación de servicios ecosistémicos.....	27
6.5 Percepción social del riesgo.....	28
6.6 Riesgo real o técnicamente evaluado.....	28
6.7 Disposición a pagar para la conservación de la playa .....	30
6.8 Estrategias gubernamentales y sociales .....	31

<b>7. Resultados</b> .....	<b>32</b>
7.1 Caracterización de las poblaciones encuestadas .....	32
7.2 Identificación de los servicios ecosistémicos .....	36
7.3 Percepción social del riesgo .....	38
7.4 Riesgo técnicamente evaluado en Chicxulub .....	39
7.5 Disposición a pagar para conservar la playa en Sisal .....	41
7.6 Remembranza del manejo de erosión costera en Chicxulub	42
7.7 Remembranza del manejo de erosión costera en Sisal.....	46
<b>8. Discusión</b> .....	<b>49</b>
8.1 Caracterización de las poblaciones encuestadas .....	49
8.2 Identificación Servicios Ecosistémicos .....	51
8.3 Percepción social del riesgo .....	52
8.4 Riesgo técnicamente evaluado .....	53
8.5 Estrategias y remembranza del manejo de erosión .....	56
8.6 Consideraciones técnicas para futuras investigaciones .....	59
<b>9. Conclusiones y comentarios finales</b> .....	<b>61</b>
<b>10. Recomendaciones</b> .....	<b>64</b>
<b>11. Referencias</b> .....	<b>72</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>82</b>
<b>Anexo A. Encuesta para la población de Sisal</b> .....	<b>82</b>
<b>Anexo B. Encuesta para la población de Chicxulub Puerto</b> .....	<b>90</b>
<b>Anexo C. Mapa de evaluación del riesgo en Chicxulub</b> .....	<b>98</b>
<b>Anexo D. Variables utilizadas en el análisis de conglomerados</b> .....	<b>98</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1. Esquema de playa y duna costera.....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2. Daños causados por erosión costera.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 3. Estrategias de manejo de la erosión costera. ....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 4. Espigones en la costa de Yucatán. ....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 5. Escollera del puerto de abrigo en Sisal.....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 6. Geotextiles presentes en la costa de Yucatán. ....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 7. Efecto de espigones y sistema de Bypass.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 8. Puerto de altura de Progreso en Yucatán, México.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 9. Modelo Presión-Estado-Respuesta .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 10. Localización geográfica de Hunucmá y Progreso. ....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 11. Microlocalización de las áreas de estudio. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 12. Ocupación y nivel educativo de los encuestados.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 13. Análisis de conglomerados.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 14. Problemáticas costeras identificadas .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 15. Servicios ecosistémicos percibidos por encuestados .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 16. Mención de los Servicios Ecosistémicos percibidos .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 17. Percepción de impacto.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 18. Mapa que muestra la afectación potencial en infraestructura.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 19. Prácticas de manejo de erosión costera en Chicxulub.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 20. Especies de vegetación de duna presentes en Chicxulub .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 21. Prácticas de Manejo de erosión costera en Sisal. ....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 22. Especies identificadas en la playa de Sisal. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 23. Círculo vicioso del manejo de erosión costera.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 24. Viñeta: mitigación de la erosión costera. ....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 25. Propuesta de pasarela para conservar las dunas en Sisal.....</b>	<b>68</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1. Servicios ecosistémicos proveídos por las dunas costeras. ....</b>	<b>6</b>
<b>Tabla 2. Características de las agrupaciones de encuestados. ....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 3. Importancia relativa otorgada a los servicios . ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 4. Estimación de las Pérdidas Monetarias por Erosión Costera . ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 7. Disposición a pagar .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 5. Proyecto de Recuperación de Playas de la \$D\$. ....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 6. Prácticas de manejo de erosión costera .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 8. Prácticas de manejo de erosión costera en la playa de Sisal .....</b>	<b>47</b>

## Acrónimos y abreviaturas

<b>AC</b>	Asociación Civil
<b>APFNEY</b>	Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Yucatán
<b>CA</b>	<i>Cluster Analysis</i>
<b>CONABIO</b>	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
<b>DAP</b>	Disposición a Pagar
<b>GIS</b>	<i>Geographic information system</i>
<b>IINGEN</b>	Instituto de Ingeniería UNAM
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>PMEC</b>	Pérdidas Monetarias por Erosión Costera
<b>POETCY</b>	Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán
<b>SE</b>	Servicios Ecosistémicos
<b>SDS</b>	Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Yucatán
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de Desarrollo Social
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>VC</b>	Valor de Construcción
<b>VOC</b>	Valor de Obras Complementarias
<b>VUS</b>	Valor Unitario de Suelo
<b>ZOFEMAT</b>	Zona Federal Marítimo Terrestre

## Resumen

La erosión de playas es uno de los grandes problemas de manejo costero en Yucatán que ha generado impactos ambientales, económicos y sociales desde mediados del siglo pasado. Los ecosistemas de duna costera y las playas se están degradando, así como algunos de sus servicios ecosistémicos, debido al incremento de actividades antrópicas y, en menor medida, a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos. La inadecuada implementación de obras artificiales de protección costera, alteran el proceso de transporte litoral de sedimentos, acelerando la erosión y poniendo en riesgo los asentamientos humanos. Hasta el momento el manejo de erosión costera en Yucatán ha sido limitado en visión y alcances; por lo tanto, este trabajo evalúa el riesgo real y percibido ante la erosión costera, así como la percepción sobre la importancia de los servicios ecosistémicos aportados por las dunas costeras y las playas en dos comunidades de Yucatán, con el fin de construir una visión integral de la problemática y proponer una solución más sustentable. La percepción del riesgo se obtuvo de información primaria a partir de encuestas a pobladores de ambas comunidades. El riesgo real fue abordado mediante dos enfoques: para Chicxulub se estimaron las pérdidas económicas potenciales debido a los daños en infraestructura con ayuda de sistemas de información geográfica; mientras que, en Sisal, donde no existen procesos erosivos, se estimó la disposición a pagar (DAP), para la preservación de playas, como una medida preventiva. Los resultados muestran una percepción del riesgo diferenciada entre las comunidades según su propia experiencia ante la erosión, o acreción, de la playa; en Sisal la mayoría de los encuestados no percibe ningún impacto generado por el retroceso de playa y reconoce abundantes servicios ecosistémicos de la misma; mientras que, en Chicxulub, los encuestados perciben impactos importantes en su calidad de vida y viviendas por erosión costera y conocen pocos servicios ecosistémicos de la playa. Utilizando el patrón de erosión costera de los últimos años (1m/año), se estimó una pérdida económica potencial de \$36 millones de pesos para los próximos 30 años, a lo largo de 3 km de playa en Chicxulub; daño que corresponde al 40% del valor actual de las propiedades expuestas a tal proceso. En Sisal, se estimó una DAP de \$292 pesos/año/vivienda. En ambas comunidades, las medidas que prevalecen para mitigar la erosión costera son la instalación de estructuras blandas/duras (Protección) y las de Sacrificio (*e.i.* no hacer nada); es decir, medidas que a la larga tendrán un mayor costo económico y repercutirán en la provisión de servicios ecosistémicos. Finalmente, se brindan una serie de recomendaciones para la protección y conservación de playas a largo plazo.

**Palabras clave:** erosión costera, evaluación y percepción del riesgo, servicios ecosistémicos, playa, duna, sustentable.

## Abstract

Beach erosion has become a serious coastal management problem in Yucatan that has generated environmental, economic and social impacts in the last four decades. Coastal dune ecosystems and sandy beaches are being lost, as well as their ecosystem services, due to the increase of anthropic activities and extreme climatic events; which, added to the inadequate implementation of artificial works of coastal protection, alter the process of littoral transport of sediments and puts at risk human settlements with beach fronts. So far, attention to coastal erosion has been limited in vision and scope; Therefore, this work evaluates the real and perceived risk of coastal erosion, as well as the perception of the importance of the ecosystem services provided by the coastal dunes and sandy beaches in two contrasting communities of Yucatan, in order to build a more integral vision of the problem and propose a more sustainable solution. To understand the perception of risk, primary information was obtained from surveys of residents of both communities; while the real risk was addressed by estimating potential economic losses due to damage to infrastructure with the help of geographic information systems and estimating the willingness to pay (WTP), in the case of Sisal, due to the fact that Sisal is not undergoing erosion processes. Therefore, the WTP represents a preventive measure. The results show a perception of the risk differentiated between the communities according to their own experience facing the erosion or the accretion of the coast; in Sisal the majority of respondents do not perceive any impact generated by the beach retreat and recognizes abundant ecosystem services; whereas in Chicxulub, respondents perceive important impacts on their quality of life and housing due to coastal erosion and know few ecosystem services on the beach. A potential estimated economic cost of more than \$ 36 million pesos in 3 km of Chicxulub beach was obtained using the current coastal erosion pattern of 1m/yr., which corresponds to 40% of the current value of the properties exposed to such process. In Sisal, the WTP was calculated in almost \$16 USD/yr/household. In both communities, the measures that prevail to mitigate coastal erosion are the installation of soft / hard structures (Protection) and those of Sacrifice (*e.i.* doing nothing); that is to say, measures that in the long run will have a much greater cost and will affect the provision of other ecosystem services. Finally, a series of recommendations are provided for the long-term protection and conservation of beaches.

**Keywords:** coastal erosion, assessment and risk perception, ecosystem services, beach, dune, sustainable.

*“El mar. El mar encanta, el mar mata, conmueve,  
asusta, también hace reír, a veces desaparece, de vez en  
cuando se disfraza de lago, o bien construye tempestades,  
devora naves, regala riquezas, no da respuestas,  
es sabio, es dulce, es potente, es imprevisible.  
Pero, sobre todo, el mar llama”.*

Alessandro Baricco

## 1. Introducción

Las playas arenosas son de los ecosistemas costeros mayormente distribuidos y más dinámicos del mundo; al menos un cuarto de éstos se está perdiendo a causa de erosión costera (Reuters, 2018). La erosión costera es un problema a nivel mundial (Cooper y Mckenna, 2008; Gracia *et al.*, 2017; Rangel *et al.*, 2018b), cuyas consecuencias pueden incluir desde pérdidas humanas hasta impactos negativos en el sector ambiental, económico, social y político (Doody *et al.*, 2005; Carranza, 2009). Desafortunadamente, bajo los escenarios actuales y futuros del calentamiento global y el aumento relativo del nivel del mar, se espera que los procesos de erosión costera alcancen proporciones gigantescas dificultando con ello su manejo (Shi y Kaspersen, 2015) y la mitigación de sus impactos.

El problema de erosión costera cobra relevancia si se considera que una buena parte de la población mundial se concentra cerca de las costas, constituyendo las principales megalópolis. De acuerdo con Crowell *et al.*, (2007) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) (WRI, 2010), aproximadamente el 20% de la población mundial vive dentro de los primeros 25 km del litoral. Además, Jones y Phillips (2009), advierten que la ocupación del litoral ha ido incrementando en las últimas décadas debido a las actividades turísticas que se sostienen en su belleza escénica y en sus múltiples recursos naturales.

Son varios los estudios que reconocen que la erosión costera se presenta como un proceso de cambio natural en todas las costas del mundo (Clayton 1989; Newsham *et al.*, 2002; Woodroffe 2002) y, que en realidad el problema surge de un juicio de valor que se presenta la mayoría de las veces en zonas densamente urbanizadas donde la infraestructura y las actividades productivas se encuentran amenazadas, lo cual podría traducirse en pérdidas

monetarias de gran magnitud (Cooper y Mckenna, 2008; Rangel *et al.*, 2018a,b). Como ejemplo, en el Reino Unido los daños causados por inundaciones y erosión costera fueron valuados en 1,300 millones de euros durante el invierno de 2013 a 2014 (EA, 2016). Pese a ser un proceso cíclico natural, la erosión se puede acrecentar por la construcción de infraestructura de protección costera (*e.g.* rompeolas, escolleras, espigones), desarrollos inmobiliarios, actividades portuarias, remoción de la vegetación en dunas costeras y los efectos del cambio climático (Carranza, 2009; Trejo, 2012).

El riesgo al que se encuentran expuestos los intereses humanos en las costas ha motivado una enorme cantidad de estudios sobre evaluación del riesgo ante el retroceso de playa. Una parte de estos estudios se enfocan al desarrollo de índices de riesgo utilizando indicadores relacionados con la geomorfología, hidrodinámica y ecología de las costas (Kokot *et al.*, 2004; Ojeda *et al.*, 2009), otros determinan el nivel de riesgo desde la perspectiva económica (McLaughling *et al.*, 2002; Rangel y Anfuso, 2015). Sin embargo, son escasos los estudios que incluyen la percepción de riesgo de la población. De modo que, para que cualquier medida sea tomada en aras de aminorar el riesgo, de acuerdo con Costas *et al.*, (2015), tendría que incluirse la percepción de las comunidades costeras dentro de los análisis de riesgo.

Por otro lado, es menester conocer en qué medida el gobierno y la población en general reconocen la importancia de sus playas y dunas costeras, y si éstos conocen la amplia gama de servicios ecosistémicos que estos ecosistemas brindan; entre los cuales se destacan la regulación de disturbios (protección contra tormentas o huracanes, control de inundaciones), control de erosión y retención de sedimentos, los de refugio y hábitat de organismos, el suministro de materias primas (aprovechamiento de arena y material pétreo), y los servicios de recreación (Flores y Espejel, 1994; Martínez *et al.*, 2007; Costanza *et al.*, 2017). Razón por la cual, las funciones ecológicas de las playas tienen que considerarse dentro de las estrategias de manejo de erosión costera basadas en el ecosistema, práctica que posee un enfoque más sustentable en comparación con otras estrategias convencionales como las encaminadas al uso de técnicas de ingeniería dura (Gracia *et al.*, 2017), las cuales han prevalecido sobre otras técnicas y, en la mayoría de los casos han sido diseñadas de manera inadecuada (Rangel *et al.*, 2018b).

México no es la excepción ante la problemática de erosión costera. Esta ocurre en todos los estados con litoral (Cupul *et al.*, 2004; Aldana *et al.*, 2009; Carranza *et al.*, 2015) aunque los problemas críticos se presentan en las grandes ciudades y en los principales polos turísticos, como el caso de Cancún en el estado de Quintana Roo. En la costa norte de Yucatán desde hace más de treinta años el problema se ha vuelto cada vez más serio, y es en esta parte donde

en los últimos 40 años se han perdido al menos 20 metros de ancho de playa (Lira-Pantoja *et al.*, 2012). Además, en este periodo de tiempo las costas de la Península de Yucatán fueron afectadas por la ocurrencia de dos huracanes de gran magnitud, “Gilberto” en 1988 de categoría 5 e “Isidoro” en 2002 de categoría 3. Situación que ha generado pérdidas y daños en una enorme cantidad de viviendas particulares, cuyos propietarios (en compañía del gobierno del Estado) han implementado múltiples estrategias enfocadas en la instalación de infraestructura de protección costera (como espigones y rompeolas) tratando de controlar el proceso erosivo. A pesar de los esfuerzos para hacer frente al problema, este no se ha abordado de manera holística por lo que la erosión continúa generando estragos en varias comunidades de Yucatán.

Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de afrontar el problema de erosión costera en Yucatán mediante un enfoque integral, donde las decisiones estén basadas en fundamentos científicos de diferentes disciplinas y surjan de un acuerdo entre los diferentes actores involucrados en busca del bienestar social y ambiental. Con base en lo expuesto, este trabajo de tesis evalúa el riesgo de erosión costera, real y percibido, en dos localidades ubicadas en la costa del estado de Yucatán, considerando la importancia de los servicios ecosistémicos proveídos por las playas y dunas. Los resultados que aquí se presentan pueden ser de gran importancia para la toma de decisiones con el fin de reducir el riesgo de pérdida de infraestructura y de los servicios ecosistémicos que las playas presentan en las comunidades estudiadas. Asimismo, la información generada puede coadyuvar para prevenir situaciones de riesgo que podrían presentarse en el futuro en otras áreas de la costa si no se llevan a cabo las medidas pertinentes.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Sistema playa-duna

Las playas arenosas son de los ecosistemas costeros más ampliamente distribuidos y más dinámicos del mundo (Schlacher *et al.*, 2008). Abarcan aproximadamente el 40% del litoral costero en el mundo (Moreno, 2006), se caracterizan por la presencia de sedimento no consolidado de origen mineral o biológico y, son moldeadas de forma natural por el oleaje, el viento, las mareas y las corrientes (Moreno y Travieso, 2006; Carraza, 2009), y generalmente están asociadas a ecosistemas de dunas o humedales (Silva *et al.*, 2014). Por otra parte, las dunas costeras se definen como aquellas acumulaciones de arena que pueden medir desde unos cuantos centímetros hasta extenderse por kilómetros formando un sistema masivo de colinas de arena ondulantes. Los sedimentos que las conforman provienen de arena transportada por el oleaje y el viento, principalmente. Se puede considerar que hay dos tipos de duna, las móviles y las estabilizadas. Las primeras ocurren cuando la arena seca y sin vegetación se encuentra expuesta a la acción del viento, mientras que las segundas están cubiertas por vegetación volviéndolas relativamente estables (Moreno, 2006). Para los objetivos de este trabajo, la playa y la duna costera son consideradas un mismo ecosistema, es decir, dentro de la delimitación espacial de la playa está contemplada la duna costera (Figura 1).

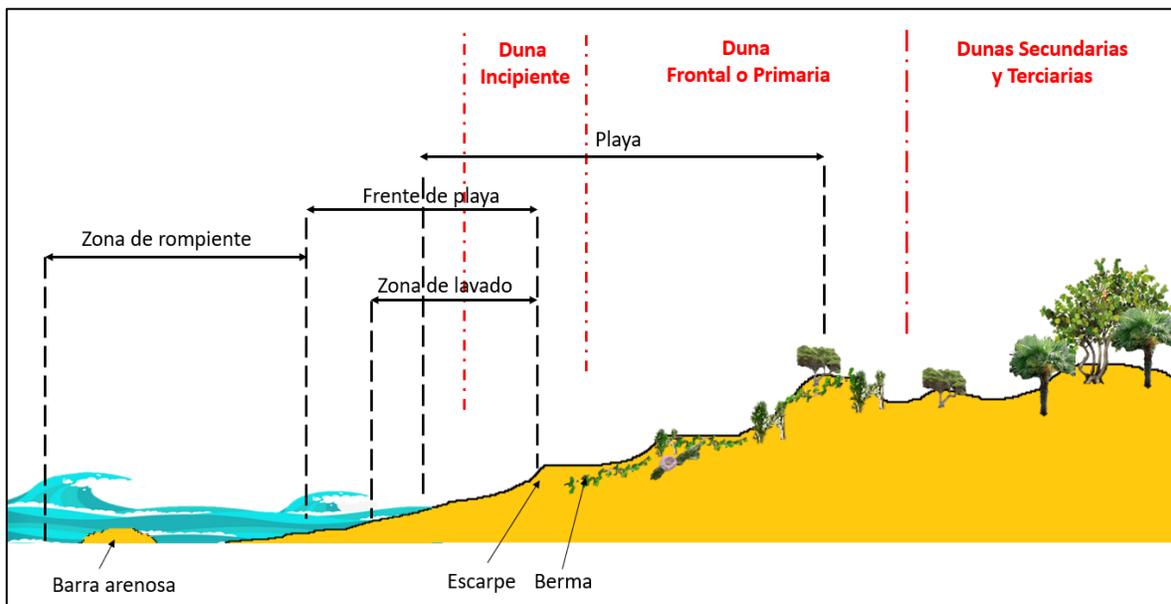


Figura 1. Esquema de playa y duna costera

Elaboración propia. Fuente: Modificado de Silva *et al.*, (2014) y Gracia (2016).

## 2.2 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos (SE) son considerados como las funciones de los ecosistemas que tienen la capacidad para proveer bienes y servicios que satisfacen las necesidades de las poblaciones humanas (De Groot *et al.*, 2002), dicho de otra manera, las interacciones complejas entre los componentes bióticos (*e.g.* flora y fauna), y los elementos abióticos (*e.g.* suelo, agua) de un ecosistema produce bienes y servicios que benefician a las personas, ya sea de manera directa o indirecta. De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés) (2005), y basado en De Groot *et al.*, (2002), las funciones de los ecosistemas pueden clasificarse en cuatro categorías: Regulación, Soporte, Provisión y Cultural (Tabla 1). La función de regulación está asociada con la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ecológicos esenciales que sostienen la vida a través de los ciclos biogeoquímicos y otros procesos de escala global. En consecuencia, esto trae consigo beneficios indirectos para los humanos como es la purificación del aire, agua y suelo. La función de soporte está relacionada con la provisión de refugio y hábitat para fauna y flora silvestre, contribuyendo así a la conservación de la biodiversidad. La función de provisión, implica la generación de materia y energía por medio del proceso de fotosíntesis, el cual genera nutrientes que son consumidos por productores secundarios dando lugar a una amplia variedad de biomasa que sirve de consumo humano. Por último, la función cultural es aquella que permite la existencia de experiencias de reflexión, espirituales, recreación y desarrollo cognitivo.

En diversos estudios (Moreno, 2006; Martínez *et al.*, 2007; Mendoza *et al.*, 2012), se ha documentado la importancia ecológica y la gran gama de servicios ecosistémicos que las playas y las dunas costeras brindan. Dentro de ellos destacan: la regulación de disturbios, ya que protegen la costa y los asentamientos humanos al absorber y disipar la energía del oleaje y el viento cuando ocurren eventos hidrometeorológicos extremos; controlan la erosión al ser fuentes de sedimento que mantiene en equilibrio las tasas de acreción y erosión a lo largo del litoral; son el hábitat de una variedad de organismos; y son ecosistemas con alto valor recreacional al proveer espacios para el desarrollo de turismo y otras actividades referentes al hedonismo (Tabla 1).

Tabla 1. Servicios ecosistémicos proveídos por las dunas costeras.

<b>Función de Regulación</b>	<b>Función de Soporte</b>	<b>Función de Provisión</b>	<b>Función de Cultural</b>
Regulación de gases	Refugio y Hábitat	Alimento	Belleza escénica
Regulación climática		Materias primas	Recreación
Prevención de disturbios	Formación de suelo	Recursos genéticos	Información cultural y artística
Purificación del agua	Regulación de nutrientes	Recursos medicinales	Información espiritual e histórica
Regulación de plagas y enfermedades			
Suministro de agua	Producción primaria	Recursos ornamentales	Ciencia y educación
Retención de suelo	Regulación del agua		
Tratamiento de desechos			
Polinización			
Control biológico			

Fuente: De Groot et al., 2002, Millennium Ecosystem Assessment (2005), Pérez et al., (2013,).

### 2.3 Métodos de valoración de los ecosistemas

El dilema entre el crecimiento económico y la protección ambiental aún es vigente, sin embargo, se han comenzado a explorar nuevos métodos que permitan la integración de ambos en los procesos de desarrollo. Dicha integración está estrechamente relacionada con el concepto de desarrollo sustentable, cuya premisa es el equilibrio entre la actividad económica, la biósfera y la calidad de vida de las poblaciones humanas. Para mantener ese equilibrio es necesario conocer y dar valor a los efectos negativos, así como a los beneficios, que se perciben al utilizar los recursos naturales (De Alba y Reyes, 1998). En ese sentido, De Groot et al., (2002) proponen siete técnicas diferentes para asignar valores económicos a los bienes y servicios proveídos por los ecosistemas, las cuales se agrupan dependiendo de si son maneras directas, o indirectas, de establecer el valor: costos evadidos, costos de reemplazo, factor de ingreso, costos por viaje, precios hedónicos, valoración contingente y valoración de grupo. La valoración contingente es un método directo, cuyo objetivo es que las personas declaren el monto máximo a pagar por un bien o servicio a través de la aplicación de encuestas.

Existe una imperiosa necesidad de contar con este tipo de métodos de valoración de los ecosistemas en términos económicos ya que, generalmente, la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos se basa de manera preponderante sobre consideraciones económicas, favoreciendo con ello un uso irracional de los mismos. A pesar de no ser la panacea, estos métodos de valoración sirven como apoyo para la formulación, evaluación y establecimiento de políticas públicas enfocadas en disminuir el deterioro ambiental y alcanzar un desarrollo sustentable (De Alba y Reyes, 1998).

## **2.4 Erosión costera y costos asociados**

La erosión costera es entendida como la modificación o retroceso de la línea de costa preexistente con la consiguiente pérdida de sedimentos. La erosión ocurre de manera simultánea con los procesos de acreción, que es cuando hay una acumulación de sedimentos. Ambos procesos mantienen un balance entre la pérdida y la ganancia de sedimentos en los litorales, de manera que estos procesos costeros siempre han existido y contribuido a la formación de las costas actuales (Van Rijn, 2011). Una vez que este balance se pierde, surgen los problemas. Este desbalance puede ser causado por factores naturales (viento, los temporales, corrientes litorales, el aumento relativo del mar), y antrópicos (construcción de infraestructura de protección costera, terrenos ganados al mar (TGM), operaciones de dragado, desarrollos inmobiliarios, remoción de vegetación y extracción de agua) (Trejo, 2012).

La tasa de erosión en las playas es variada en el espacio y en el tiempo, ya que depende de la escala en la que ocurren los factores modificantes ya mencionados. Por ejemplo, las tormentas y huracanes pueden tener un efecto en escala de horas, mientras que los deshielos y el aumento relativo del mar generan modificaciones evidentes en una escala temporal mayor (Carranza, 2009). Doody *et al.*, (2005) y Carranza (2009) afirmaron que las consecuencias de la erosión de playas pueden incluir desde impactos negativos en el sector ambiental, económico, social y político, hasta pérdidas humanas (Figura 2).



Figura 2. Daños causados por erosión costera.

a) y b) Afectaciones en infraestructura por erosión costera en Yucatán, c) erosión en el sistema dunar, d) deterioro de obras de protección costera y, e) obras de restauración de playas. Fuente: Trejo (2012).

De acuerdo con Parsons y Powel (2001), el retroceso del litoral tiene asociado cuatro tipos de costos: (i) el primero está relacionado con la pérdida de tierra, ya que conforme la playa se erosiona, la línea de costa avanza tierra adentro; (ii) el segundo es la pérdida de capital, donde se contempla la pérdida de las estructuras ubicadas frente al mar, incluyendo casas, edificios comerciales, pasarelas costeras y estacionamientos, incluyendo además el costo del mantenimiento de dichas estructuras ante su inevitable pérdida; (iii) el tercer costo es la pérdida de proximidad, debido a que las personas tienen conocimiento del retroceso de playa, tendrán un menor disponibilidad para invertir en desarrollos en playas donde las tasas de erosión sean altas y, dado que la proximidad a la playa agrega valor a las viviendas, su depreciación del valor será evidente al compararlo con zonas donde la línea costera sea estable; (iv) finalmente, el costo de traslado, porque algunas de las estructuras existentes tendrán que ser trasladadas tierra adentro.

Las pérdidas mencionadas anteriormente pueden requerir cantidades exorbitantes de inversiones para mitigar los daños. Por ejemplo, en los Estados Unidos la erosión costera es responsable de aproximadamente \$500 millones de dólares por año para cubrir la pérdida de propiedades. Para mitigar el retroceso de costa, el gobierno estadounidense gasta en promedio \$150 millones cada año en rellenos de playa y otras medidas de control de erosión costera (NOAA, 2013). Los efectos y costos por erosión costera han sido abordados en estudios científicos donde se detalla el costo de implementar cada estrategia (*e.g.* Hamilton 2007; Ranson 2012; Landry y Whitehead, 2015).

## 2.5 Riesgo técnicamente evaluado y socialmente percibido

El riesgo puede definirse como la probabilidad de que se produzcan pérdidas y/o daños esperados debido a la ocurrencia de un fenómeno peligroso desde la perspectiva humana y a la presencia de condiciones de vulnerabilidad en los elementos o contextos expuestos a dicho fenómeno (Cardona, 2002). Para que exista un riesgo, debe darse la combinación de la exposición a una amenaza (por ejemplo, un huracán) y, una o un conjunto de vulnerabilidades que nos impidan evitar o resistir los efectos de la amenaza si esta llegara a convertirse en un evento potencialmente dañino (Stothart, 2012). Las zonas costeras donde se establecen asentamientos humanos pueden considerarse como espacios geográficos donde el medio físico y el medio social-construido presentan una red de interacciones que pueden derivar en conflictos. Muchas veces esas interacciones generan situaciones de riesgo que necesitan de un análisis adecuado con el fin de evitar o minimizar los impactos negativos de las amenazas sobre el ambiente y los recursos naturales (Lorda, 2013), así como atenuar las afectaciones en las poblaciones humanas.

Para llevar a cabo los estudios y evaluaciones sobre los riesgos a los que las poblaciones humanas junto con el ambiente se enfrentan, es menester efectuar una evaluación con enfoques económicos, ambientales y sociales, incluyendo la percepción del riesgo (Martínez *et al.*, 2014). Es evidente entonces, que, dentro de las evaluaciones del riesgo costero basadas en un enfoque integrado y multidimensional, un aspecto relevante a considerar es la percepción del riesgo de los usuarios del recurso (“*stakeholders*”), con el fin de determinar su visión y conocimiento de los fenómenos y los impactos subsecuentes que afectan a las comunidades costeras (Roca *et al.*, 2014).

Los diferentes grupos de individuos dentro de una sociedad pueden percibir de manera distinta los riesgos, cuya percepción puede estar influenciada en gran medida por la política y organización gubernamental (Pritchard, 2000); así como por factores relacionados con el género, la edad, aspectos culturales y económicos. Para entender la percepción del riesgo es necesario reconocer y aceptar la dimensión social del riesgo, pues su percepción es en sí un fenómeno social y no individual. Dado que se trata de una construcción social, el riesgo emerge del tipo de sociedad de la que emana, de sus creencias y visiones dominantes (García, 2005).

Existen dos tipos de evaluaciones de riesgo, las enfocadas en conocimientos técnico-científicos (objetivas) y las valoraciones de los individuos que hacen sobre la situación que están enfrentando (subjetivas) (Ferrari, 2015). De manera semejante, Slovic (1991), clasifica los dos campos de aproximación al riesgo como: “riesgo percibido y riesgo técnicamente evaluado (real)”.

## 2.6 Estrategias de Manejo

La manera de responder ante los procesos de erosión costera está determinada por las acciones del gobierno y las del sector privado, así como por los mecanismos que se encuentran a través de la estrategia más adecuada, adoptada institucional, legal, tecnológica y financieramente (Williams *et al.*, 2017). De acuerdo con Rangel *et al.*, (2018a), actualmente hay cinco opciones reconocidas como las prácticas centrales de manejo de erosión costera: Protección, Adaptación, Retirada planificada, Uso de ecosistemas y Sacrificio (Figura 3).

	<p><b>Protección:</b> Preservación de los centros poblacionales, actividades económicas y recursos naturales (áreas vulnerables), usando estructuras de protección dura y medidas de protección blanda.</p>
	<p><b>Adaptación:</b> Ocupando regiones vulnerables, pero aceptando un grado alto de posibles inundaciones por el cambio de uso de suelo. Se hace uso de nuevos métodos de construcción o se hacen mejoras.</p>
	<p><b>Retirada planificada:</b> Reubicación de los asentamientos con el requisito de que el nuevo desarrollo esté más alejado de la costa tanto como sea adecuado.</p>
	<p><b>Uso de ecosistemas:</b> Influencia sobre los procesos relacionados a la erosión costera (e.g. captura de sedimento y atenuación de la energía), por medio de la creación y restauración de ecosistemas costeros, tales como: manglares, estructuras arrecifales, vegetación de dunas, etc.</p>
	<p><b>Sacrificio (hacer nada):</b> Permitir la pérdida de la propiedad cuando las medidas de protección sugeridas no son viables o las estrategias de acomodación y retirada no se puede realizar.</p>

Figura 3. Estrategias de manejo de la erosión costera.

Elaboración propia. Fuente: Adaptado de Williams *et al.*, (2017)

## 2.7 Infraestructura de protección costera

En términos generales, la infraestructura de protección costera hace referencia al conjunto de obras y sistemas construidos e implementados por el hombre, cuyo objetivo es defender o estabilizar la costa contra el embate de las inclemencias del mar (Salles y Silva, 2004). Los objetivos que busca la infraestructura de protección costera son: 1) prevenir el retroceso de la línea de costa, ya sea por causas naturales o antrópicas; 2) prevenir posibles inundaciones en zonas costeras debido a sobreelevaciones del nivel del mar; 3) proteger del oleaje a entradas y recintos portuarios, buscando generar una zona de calma; 4) estabilizar los canales de navegación situados en bocas de estuarios o lagunas; y 5) brindar protección contra el azolve a obras de toma (*e.g.* de plantas de generación eléctrica o plantas desalinizadoras), o de descarga (*e.g.* emisores submarinos) (USACE, 2002).

En México no se han implementado todas las estructuras de protección costera existentes, esto debido en gran medida a la falta de presupuesto, a la escasa planeación por parte de las autoridades gubernamentales y, a una limitada visión y motivación para probar técnicas nuevas (Salles y Silva, 2004). A continuación, se describen aquellas estructuras que se encuentran presentes en las zonas de estudio de este trabajo:

**Espigón:** Un espigón es un tipo de infraestructura de protección costera que se coloca de manera perpendicular a la playa y cuyo objetivo principal es impedir o disminuir el transporte litoral de sedimentos, generando zonas de erosión y acreción (Rankin *et al.*, 2004; Salles y Silva, 2004). El tipo de materiales utilizados para la construcción de un espigón varía dependiendo de la disponibilidad y los costos del transporte (Shabica *et al.*, 2004). En lo que concierne a Yucatán, los primeros espigones, también conocidos como espolones, fueron construidos a base de rocas y estacas de madera, después se reemplazó el uso de la roca por sacos de arena y recientemente, han sido elaborados con geomembranas (Meyer-Arendt, 2004, Tereszkiewicz *et al.*, 2017) (Figura 4).



Figura 4. Espigones en la costa de Yucatán.

a) Modelo de espigón típico de la costa norte de Yucatán. b) Espigón construido a base de rocas, costales y madera, c) espigones elaborados con geomembranas.

*Escollera*: La función principal de las escolleras se centra en la defensa y resguardo, mitigando la energía del oleaje, resultando en una zona de calma al interior de la estructura. Con estas construcciones también se busca evitar o reducir el azolvamiento en las zonas de acceso a los puertos, disminuyendo el transporte litoral (Figura 5). Por lo general, se construyen con un núcleo de material fino y una capa a base de roca, aunque también pueden elaborarse con otros elementos prefabricados.



Figura 5. Escollera del puerto de abrigo en Sisal.

Fuente: Imagen Satelital modificada de Google Earth

*Arrecifes artificiales y Rompeolas sumergidos*: Debido a su ubicación estratégica entre el mar abierto y la zona costera, los arrecifes naturales funcionan como una barrera protectora a la costa disipando parcialmente la energía del oleaje. Puesto que son útiles para amortiguar de forma efectiva el oleaje, estos son vistos como rompeolas sumergidos (Manrique, 2012). De modo que se ha buscado obtener las características de protección que brindan estos arrecifes, pero de manera artificial, ya que si se buscara generarlos de manera natural resultaría impráctico por el tiempo que tardarían en formarse (López, 2007). Los primeros elementos que fueron utilizados en la construcción de arrecifes artificiales fueron restos de autos, barcos, vagones de trenes y otros desechos de esa índole (Manrique, 2012; Quintanilla, 2015). No obstante, en la actualidad también es común el uso de geotubos y bolsacretos para imitar las características de los arrecifes, o bien, para que sirvan como rompeolas. Los bolsacretos son bolsas de polipropileno rellenas de concreto mediante bombeo o por gravedad, mientras que los geotubos son tubos formados de geotextiles tejidos con una alta resistencia a las altas temperaturas, al agua salada y a una exposición solar prolongada (Figura 6). Por otro lado, debido a la naturaleza del material de los geotubos, estas estructuras se vuelven vulnerables ante actos de vandalismo.

Recientemente, Torres-Freyermuth *et al.*, (2019), realizaron un estudio en la costa norte de Yucatán, donde compararon los efectos de “rompeolas de baja cresta”, impermeables y permeables, donde se halló que las estructuras impermeables (*e.g.* geotextiles) inducen en gran magnitud procesos de erosión y acreción, mientras que las estructuras permeables, como los *Reef Balls*<sup>TM</sup>, generan cambios moderados en la morfología de la playa. Dicho trabajo indica que la costa de Yucatán es altamente sensible a la presencia de estructuras de baja transmisividad.



Figura 6. Geotextiles presentes en la costa de Yucatán.

Fuente: Imagen satelital de Google Earth

Sistemas de *Bypass*: Los espigones y escolleras tienden a interrumpir el movimiento natural de los sedimentos a lo largo de la costa. Esto genera zonas de acreción y erosión en ambos lados de la estructura como se puede observar en la figura 7a. La distribución irregular generada por las obras marítimas como las mencionadas anteriormente, puede resolverse mediante los sistemas artificiales de trasvase de arena, también conocidos como *bypass*. El término *Bypass* se refiere a un sistema permanente de transferencia de arena por medios mecánicos, desde una zona de acumulación hacia una zona de pérdida o déficit de sedimento (erosión) con el fin de restablecer el flujo natural de arena (a diferencia del dragado, que consiste en la remoción de sedimento de cuerpos de agua para garantizar una profundidad operativa) (Reyes, 2015). En la figura 7b se muestra un esquema del funcionamiento del *Bypass*.

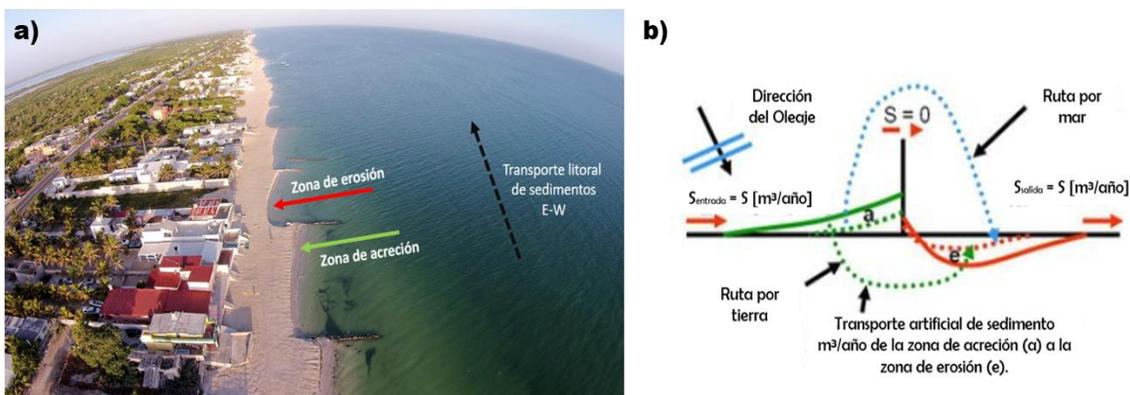


Figura 7. Efecto de espigones y sistema de Bypass.

a) Playa de Yucatán y el efecto de los espigones. Fuente: Desde el Balcón, miradas libres (2014), b) Sistema de trasvase de arena. Fuente: Tomado y modificado de Van de Graaff (2013).

### 3. Antecedentes

#### 3.1 La zona costera de Yucatán

La zona costera de Yucatán se extiende desde el municipio de Celestún hasta su homónimo en Tizimín, conformando aproximadamente 340 kilómetros de litoral (Tereszkiewicz *et al.*, 2017). La amplia plataforma continental es una característica importante en el área, con un ancho aproximado de 245 km y una pendiente de 1/1000 (Enriquez *et al.*, 2010). De acuerdo con los estudios del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) (2007), el 57% del litoral yucateco está representado por lagunas costeras. El régimen mareal es mixto con predominancia a marea diurna y con marea semidiurna durante las mareas muertas. Por otro lado, el rango mareal oscila de 0.1 y 0.8 metros en mareas muertas y vivas, respectivamente. La costa yucateca presenta una franja estrecha de depósitos de sedimentos carbonatados de origen biogénico. Debido a la inexistencia de un sistema pluvial superficial, en esta zona no se encuentran sedimentos de origen terrígeno (Hubp *et al.*, 1992; Cuevas *et al.*, 2013). El oleaje es de baja energía y proviene principalmente del noreste. Por lo tanto, el transporte litoral de sedimentos ocurre de manera preponderante de este a oeste (Appendini *et al.*, 2012; Cuevas y Eúan, 2009; Enriquez *et al.*, 2010). En la región se pueden distinguir tres temporadas climáticas, la temporada de secas que se extiende de marzo a mayo, la temporada de lluvias que se presenta de junio a octubre y finalmente la de “nortes” que ocurre de noviembre a febrero (Álvarez y Herrera, 2006). También existe una temporada muy marcada de huracanes que va de septiembre a octubre, cuya velocidad de los vientos es superior a los 120 km/h (Soares y Gutiérrez, 2012).

La duna costera en Yucatán posee la flora característica tanto del Golfo de México, de las Antillas y de la península de Florida, encontrándose una mezcla de especies de matorral con algunas especies de manglar (Chan *et al.*, 2002). De acuerdo con Moreno-Casasola *et al.*, (1998), la península de Yucatán ocupa el segundo lugar con el mayor número de especies endémicas de la flora costera en México, sólo después de la riqueza reportada para la península Baja California. En el estudio llevado a cabo por Espejel (1984), se reportaron 183 especies en la vegetación de duna costera yucateca, de este total, un 14% se encuentra presente en la zona urbanizada de Sisal, lo cual es un valor bajo de riqueza comparado con zonas circundantes menos alteradas, según el estudio de Guadarrama *et al.*, (2012). Para el caso de Chicxulub, no se cuenta con datos precisos de listados de especies, sin embargo, por su ubicación se sabe que comparte especies de matorral costero con Sisal, debido a que toda

la zona de Sisal hasta Telchac Puerto, posee características ambientales similares donde medra vegetación de tipo arbustiva de baja y mediana altura (Durán *et al.*, 2010).

Yucatán cuenta con una gran variedad de recursos naturales que sirven de atracción para los millones de turistas que recibe el Estado cada año, entre sus atractivos se encuentran sus destinos de sol y playa, los numerosos cenotes y los recursos de flora y fauna asociados a los ecosistemas yucatecos. Adicionalmente, la variedad de zonas arqueológicas también juega un papel importante para posicionar a Yucatán como un polo turístico a nivel mundial tal y como lo mencionan García *et al.*, (2011). Estos últimos autores, declaran que más del 60% del territorio costero yucateco se encuentra protegido dentro de las Reservas de la Biosfera: Celestún y Ría Lagartos y; dos Áreas Naturales Protegidas de jurisdicción estatal: El Palmar y Bocas de Dzilam, además de la Reserva Estatal de Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán (RECMY), decretada en el año 2010. Sin embargo, la duna costera no está considerada dentro de la delimitación poligonal de la RECMY (Guadarrama *et al.*, 2018), situación que da pauta a la continua alteración en dicho ecosistema al no contar con algún tipo de protección.

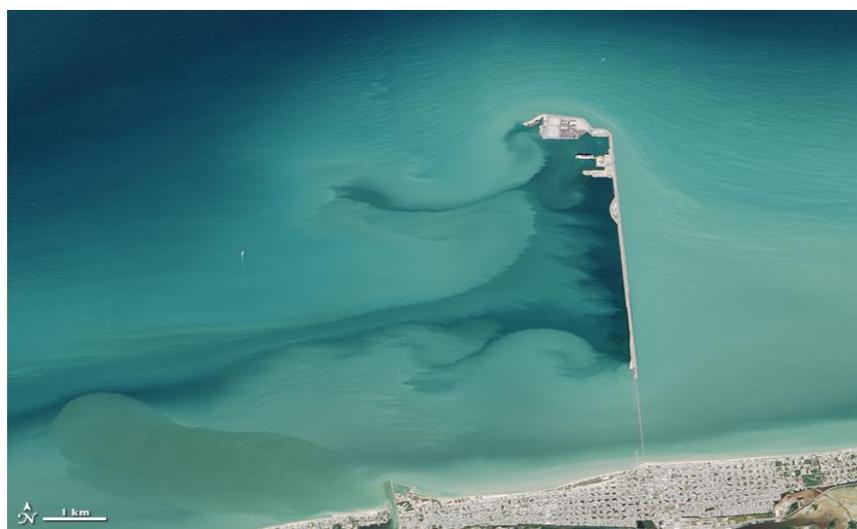
### **3.2 Desarrollo en la costa de Yucatán**

El auge del henequén<sup>1</sup> a finales del siglo XIX promovió la construcción de una vía ferroviaria y el puerto de Progreso, debido a que éste era el acceso costero más cercano a la capital. De manera paralela comenzó una nueva fase de urbanización frente al mar y, a pesar que en su mayoría dicha urbanización estaba ligada directamente al desarrollo portuario, una proporción considerable estuvo relacionada con el turismo y el advenimiento de las casas veraniegas, cuyos propietarios residían en Mérida (Meyer-Arendt, 1991). El desarrollo en la costa se intensificó con la aparición del puerto de abrigo de Yucalpetén en 1968. A pesar de los grandes beneficios que el puerto de cabotaje proporcionó a la flota mexicana en la región, también hubo graves consecuencias ambientales por la interrupción del transporte litoral de sedimentos causado por las escolleras. Fue entonces cuando el proceso erosivo en algunas localidades como Chelem y Chuburná se acentuó, situación que promovió la instalación de manera ilegal de decenas de espigones por parte de los dueños de propiedades con frente de playa (Meyer-Arendt, 1993).

---

<sup>1</sup> El henequén es una especie de planta perteneciente al género de los agaves, cuyo cultivo se remonta a la época prehispánica, cuando los mayas utilizaban las fibras extraídas de las hojas de esta planta.

De manera sinérgica, con la ampliación del puerto de altura de Progreso en el año 1985 -que pasó de contar con 2 km de longitud a los 6.5 km que hoy lo constituyen-, los problemas causados por la erosión costera en las comunidades ubicadas en el lado oeste del puerto se comenzaron a agravar. Los impactos negativos provocados en las playas colindantes son atribuidos al diseño y el tipo de materiales impermeables con los que fue construida la ampliación del puerto (Lira-Pantoja *et al.*, 2012); ya que a diferencia de la primera etapa de construcción cuyo diseño consistió en una serie de arcos de concreto que, permiten el flujo de sedimentos a lo largo de los 2.1 km (Moreno *et al.*, 2004), la ampliación del puerto impide el libre flujo de sedimentos, provocando un cambio en la morfología costera al lado oeste del puerto (Figura 8).



*Figura 8. Puerto de altura de Progreso en Yucatán, México.*

*Reflejo de los efectos en el transporte de sedimentos provocado por la extensión del puerto. Fuente: imagen de Jesse Allen, recuperada de la NASA Earth Observatory*

Uno de los principales sectores productivos que ha causado una mayor modificación a las costas de Yucatán ha sido el turístico. Dicha alteración comenzó desde el siglo pasado cuando se promovió el desarrollo de viviendas de segunda residencia por parte de familias que se trasladaban a las playas durante periodos vacacionales y el desarrollo de otros inmuebles para satisfacer la demanda turística nacional y extranjera en los años 70's (García *et al.*, 2011). Durante la década de 1990, fue entonces cuando las costas yucatecas se volvieron un destino vacacional muy apreciado tanto para familias yucatecas y personas jubiladas provenientes de países como Canadá y Estados Unidos, principalmente (García *et al.*, 2011; Ancona, 2015). Se estima que el desarrollo de casas habitación en la costa de Yucatán continúe, e incluso

aumente, dado el gran mercado de inmuebles que se ofertan a través de 20 sitios web de bienes raíces con sede en Yucatán dirigidos a compradores extranjeros (Ancona, 2015). Sin embargo, tal uso intensificado ha incluido también la construcción de casas sobre las dunas, la remoción y compactación de la vegetación de duna; así como la fragmentación de la misma por la apertura de pasos peatonales y vehiculares. Aunado a ello, los propietarios de los inmuebles han construido estructuras de protección costera de manera descontrolada. Lo que ha impactado negativamente a estos ecosistemas y ha detonando el incremento de erosión costera, tal como sucede en otros estados del país (Mariño, 2014).

### 3.3 Erosión en las playas de Yucatán

El retroceso de playa en la costa norte de Yucatán varía de 0.5 a 1.0 metro por año (Meyer, 1993; Lira-Pantoja *et al.*, 2012), tasa que corresponde a localidades ubicadas en la costa norte del Estado, al lado este y oeste del puerto de Progreso. Es también en esta zona donde en los últimos 40 años se han perdido al menos 20 metros de ancho de playa (Lira-Pantoja *et al.*, 2012). Esta tasa de erosión costera es atribuida al paso de las tormentas asociadas a los frentes fríos del Ártico y a los huracanes que, con base en los datos que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional, del total de perturbaciones tropicales que se desarrollan en el Caribe y Atlántico mexicano, el 7% llegan a tocar la Península de Yucatán. No obstante, con el desarrollo portuario y el incremento de la urbanización, se generan modificaciones en los procesos naturales de la costa debido a la implementación de infraestructura mal planeada que incrementa a nivel local las tasas de erosión. Torres-Freyermuth *et al.*, (2019), realizaron el monitoreo de tres rompeolas en Chicxulub reportando tasas de acreción, al este de las estructuras, de hasta 30 m/año y de erosión de más de 15 m/año al oeste de Punta San Miguel.

En lo concerniente a la playa de Sisal, el incremento del ancho de playa es mayor a 3 m/año al este del Puerto de Abrigo de acuerdo a Medellín y Torres-Freyermuth (sub júdice, 2019). Sin embargo, al oeste del Puerto de Abrigo existe una erosión sostenida del orden de 6 m/año en las zonas más críticas (Torres-Freyermuth com. personal). En relación con el ancho de playa en las zonas de estudio, Chicxulub posee un ancho de menos de 20 m., situación que comparte con las comunidades aledañas al puerto de Progreso, mientras que en Sisal la playa tiene un ancho de 50 m en promedio y la presencia de duna vegetada en la mayor parte de la playa.

### 3.4 Estudios sobre erosión costera en Yucatán

Una vez que el problema de erosión costera se fue agravando y las demandas sociales de atención se fueron incrementando, el gobierno prestó más atención a la problemática e impulsó la investigación científica sobre los procesos de erosión en la región. Por ende, investigadores de instituciones académicas de la zona han publicado diversos estudios que coadyuvan al entendimiento de los procesos costeros relacionados con el problema de retroceso de la línea costera, como: Appendini *et al.*, (2012), Mendoza *et al.*, (2013), Medellín *et al.*, (2015), Cuevas *et al.*, (2016), Medellín *et al.*, (2018) y Torres-Freyermuth *et al.*, (2019), entre otros.

Cabe resaltar que, en el año 2007, la comunidad científica elaboró el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY), el cual es un instrumento de política ambiental para el desarrollo sustentable del área. El objetivo principal de este instrumento es el regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas a partir del análisis de tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos (Bolio, 2013). En un principio el POETCY bajo el marco del desarrollo sustentable y con el objeto de atender los problemas de erosión, prohibía la construcción de cualquier obra en una franja de 60 metros desde la línea de costa (20 m de Zona Federal Marítimo Terrestre y 40m de protección para la primera duna). Años más tarde un número considerable de demandas por parte de cámaras empresariales y grupos económicos con intereses en la zona costera, provocaron las reformas hechas al instrumento en los años 2014 y 2015, las cuáles soslayan la agenda ambiental para dar paso a las actividades anteriormente prohibidas (López *et al.*, 2017).

### 3.5 Demandas sociales sobre erosión costera

El incremento del proceso de erosión en la costa yucateca ha tenido como resultado que los propietarios de viviendas con frente de playa en las zonas más afectadas hayan instalado cientos de espigones para hacer frente a la problemática. Asimismo, a inicios del 2005 los afectados implementaron otro tipo de obras de protección basado en rompeolas sumergidos elaborados a base de geotextiles. En respuesta a la módica atención que estaban recibiendo por parte del gobierno, en algunas localidades grupos de vecinos se organizaron para constituir asociaciones civiles con el objeto de sumar esfuerzos para combatir la pérdida de playas. Tal es el caso del “Movimiento por la Recuperación de Playas de Chelem y Chuburná

A.C.”, asociación constituida por colonos provenientes de las dos comunidades que lleva su nombre, y la llamada “Unidos por las playas yucatecas A.C.”, cuyos integrantes residen en Chicxulub. En cambio, en Sisal los pobladores no han tenido la necesidad de organizarse y tomar medidas de manejo de erosión costera, dado que el ancho de playa está aumentando, como ya se mencionó líneas arriba.

En el marco de los antecedentes anteriormente expuestos, en la figura 9 se muestra el modelo de presión-estado-respuesta (PER)<sup>2</sup>, que se realizó con el fin de transmitir de una manera esquemática y sencilla, el problema complejo que se aborda en este trabajo de tesis.

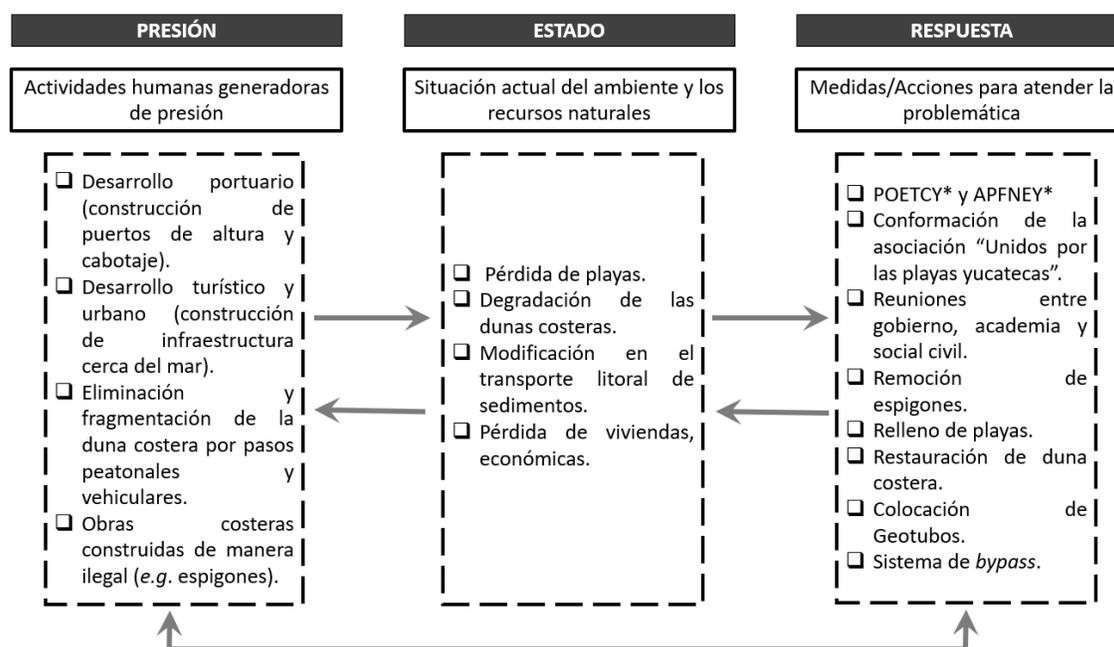


Figura 9. Modelo Presión-Estado-Respuesta

Problemática sobre erosión costera. \*POETCY= Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán. \*APFNEY=Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Yucatán. Elaboración propia.

<sup>2</sup> Modelo propuesto por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), para más información sobre este indicador puede consultar el trabajo de Polanco (2006).

## 4. Justificación

Con el desarrollo portuario y el incremento de la actividad turística en la costa de Yucatán, se ha ido acrecentando el problema de erosión en varias playas. Esto ha provocado inversiones monetarias y de recursos humanos de magnitudes ingentes por parte de instituciones académicas, instancias de gobierno y los propietarios de viviendas con frente de playa, tanto para atenuar el proceso de erosión como para investigar los procesos naturales que lo causan. El enfoque de las investigaciones que han surgido ha estado dominado por la ingeniería costera, sin embargo, no se ha analizado cómo los usuarios de la costa con sus percepciones y sus acciones también han contribuido a la problemática al diseñar sus casas y sus vías de acceso sobre el sistema de dunas, así como por las medidas tomadas que se han enfocado en la reacción al proceso, más que en la planeación.

Por otro lado, en las playas más erosionadas del Estado la pérdida del servicio ecosistémico de protección de las dunas costeras para conservar la infraestructura de playa, se asume puede ser suplido con estructuras artificiales. Es necesario explorar también si otros servicios ecosistémicos son reconocidos y cómo este conocimiento podría ser usado en la previsión de pérdida y conservación del ecosistema. Por tanto, las estrategias desarrolladas hasta el momento han carecido de eficacia y eficiencia para mitigar los efectos perniciosos de la erosión costera y más aún, no prevén los mismos deterioros por venir ante nuevos desarrollos urbanos iguales a los que han detonado la degradación ya conocida. Es decir, la falta una visión holística que considere las causas y los efectos ambientales, económicos y socioculturales, dentro de los programas implementados, dificulta aún más el éxito de la previsión y mitigación de los impactos generados.

El trabajo aquí desarrollado es relevante porque provee información sobre el riesgo real y percibido en dos escenarios antagónicos dentro de la problemática de erosión costera. La necesidad de que involucren contextos ecológicos, físicos, culturales, sociales y económicos es indispensable dado que los usuarios contribuyen a modificar la vulnerabilidad de los ecosistemas y pueden ser parte activa de las estrategias de manejo costero dentro del marco de la sustentabilidad.

## **4.1 Preguntas de investigación**

Las preguntas de investigación que orquestaron este trabajo de tesis fueron las siguientes: ¿Existe alguna diferencia entre el riesgo real y percibido ante la erosión costera, y son estos distintos entre las comunidades de Yucatán?, En caso de que los pobladores tuvieran conocimiento de los diversos servicios ecosistémicos que ofrecen la playa y las dunas, ¿dicho conocimiento podría contribuir a modificar su percepción del riesgo ante su pérdida? y ¿cuál es el esquema actual de manejo de erosión costera en Yucatán y en qué medida contribuye a la solución de la problemática? Para responder a estas preguntas se seleccionaron dos playas ubicadas en el litoral de Yucatán, Sisal y Chicxulub, en donde cada una presenta escenarios distintos en cuanto al proceso de erosión y en aspectos socioeconómicos.

## **5. Objetivos**

### **5.1 General**

Evaluar el estado del riesgo real y percibido ante la erosión costera en dos comunidades de Yucatán y su relación con la pérdida de servicios ecosistémicos de las playas y dunas, con el fin de aportar elementos para su conservación.

### **5.2 Particulares**

- a) Caracterizar a los encuestados de ambas comunidades costeras (Sisal y Chicxulub Puerto)
- b) Identificar los servicios ecosistémicos de las playa y dunas en ambas comunidades
- c) Analizar comparativamente el riesgo percibido y real (técnicamente evaluado) de la erosión costera en las comunidades de estudio
- d) Estimar las afectaciones potenciales de las viviendas con frente de playa en términos monetarios
- e) Analizar las estrategias gubernamentales y sociales que se han implementado para la conservación de playas en ambos sitios
- f) Formular recomendaciones para la conservación y restauración de las playas en ambas comunidades

## 6. Material y métodos

### 6.1 Zonas de estudio

Los sitios de estudio se localizan en el Estado de Yucatán, el cual está ubicado al sureste de México (Figura 10). Yucatán cuenta con aproximadamente 350 km de línea de costa, de los cuales 260 km son playas arenosas, equivalente al 2.2% del litoral costero del país (INEGI, 2010).

*Sisal* es una comisaría del municipio de Hunucmá, comunidad que se encuentra en la parte costera occidental del estado yucateco, con coordenadas geográficas 21° 09' 57.34" N y 90° 01' 49.70" W. Tiene colindancia con el municipio de Progreso al este y con Celestún al oeste. Se compone de una población de aproximadamente 2000 habitantes, donde el sexo femenino se encuentra en una proporción de 49% y el masculino en 51% del total poblacional (INEGI, 2010). El grado de marginación asociado a Sisal es medio, según los datos de SEDESOL (2010). De acuerdo con el último censo de población y vivienda del INEGI (2010), se registró que Sisal contaba con 1,178 viviendas de las cuales aproximadamente 487 se encuentran habitadas, 630 son de uso temporal y otras 57 son viviendas particulares deshabitadas.

*Chicxulub* es una comisaría costera perteneciente al municipio de Progreso, ubicada a unos 8 kilómetros hacia el este de puerto de Progreso, con coordenadas geográficas 21°17'38" N y 89°36'30" W. Colinda en su lado este con el Municipio de Ixil y Telchac. Esta comisaría cuenta con una población total de 6010 habitantes, de los cuales 51% son personas del sexo masculino y 49% femenino (INEGI, 2010). Chicxulub es conocido por ser el epicentro del cráter provocado por el impacto de un meteorito hace aproximadamente 65 millones de años, autor de la extinción masiva de los dinosaurios. El hecho anterior, atrae al turismo constituyéndolo como una de las principales actividades económicas en el puerto, junto con la pesca y el comercio local. Sin embargo, Chicxulub puerto alberga, al igual que otras localidades costeras aledañas, una alta densidad de viviendas denominadas de segunda residencia hacia su lado este.

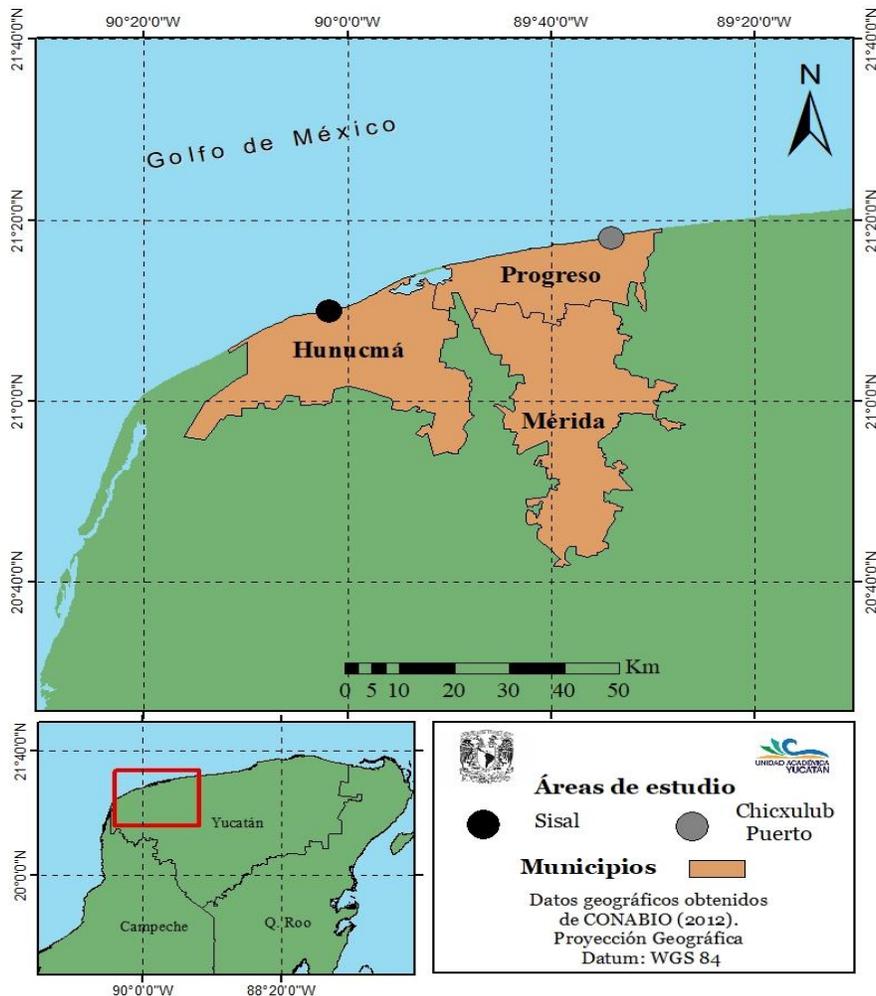


Figura 10. Localización geográfica de Hunucmá y Progreso.

Elaboración propia.

La zona de estudio en las comunidades de Sisal y Chicxulub abarca tres kilómetros a lo largo de cada playa. En el caso de Sisal, comprende la zona urbanizada, que se extiende del puerto de abrigo hasta el hotel Club de Patos. En Chicxulub el área está delimitada del kilómetro 11 al 14 de la carretera Chicxulub-Telchac. Ambas comunidades se encuentran establecidas sobre islas de barrera<sup>3</sup>, cuya morfología costera es una característica de los ambientes en el litoral de Yucatán (Figura 11).

<sup>3</sup> Las islas de barrera pueden definirse como islas de arena que se encuentran paralelas a la costa, pero está separadas de tierra firme por lagunas o pantanos.

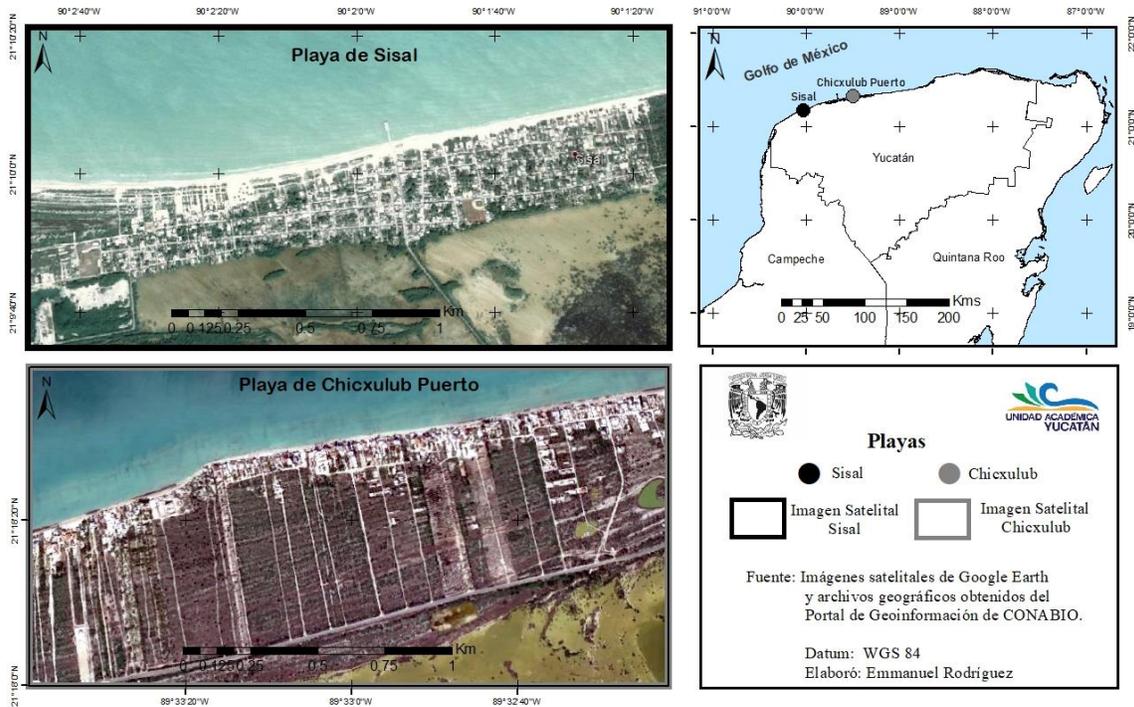


Figura 11. Microlocalización de las áreas de estudio.

Elaboración propia. Fuente: Imágenes satelitales de Google Earth, 2018.

## 6.2 Población objetivo e instrumentos

En el presente trabajo toda la información general y la relacionada con la percepción de las comunidades costeras en cuestión, se obtuvo por fuentes primarias a través de la aplicación de encuestas. Las encuestas se diseñaron con base en las recomendaciones de elaboración de instrumentos para recopilar información de Rojas-Soriano (1991). En total se aplicaron 68 encuestas durante los meses de enero y noviembre de 2017, de las cuales 38 pertenecen a personas de la comunidad de Sisal y 30 a la población de Chicxulub.

Se utilizó una técnica de muestreo no probabilístico: intencional o de juicio. En este tipo de muestreo los elementos de la muestra se eligen con base en el juicio del investigador y del conocimiento que tenga sobre la población a estudiar. Muestreos de esta índole son apropiados en estudios donde la población es difícil de encontrar (Bernard, 2017). La población objetivo en este estudio, fueron aquellas personas propietarias de viviendas con frente de playa, las cuales pueden o no residir de manera permanente en sus viviendas, por ello se optó por emplear el muestro antes mencionado. El instrumento se aplicó visitando

casa por casa. En el caso de Chicxulub, también fue menester convocar una reunión con los integrantes de la asociación “Unidos por las playas yucatecas”, debido a la ausencia de los propietarios de los inmuebles durante el trabajo de campo. Dicha reunión tuvo lugar en las instalaciones de la UNAM Casa Colón, con sede en la ciudad de Mérida en el mes de noviembre de 2017.

Las encuestas aplicadas en los dos puertos presentan algunas diferencias en cuanto al contenido debido a las características socioeconómicas disímiles entre ambas comunidades (Anexo A y B), no obstante, ambos instrumentos mantuvieron secciones en común que permitieron el análisis comparativo presentado en este trabajo. La encuesta aplicada en Sisal consistió en un total de 40 preguntas, mientras que el instrumento de Chicxulub de 45. La estructura de ambas encuestas se dividió en tres secciones: 1) Percepción local: enfocadas en obtener información general de la población encuestada sobre la problemática de la erosión costera; 2) Vulnerabilidad social y económica: diseñada para recabar información sobre aspectos socioeconómicos del propietario de la vivienda y; 3) Servicios ecosistémicos: dirigida a la identificación de los servicios ecosistémicos proveídos por las playas.

Toda la información procedente de las encuestas se trabajó en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel 2013, con el objetivo de procesarla, analizarla y transformarla en gráficos que permitieran una mejor visualización de los resultados. Asimismo, se requirió del uso del programa estadístico R Studio 3.4.1, para algunas gráficas que implicaban una mayor complejidad.

Por otro lado, fue necesaria la utilización de una ortofotografía de la zona de Chicxulub para desarrollar el análisis geoespacial concerniente a la evaluación del riesgo de pérdida ante la erosión costera sobre los predios con frente de playa. Debido a que no se contaba con una ortofotografía para la zona de Sisal, se trabajó con una imagen satelital descargada de Google Earth, la cual tuvo que ser referenciada mediante un sistema de información geográfica para su utilización. Toda la información geoespacial, se procesó y analizó con la ayuda de dos sistemas de información geográfica, ArcGis 10.3 y QGIS 2.18, y la aplicación de Google Earth Pro.

### 6.3 Caracterización de las personas encuestadas

Con la información recabada en las encuestas, se procedió a realizar un análisis jerárquico de conglomerados (*Hierarchical Cluster Analysis (CA)*, en inglés), con el fin de caracterizar a las poblaciones de ambas comunidades e identificar posibles relaciones que agruparan a los encuestados en función de las variables utilizadas. El CA se empleó en este estudio, ya que ha resultado útil para caracterizar múltiples individuos, como se ha demostrado en diversos estudios (Fernández y Gómez, 2012; García, 2012; Gómez y Atance, 2004). Las variables empleadas en este análisis fueron: el sexo, la edad, escolaridad, ocupación, reconocimiento de SE y la DAP para conservar las playas. Estas variables han sido identificadas como factores que influyen el comportamiento y preocupación proambiental (Dietz *et al.*, 1998; Gifford y Nilsson, 2014). Para estandarizar los datos se hicieron categorías para cada una de las variables (véase anexo D), y se empleó la distancia euclidiana como parámetro para establecer similitud entre los *clusters*. El desarrollo de este análisis se efectuó con ayuda del paquete estadístico PRIMER 6.

### 6.4 Identificación de servicios ecosistémicos

Para cumplir con este objetivo del trabajo, y tomando en consideración la importancia de contar con información acerca del grado de conocimiento de las comunidades costeras sobre sus recursos naturales playa y dunas costeras, se obtuvo información de fuentes primarias (a través de las encuestas) y secundarias a través de una revisión en la literatura existente sobre los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas proveen. Posteriormente los resultados obtenidos entre las comunidades de Sisal y Chicxulub se compararon con lo reportado en la literatura y se calcularon los porcentajes correspondientes a la frecuencia con la que fueron mencionados por los encuestados. Los SE se clasificaron siguiendo el estudio de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Finalmente, una vez que los encuestados mencionaron todos aquellos servicios ecosistémicos que reconocían en su localidad, otros SE se les presentaron para que les asignaran un valor del 1 al 5, en función de su opinión sobre su importancia relativa. El valor de 1 indicaba que para ellos tenía poca o nula importancia ese servicio ecosistémico, mientras que el valor 5 representaba una alta importancia. Se obtuvo una sumatoria de los valores asignados a cada servicio entre todos los encuestados por comunidad.

## 6.5 Percepción social del riesgo

En este trabajo los enfoques para medir el riesgo se basan en el trabajo de Slovic (1991), quien emplea los conceptos “riesgo percibido y riesgo técnicamente evaluado (real)”. Debido a que la erosión del litoral se describe como una amenaza desde la perspectiva humana, es menester contar con información acerca de cómo las poblaciones perciben el nivel de riesgo al que se encuentran expuestas. Ferrari (2015), considera que una de las herramientas más utilizadas para analizar la percepción social de las comunidades expuestas a situaciones de riesgo, son las encuestas. Por tal motivo, la información sobre el riesgo socialmente percibido se obtuvo de las encuestas aplicadas a las poblaciones en ambas comunidades. Dentro del instrumento se incluyó una valoración social de la percepción de impactos generados por el fenómeno de erosión costera, siguiendo la metodología de Rico *et al.*, 2010, en donde los encuestados señalan el nivel de impacto de la amenaza en cuatro dimensiones de su vida previamente establecidas: su calidad de vida, trabajo, vivienda e infraestructura (e.g. servicios públicos). Para ello se establecieron seis categorías de impacto para medir la percepción de los encuestados, en orden ascendente de apreciación: Ninguno (N), Muy Leve (ML), Moderado (M), Importante (I), Severo (S) y Muy Severo (MS). Esta información cualitativa fue procesada para convertirla en valores cuantitativos tomando en consideración el número de personas que eligen alguna de las 6 categorías.

## 6.6 Riesgo real o técnicamente evaluado

El uso de datos catastrales y la integración de nuevos métodos de análisis mediante sistemas de información geográfica, han resultado de gran utilidad para estudios relacionados con la planeación del territorio y para evaluaciones de riesgo (Castellanos, 2010; PMDUOET, 2016; Viñuela, 2013). Por lo tanto, la siguiente metodología responde a una de las diversas aplicaciones de los SIG's para realizar análisis espaciales enfocados en la anticipación de impactos potenciales.

Con la finalidad de evaluar técnicamente el nivel de riesgo al que se encuentran expuestas las comunidades estudiadas, se efectuó un análisis simulando las pérdidas de viviendas con frente de playa y el costo asociado provocado por el retroceso de playa en los próximos 30 años. Para estimar el costo monetario por pérdida de infraestructura ante la erosión costera, primero se midió el área construida de las viviendas con frente de playa, incluyendo obras complementarias como albercas, ya que más del 80% de los predios cuentan con este tipo de obra. Posteriormente se delimitó manualmente una línea de costa considerando el límite entre

la zona húmeda y seca, utilizando una ortofotografía y el programa ArcGis 10.3, a la cual se le aplicó un buffer de 30 metros –siendo la cantidad de playa que se asume se perdería en los próximos 30 años a la tasa actual de erosión de 1m/año- hacia el lado continental para ver el porcentaje de afectación sobre las viviendas. Es importante señalar que se estableció un lapso de treinta años tomando en consideración que los problemas más serios generados por la erosión en Yucatán surgieron 30 años después de la ampliación del muelle de Progreso.

Después de obtener el área construida y potencialmente afectada, se multiplicaron las pérdidas monetarias por erosión costera en función del área y la construcción potencialmente perdidas. Para lo cual se multiplicaron el número de m<sup>2</sup> obtenidos por el valor unitario de suelo (VUS) de \$1,190 MXN, valor correspondiente a las propiedades con frente de playa ubicadas en esa parte de Chicxulub puerto, según lo estipulado en la Ley de Ingresos del Municipio de Progreso, para el ejercicio fiscal de 2018. (Ley No. 33,507). Enseguida se multiplicaron el número de m<sup>2</sup> por la cantidad de \$525 MXN, relativo al valor de construcción (VC), para las viviendas individuales o por \$735 MXN para la infraestructura de complejos habitacionales (hoteles), ambos tomando el concreto como tipo de material con categoría de lujo. Según el muestreo efectuado a lo largo de los 3 km de playa en Chicxulub, el 85% de infraestructura corresponde a viviendas particulares y el 15% restante a complejos habitacionales. Finalmente se consultó con una agencia constructora de albercas para estimar el costo de este tipo de obra complementaria (VOC) en los predios, estableciendo un valor de \$4,217.87 por m<sup>2</sup>. De tal modo que la fórmula para calcular las afectaciones en los próximos 30 años por erosión costera fue la siguiente:

$$P_{mec} = VUS + VC + VOC$$

Donde:

**P<sub>mec</sub>** = Pérdidas monetarias por erosión costera

**VUS** = m<sup>2</sup> x valor unitario de suelo

**VC** = m<sup>2</sup> x valor de construcción (de viviendas particulares o complejos habitacionales)

**VOC** = Valor de obras complementarias (alberca)

## 6.7 Disposición a pagar para la conservación de la playa

Debido a que en la playa localizadas al este del puerto de Sisal no existen evidencias de erosión costera como una condición de riesgo (excepto para el área poniente del puerto de abrigo), se decidió efectuar un análisis sobre la disposición de los pobladores del puerto a pagar para la conservación de playa en aras de estimar en términos monetarios la importancia que le confieren al ecosistema.

La valoración contingente fue el método que se empleó en la presente tesis. Se utilizó la metodología de Brunett *et al.*, (2010), cuyo trabajo sigue recomendaciones de Riera (1994), con la cual se buscó la cantidad máxima que una persona pagaría o donaría por un bien, en este caso por preservar la playa, anualmente. Este valor es estimado y depende de una situación hipotética: la pérdida de playa. Dicha información se recopiló mediante la aplicación de encuestas mencionadas párrafos arriba. En la encuesta aplicada en Chicxulub, las preguntas 44 y 45 contienen la información que se utilizó para esta metodología, en la encuesta de Sisal corresponden a las preguntas 29 y 30 (Ver Anexos A y B).

Para este análisis, sólo se tomaron en cuenta aquellas respuestas afirmativas, es decir, no se consideraron las respuestas que no otorgaban ningún valor para la disposición de pago. Se estimó que las respuestas positivas a estas preguntas corresponden al 80% de los encuestados. Dado que la pregunta fue hecha para conocer la disposición de pago anual, sólo se procedió a sumar todas las respuestas y dividir las entre el total de respuestas afirmativas, cuyo valor corresponde a la disposición a pagar promedio por individuo, de tal forma que la suma de las respuestas afirmativas obtenidas es el valor total anual. Asumiendo que esta disposición promedio de pago representa a la generalidad de los pobladores, este valor se multiplicó por el 80% del número de viviendas habitadas (considerando un estimado optimista y conservador).

## 6.8 Estrategias gubernamentales y sociales

En relación con las estrategias que el gobierno y la sociedad en Yucatán han implementado en aras de solucionar los problemas ocasionados por la erosión costera, fue menester revisar fuentes de información primaria, secundaria y terciarias para conocer cuáles han sido las principales acciones fomentadas en las playas de Yucatán aquí abordadas. Con respecto a las estrategias gubernamentales en ambos sitios de estudio, se recurrió a la Plataforma Nacional de Transparencia, haciendo uso del derecho al acceso de información pública, en donde se solicitó a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Yucatán (SDS) información de las actividades realizadas dentro del Proyecto “Conservación, *Mantenimiento y Recuperación de Playas*”, así como la inversión que se requirió para cada una de ellas. Adicionalmente, durante recorridos en campo se realizaron muestreos visuales para caracterizar las prácticas de manejo de erosión costera implementadas en cada vivienda en ambas comunidades, empleando la clasificación de Rangel *et al.*, (2018a); y se realizaron anotaciones sobre: la existencia de obras de protección costera (espigón, geotextil, etcétera), si las viviendas presentaban alguna modificación en su construcción con el objetivo de adaptarse al riesgo ante el fenómeno de erosión costera, algún indicio de prácticas de restauración o creación de ecosistemas costeros (*e.g.* dunas, manglares, arrecifes) o si las residencias manifestaban serias afectaciones en su estructura.

## 7. Resultados

### 7.1 Caracterización de las poblaciones encuestadas

A continuación, se muestran los resultados de las 68 personas encuestadas. Con base en los resultados que arrojaron las encuestas aplicadas en la comunidad de Sisal, cerca del 60% de las personas encuestadas fueron mujeres de entre 20 y 79 años, con un promedio de 50, mientras que el 40% correspondiente a la población masculina presentaron una edad de entre 30 y 81 años, con un promedio de 56. Respecto a la ocupación, el 35% manifestó ser ama de casa, el 19% fueron personas dedicadas a la pesca y cerca del 15% personas jubiladas. Por otro lado, para la población encuestada en Chicxulub, el 60% fueron personas del sexo femenino con un promedio de 60 años de edad y, el 40% relativo a los hombres, presentaron un promedio de edad de 53 años. En lo concerniente a las ocupaciones manifestadas por los encuestados se encontró que el 23% eran empresarios, 17% se dedicaban a actividades relacionadas con la industria de la construcción y un 13% ejercía actividades dentro de la industria inmobiliaria. El resto de las ocupaciones para ambas localidades se muestran en la figura 12a.

Con referencia al nivel de escolaridad, en la comunidad de Sisal el 32% indicó haber concluido los estudios de primaria, un 30% señaló haber terminado la preparatoria, 16% terminaron la primaria, 11% no contaba con ningún grado de estudios y el restante declaró poseer estudios de licenciatura y posgrado. Para el caso de los encuestados en Chicxulub, el 57% manifestó que contaba con estudios hasta nivel licenciatura y un 27% declararon haber alcanzado estudios de posgrado, el 10% terminaron estudios de preparatoria y el restante hasta la secundaria. Como puede observarse en la figura 12b, la población de Chicxulub presentó un nivel mayor de escolaridad en comparación con los encuestados de Sisal.

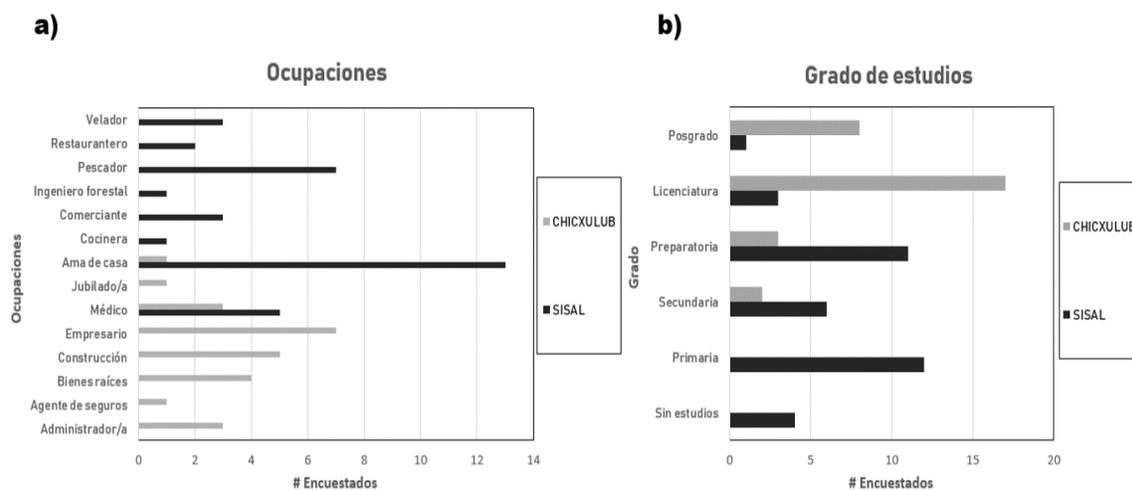


Figura 12. Ocupación y nivel educativo de los encuestados.

Elaboración propia.

Resulta importante señalar que las poblaciones costeras analizadas en este trabajo presentan escenarios disímiles en cuanto a la dinámica social y ambiental. En este sentido, Sisal es una localidad donde la mayoría de los pobladores se dedican a la pesca como su principal fuente de ingresos. Del total de viviendas, la mayoría se concentran en la primera y segunda franja. Por lo que respecta a la tercera franja, es decir, en la zona contigua a la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), se hallan erigidas viviendas de segunda residencia que satisfacen al turismo, extranjero y nacional, en épocas vacacionales. En cuanto al estatus de conservación que presenta la playa en esta comunidad, se puede considerar que conserva una extensa cobertura de vegetación de duna costera, sin omitir el deterioro ambiental existente debido a la urbanización y otras actividades humanas.

En el otro extremo, los propietarios de los inmuebles ubicados en la zona de Chicxulub son en su mayoría empresarios, personas que realizan actividades dentro del sector terciario. Gran parte de las viviendas son de segunda residencia. Asimismo, la mayoría de residencias fueron construidas sobre el ecosistema de duna, siendo uno de varios factores que ha agravado el proceso de erosión costera que actualmente amenaza a esta población. Dadas estas condiciones de contraste, se realizó un análisis de conglomerados (Figura 13) para agrupar a los encuestados de ambas localidades en función de un conjunto de variables, incluidas las mencionada arriba, que podrían determinar el hecho de que los individuos reconozcan o perciban, o no, algún servicio ecosistémico y que estén dispuestos a donar para su conservación.

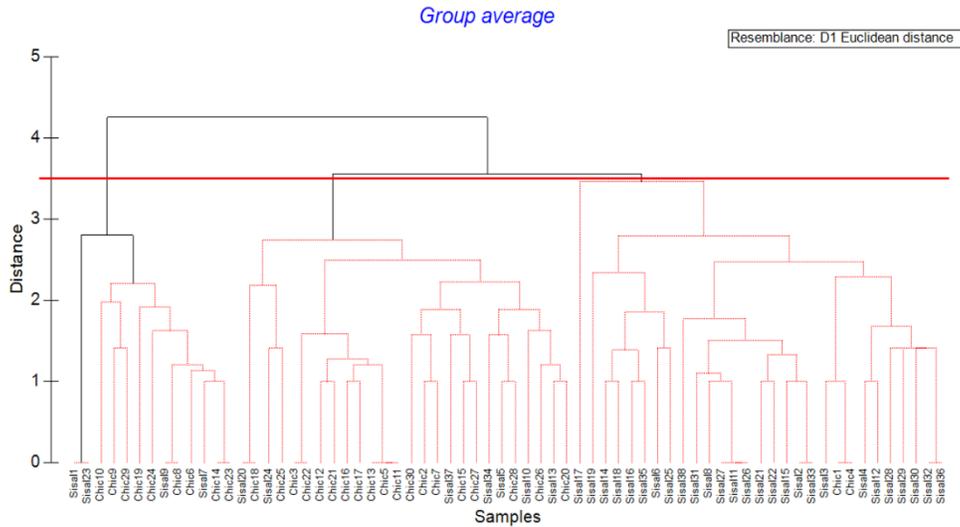


Figura 13. Análisis de conglomerados.

La partición final o el punto de corte se realizó en 3.5; resultando con ello tres grupos diferenciados.

Para apreciar de manera más tangible la similitud entre los tres grupos (*clusters* en inglés), la tabla 2 muestra los valores para cada variable utilizada en el análisis estadístico. Las características de cada grupo permitieron igualmente colocar un nombre, o etiqueta, descriptivo a cada uno de ellos. De estos resultados, llama la atención el hecho de que el grupo 1 (n=13), posee a la gran mayoría de personas con mayor nivel educativo, la mayoría son personas de la tercera edad (>60 años), y gran parte de ellos desarrollan actividades económicas en el sector terciario. Asimismo, el grupo entero, a excepción de una persona, reconocieron al menos un servicio ecosistémico y todos ellos estarían dispuestos a donar > \$750/año para programas dedicados a la conservación de playas. En el otro extremo se encuentra el grupo 3 (n=29), este grupo contiene a aquellos encuestados con el menor nivel educativo y una gran parte de ellos se dedica a actividades económicas del sector primario. Por otro lado, sólo un 20% reconoció algún SE, no obstante, el 70% de los integrantes, estaría dispuesto a donar una cantidad mínima de \$150-\$250/año, para la conservación del ecosistema. Finalmente, cabe señalar que el segundo grupo (n=26), al igual que el primero, tienen ocupaciones que se desarrollan dentro del sector terciario y fue el grupo donde más del 50% de los encuestados no estarían dispuestos a donar para la conservación de playas.

Tabla 2. Características de las agrupaciones de encuestados.

<b>Grupo (n)</b>	<b>Localidad</b> <b>Chic   Sis</b>	<b>Sexo</b> <b>%</b> <b>Fem   Mas</b>	<b>Edad</b> <b>(%)</b>	<b>Escolaridad</b> <b>(%)</b>	<b>Ocupación</b> <b>(%)</b>	<b>Rec. SE</b> <b>%</b> <b>(Sí   No)</b>	<b>Disp. Don.</b> <b>(%)</b>
<b>1 (13)</b>	78   22	30   70	1 (23)	4 (7)	1 (15)	92   8	5 (100)
			2 (23)	5 (33)	2 (15)		
			3 (54)	6 (60)	3 (70)		
<b>2 (26)</b>	69   31	58   42	1 (8)	3 (17)	1 (19)	35   65	1 (52)
			2 (65)	4 (23)	2 (12)		2 (21)
			3 (27)	5 (49)	3 (69)		3 (27)
				6 (11)			
<b>3 (29)</b>	8   92	66   34	1 (21)	1 (21)	1 (79)	21   79	1 (29)
			2 (20)	2 (46)	2 (0)		2 (68)
			3 (49)	3 (21)	3 (21)		3 (3)
				4 (12)			

*Edad: 1=20-40; 2=41-60;3=>60. Escolaridad: 1=sin estudios; 2=primaria; 3=secundaria; 4=preparatoria; 5=licenciatura; 6=posgrado. Ocupación: 1=sector primario; 2=s. secundario; 3=s. terciario. Disp. Don.: 1=nada; 2=100-250; 3=251-500; 4=501-750; 5=>751. Los números en paréntesis representan el porcentaje respecto al número de integrantes que conforman cada grupo.*

Adicionalmente, de acuerdo con los resultados de la valoración de los problemas que suelen presentarse con mayor frecuencia de manera general en las comunidades costeras, se obtuvo que en la localidad de Sisal, la problemática que más les preocupa a los encuestados es la de contar con playas sucias, inseguras y con una aglomeración de visitantes, con un porcentaje de 74% según las respuestas de los encuestados, mientras que el problema menos alarmante con un valor de importancia del 37%, fue la pérdida de viviendas y espacios de recreación. Por su parte, los pobladores de Chicxulub manifestaron que el problema más grave para ellos es la pérdida de ancho de playa y el menos preocupante lo referente a la pérdida de empleos y costos de reparación de viviendas (Figura 14).

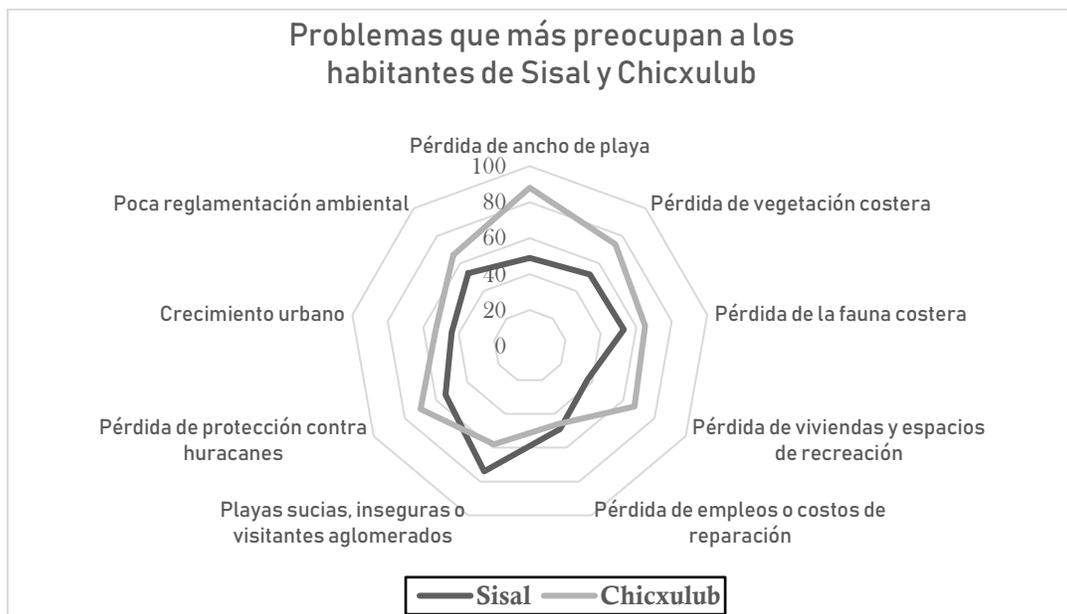


Figura 14. Problemáticas costeras identificadas en relación con la erosión costera por encuestados de Sisal y Chicxulub.

Elaboración propia. Fuente: Encuestas aplicadas a ambas comunidades (Anexos A y B).

## 7.2 Identificación de los servicios ecosistémicos

Por medio de las encuestas se lograron identificar los servicios ecosistémicos brindados por las playas y dunas costeras que las poblaciones en ambas comunidades costeras percibieron (Figura 15) y estos se contrastaron con aquellos reportados en la literatura científica. Como resultado de la comparación, se obtuvo que las comunidades en su conjunto sólo reconocieron seis de los trece SE proveídos por los ecosistemas de interés. Cabe señalar que en Sisal se mencionaron algunos SE que los encuestados de Chicxulub no reconocieron, como los servicios de regulación de gases y refugio y hábitat de organismos.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	FUNCIÓN DE REGULACIÓN						FUNCIÓN DE SOPORTE				FUNCIÓN DE PROVISIÓN			FUNCIÓN CULTURAL				
	Regulación de Gases	Regulación climática	Regulación de disturbios	Regulación hidrológica	Tratamiento de desechos	Control biológico	Polinización	Control erosión y retención del suelo	Ciclo de nutrientes	Refugio y hábitat	Formación de suelo	Producción de alimento	Materia prima	Provisión de agua	Protección	Recursos genéticos	Recreación	Cultural
Literatura	X	X				X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Sisal	0						0		0					0		0	0	0
Chicxulub							Δ							Δ		Δ	Δ	Δ

Figura 15. Servicios ecosistémicos percibidos por encuestados y reportados en la literatura.

Elaboración propia. Fuente: Encuestados de ambas comunidades, MEA (2005), Moreno-Casasola (2006), Martínez et al., (2007) y Seingier et al., (2009).

Tomando en consideración los resultados anteriores sobre la percepción de los SE, la figura 16 muestra un mayor reconocimiento de la población de Chicxulub sobre los servicios ecosistémicos de protección brindados por la playa, ya que más del 50% de los encuestados reconoció la importancia que tienen estos ecosistemas ante fenómenos naturales como huracanes. Por otro lado, la población encuestada de Sisal reconoció en una misma proporción (33%), los servicios de protección y recreación.

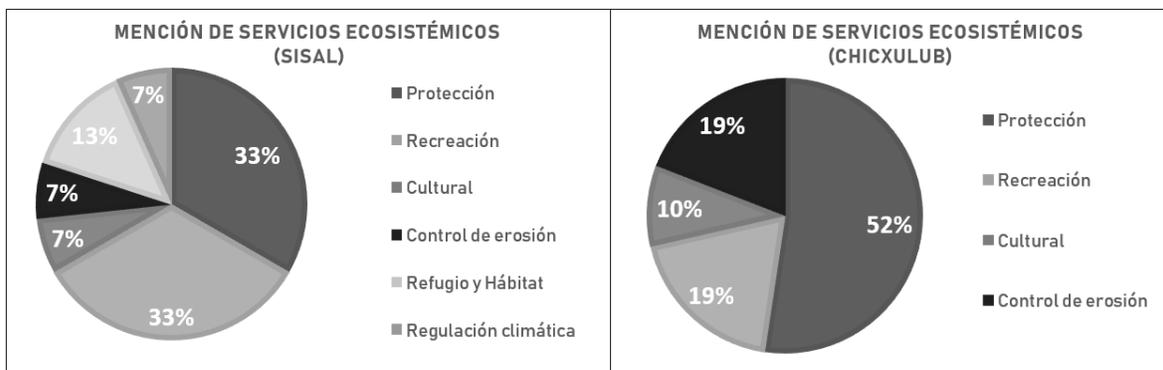


Figura 16. Mención de los Servicios Ecosistémicos percibidos por los pobladores de Sisal y de Chicxulub.

Elaboración propia.

En la tabla 3 se presentan los resultados de la importancia relativa según la opinión de los encuestados por comunidad. Puede notarse que el SE mayormente valorado en Sisal fue

Fuente de alimentos, mientras que en Chicxulub fueron los SE de Protección contra vientos y mareas, Evita la erosión costera y Espacios de recreación, aunque estos difieran por un dígito. Por otro lado, el SE de filtración de agua de lluvia fue considerado de menor importancia en Sisal, mientras que el SE de Fuente de alimentos fue menos importante para los encuestados en Chicxulub.

Tabla 3. Importancia relativa otorgada a los servicios ecosistémicos de la playa por los encuestados.

<i>Servicios Ecosistémicos</i>	<i>Sisal</i> <i>(%Importancia) *</i>	<i>Chicxulub Puerto</i> <i>(%Importancia) *</i>
<i>Hábitat y refugio de fauna silvestre</i>	78	81
<i>Fuente de alimentos/medicamentos</i>	<b>84</b>	<b>58</b>
<i>Protección contra vientos y mareas</i>	78	<b>88</b>
<i>Evitan la erosión costera</i>	78	<b>87</b>
<i>Filtración de agua de lluvia</i>	<b>68</b>	70
<i>Espacios de recreación</i>	75	<b>86</b>

\*Se muestra resaltado en negritas el servicio con la mayor importancia y en color rojo los SE de menor importancia.

### 7.3 Percepción social del riesgo

Posteriormente, en la figura 17, se muestran los resultados sobre la percepción de los encuestados respecto al grado de impacto de la erosión de playa-duna en las siguientes dimensiones: calidad de vida, infraestructura, trabajo y vivienda. Se observa que gran parte de los encuestados en la comunidad de Sisal no percibe algún tipo de impacto en ninguna de las cuatro dimensiones; en otras palabras, el problema de erosión aún no se presenta como un fenómeno que cause alguna afectación para ellos. Sin embargo, si hubo una mínima

cantidad de encuestados que indicaron percibir daños muy severos en su vivienda y trabajo. Por el contrario, un porcentaje alto de los encuestados pertenecientes a la localidad de Chicxulub, perciben un impacto importante de la erosión costera en su calidad de vida y vivienda, es decir, el fenómeno si les es evidente y lo perciben como importante en sus intereses.

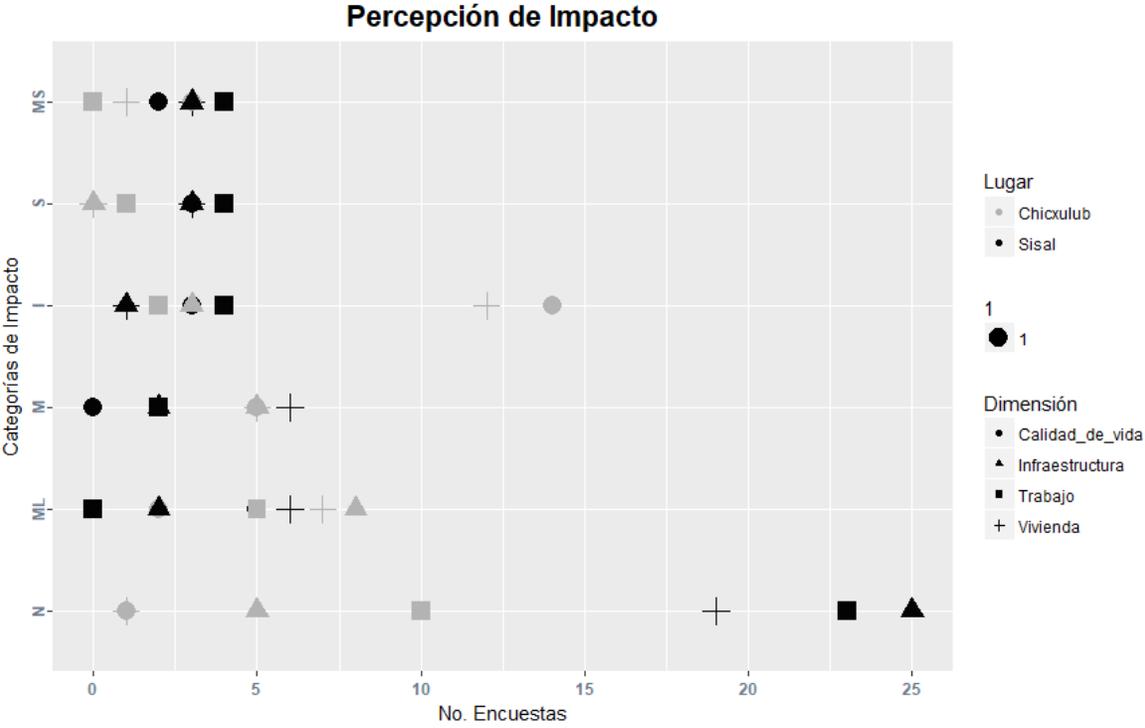


Figura 17. Percepción de impacto.

Impacto en la Calidad de vida, Infraestructura (servicios), Trabajo y Vivienda. Donde las categorías de impacto son: N=Ninguno, ML=Muy Leve, M=Moderado, I=Importante, S=Severo y MS=Muy Severo.

### 7.4 Riesgo técnicamente evaluado en Chicxulub

En la figura 18 se visualiza una porción del área sometida a la evaluación técnica del riesgo en Chicxulub a un plazo de 30 años (para ver el mapa completo ver Anexo C). En donde 123 viviendas, correspondiente al 80% del total que se ubican en esa zona de estudio resultarían

afectadas total o parcialmente si la tasa actual de erosión (1m/año) se mantuviera constante en los siguientes años. El área total construida correspondiente a las 154 viviendas se estimó en 43,263 m<sup>2</sup>, de los cuales 13, 619 m<sup>2</sup> (31%), se perderían a causa de la erosión costera. Las viviendas ubicadas en Chicxulub siguen un patrón en la construcción de obras complementarias (albercas), las cuales se ubican contiguas a la playa; por lo cual serían la primera infraestructura afectada por los procesos de erosión costera. Por tanto, de las 123 albercas registradas, el 81% de ellas resultarían dañadas total o parcialmente ante el patrón de erosión previsto.

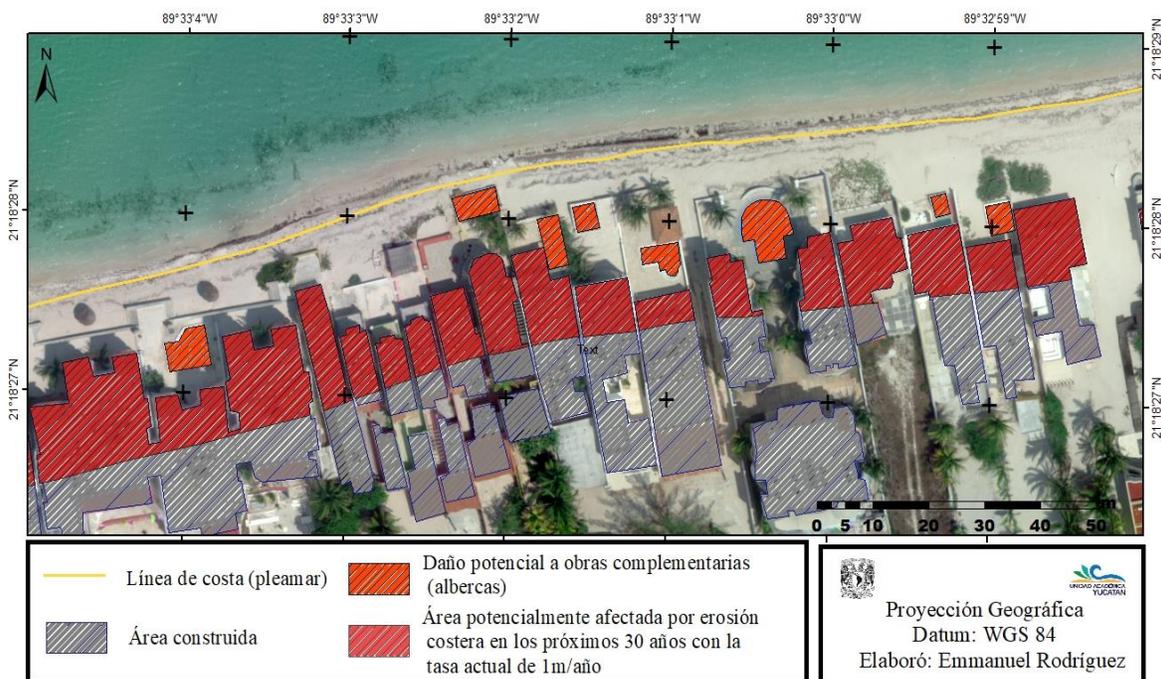


Figura 18. Mapa que muestra la afectación potencial en infraestructura en Chicxulub en 30 años.

Estos resultados con los valores monetarios actuales y estimados de las Pérdidas monetarias por erosión costera (Pmec) se resumen en la tabla 4, donde resaltan pérdidas del 81% en el valor de obras complementarias (*e.i.* piscinas) por su ubicación más próxima a la línea costera.

Tabla 4. Estimación de las Pérdidas Monetarias por Erosión Costera en Chicxulub.

<b>Componentes para el cálculo de Pmec</b>	<b>Valor monetario actual MXN</b>	<b>%</b>	<b>Pérdida monetaria a largo plazo MXN</b>	<b>%</b>
VUS	51,482,846	100	16,207,020	31
VC	23,424,010	100	7,337,065	31
VOC	15,741,002	100	12,707,952	81
<b>Pmec</b>	<b>90,647,858</b>	<b>100</b>	<b>36,252,037</b>	<b>40</b>

## 7.5 Disposición a pagar para conservar la playa en Sisal

Como se mencionó anteriormente en la metodología, fue necesario abordar el riesgo técnicamente evaluado desde otra perspectiva, ya que el puerto no presenta evidencias del proceso erosivo a una magnitud que se considere una amenaza de pérdida de playa. En este caso la DAP funge como una medida directa de la valoración de la playa y por el cual los usuarios estarían dispuestos a prever su deterioro. Asimismo, permite cuantificar un monto económico que podría emplearse para conservar el buen estado de la playa y utilizarlo para implementar una estrategia de protección natural contra la erosión, en lugar de hacer uso de obras artificiales de protección costera, como en el caso de Chicxulub. En la tabla 7 se muestran los resultados del cálculo de la disposición a pagar para ambas comunidades. Analizando los datos resalta el hecho de que los pobladores de Chicxulub presentan una disposición más alta, con un promedio de casi quinientos pesos por individuo al año, aun cuando la cantidad de respuestas afirmativas fue menor. Cabe mencionar que las respuestas que se omitieron fueron debido a que las personas simplemente no contestaron o porque los encuestados no estaban a favor de pagar por la conservación de las playas, este último aspecto será discutido más adelante. Al final de la tabla 7, también se muestra una extrapolación del pago promedio por individuo asumiendo que de las 487 viviendas que se encuentran habitadas en Sisal, el 80% de ellas estarían dispuestas a realizarlo. Finalmente, se muestra el monto recaudado de la disposición a pagar durante los próximos 30 años, cuyo mismo lapso de tiempo fue utilizado para la evaluación del riesgo en Chicxulub.

Tabla 5. Disposición a pagar

<b>Parámetro</b>	<b>Sisal</b>
<i>Número de encuestas</i>	38
<i>Respuestas afirmativas</i>	32
<i>Pago promedio por individuo (PPI)</i>	\$292.4
<i>Pago total anual (PTA)</i>	\$9,357
<i>Porcentaje de viviendas que se estima estarían dispuestas a pagar (PVDAP)</i>	389
<i>(PPI) * (PVDAP)</i>	\$113,743.6
<i>DAP durante los próximos 30 años</i>	\$3,412,308

## 7.6 Remembranza del manejo de erosión costera en Chicxulub

En Chicxulub y en otras playas de Yucatán, desde el año 2002 operan programas de la federación y del Estado para mitigar la pérdida de playas en sitios considerados críticos con rellenos de arena (García *et al.*, 2011), cuyos materiales se han extraído de los bancos de acumulación en las escolleras de los puertos de abrigo. Sin embargo, estos programas han sido abordados desde una perspectiva sectorial reactiva y poco planificada. Frente al crecimiento notable de la problemática y ante las demandas sociales, en el año 2011 la Secretaría de Medioambiente de Yucatán, llevó a cabo el Primer Foro de Erosión Costera en Yucatán donde participaron dependencias de gobierno, instituciones académicas y organizaciones civiles para abordar la problemática y tratar de solucionarla desde una perspectiva integral y basada en conocimiento científico. Cabe agregar que dicho foro enfocó su atención en las zonas afectadas de Chelem y Chuburná. Es hasta el año 2014, cuando SDS ejecuta el Proyecto de Conservación, Mantenimiento y Recuperación de Playas en la franja costera entre Chicxulub Puerto y Uaymitún, a lo largo de siete kilómetros. En la tabla 5 se puede apreciar las actividades que dicho proyecto contempló y el monto requerido para ejecutarlas.

Tabla 6. Proyecto de Recuperación de Playas de la SDS.

Año	Proyecto	Actividades	Monto (MXN)
<b>2014</b>	Proyecto de conservación, mantenimiento y recuperación de playas entre Chicxulub Puerto y Chicxulub	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retiro de 125 estructuras de protección costera y reordenamiento de otras 41</li> <li>- Extracción de 455 mil m<sup>3</sup> de arena provenientes de bancos de préstamo autorizados por la SCT y vertidos en zonas críticas</li> <li>- Reforestación de la duna costera</li> <li>- Elaboración de un programa de investigación y monitoreo</li> </ul>	\$46,732,237
<b>2017</b>	Instalación de geotextiles en sitios conocidos como “Punta San Miguel” y “Teresiano”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocación de un rompeolas de 120 m de longitud, conformado por 6 tubos geotextiles de 20 metros de largo</li> <li>- Colocación de un rompeolas de 140 metros de longitud de forma paralela a la costa, conformado de 7 tubos geotextiles.</li> </ul>	\$1,923,359
<b>2017</b>	Implementación de un sistema de Bypass en Telchac Puerto.	- Dragado de la zona oriente de la escollera del puerto de abrigo de Telchac.	\$2,748,375
<b>2017</b>	Obras de reacomodo de arena por medios mecánicos en el tramo Teresiano-San Miguel	- Dragado de 3,000 m <sup>3</sup> de arena en zonas de acreción producidas por los geotextiles para llevarla a lugares cercanos con erosión	\$1,243,750
		<b>TOTAL</b>	<b>\$52,647,721</b>

Fuente: Plataforma Nacional de Transparencia (2018).

En lo que respecta a las prácticas de manejo de erosión costera que han sido implementadas por los propietarios de viviendas particulares y el gobierno de Yucatán se generó la tabla 6, donde se muestran ejemplos de las casas de la playa de Chicxulub, donde únicamente la práctica de Retirada Planificada no pudo ser corroborada, debido a la carencia de evidencias que indiquen la reubicación de viviendas.

Tabla 7. Prácticas de manejo de erosión costera registradas en la playa de Chicxulub.

Prácticas de Manejo de Erosión Costera	Ejemplos de viviendas en Chicxulub	Consideraciones
<p>Protección</p> 		<p>Las viviendas presentan algún tipo de medida de protección dura y/o blanda (e.g. espigones, rompeolas, geotextiles, muros). En la foto aparece una vivienda con revestimiento en el perfil de playa.</p>
<p>Adaptación</p> 		<p>Existen viviendas con diferentes métodos de construcción para adaptarse a la zona de riesgo. En la foto aparece un vivienda construida sobre pilotes, la cual sirve para evitar daños por eventos de inundación y erosión.</p>
<p>Retirada planificada</p> 	<p>SIN EVIDENCIA</p> 	<p>No se hallaron pruebas que indiquen una reubicación de viviendas en el área.</p>
<p>Uso de ecosistemas</p> 		<p>Viviendas con indicios de creación o restauración de ecosistemas (e.g. humedales, dunas costeras, arrecifes). En la fotografía se muestra un ejemplo de la creación de un ecosistema de duna costera con la ayuda de alijos.</p>
<p>Sacrificio (hacer nada)</p> 		<p>Se tomaron en cuenta aquellas propiedades que no realizan ninguna de las prácticas anteriores y que en algunos casos muestran evidencias de un gran deterioro. En la fotografía se observa una propiedad con severas afectaciones por erosión.</p>

Elaboración propia. Inspección visual a lo largo de la playa de Chicxulub en 2017

Las obras de protección costera presentes en Chicxulub con mayor frecuencia fueron los muros verticales y los geotextiles, estos últimos utilizados como rompeolas sumergidos colocados paralelamente a la costa o como espigones, instalados de una manera perpendicular con referencia a la playa. Los geotextiles abundan en el área debido a las estrategias que ha impulsado el gobierno estatal en los últimos cinco años (Tabla 5). Cabe mencionar que

también se hallaron restos de espigones construidos con estacas de madera y rocas de la región, práctica común desde hace décadas en la costa, hasta que las entidades gubernamentales retiraron varias de estas estructuras porque se observó que generaban más zonas de erosión y realmente no coadyuvaban a estabilizar el ancho de playa. Aunado a ello, también en esta parte del litoral se encuentran restos de geotextiles debido a que cuando los retiran, no lo hacen por completo y sólo cortan el material. El uso extendido de obras de protección costera determina por qué en esta parte del litoral de Yucatán la principal práctica de manejo de erosión costera es la de Protección (64%), seguida por la práctica de Sacrificio (33%), lo anterior debido a la presencia de un número notable de viviendas que no cuentan con alguna medida enfocada a controlar los impactos generados por el retroceso de playa. Por último, una cantidad inferior de residencias ha optado por llevar a cabo medidas de adaptación y otras encaminadas al uso de ecosistemas como medida de protección (Figura 19).

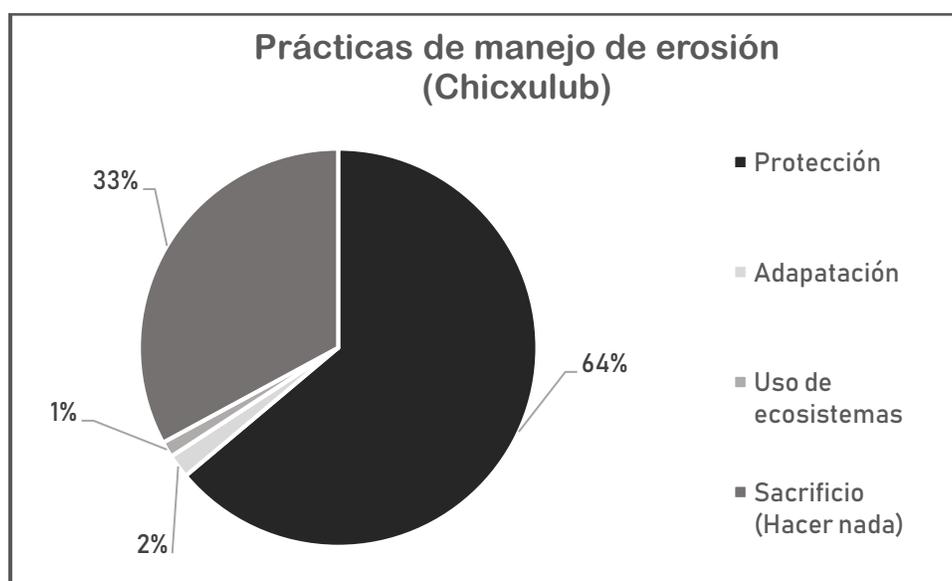


Figura 19. Prácticas de manejo de erosión costera en Chicxulub expresado en porcentajes.

Durante los recorridos en campo se detectó que, de las 155 viviendas ubicadas en Chicxulub, únicamente 62, correspondiente al 40%, presentan vegetación de duna costera. En esta vegetación principalmente de tipo arbustiva aparecen con mayor frecuencia (50%) las especies *Tournefortia gnaphalodes* y *Scaevola plumieri*, ambas nativas de la región; no obstante, se encontró otra especie alóctona dominante en la zona, *Scaevola taccada*. En cuanto a la vegetación rastrera, se encontraron *Canavalia rosea* y *Sesuvium portulacastrum* como especies características (Figura 20).

---

## Vegetación en Chicxulub

---



Figura 20. Especies de vegetación de duna presentes en Chicxulub

### 7.7 Remembranza del manejo de erosión costera en Sisal

De acuerdo con la información proporcionada por la SDS a través de la Plataforma Nacional de Transparencia, en la comunidad de Sisal no se ha realizado hasta el momento ningún programa de prevención, control y/o manejo de la erosión costera; sin embargo, se hizo mención de la presencia de la UNAM en la comunidad de Sisal y las investigaciones recientes sobre el comportamiento de la playa en dicha comunidad. Cabe agregar que especialistas del IINGEN-UNAM, se encuentran realizando un estudio integral de restauración y estabilización costera del Estado de Yucatán, el cual está enfocado en atender los problemas del retroceso de playa en el tramo de Chicxulub donde Sisal ha fungido como la zona experimental de dicho proyecto. No obstante, existen otros proyectos a su cargo sobre evaluaciones de peligro, vulnerabilidad y riesgo asociado a eventos de inundaciones y erosión en toda la costa de Yucatán.

En lo que respecta a las estrategias de manejo de erosión costera, en la playa de Sisal se identificaron solamente dos prácticas: Protección y Sacrificio (Tabla 8 y Figura 21). Las obras de protección costera consideradas dentro de la clasificación de Protección se presentó solo en 14% de los casos y constituyeron solamente muros verticales, ya que no existe alguna

otra medida implementada para proteger a las viviendas contra procesos de erosión. Todas las demás residencias (86%) presentaron la práctica de Sacrificio (no hacer nada), ya que no contaban con alguna otra medida para mitigar los impactos del retroceso de playa.

Tabla 8. Prácticas de manejo de erosión costera en la playa de Sisal

Prácticas de Manejo de Erosión Costera	Ejemplos de viviendas en Sisal	Consideraciones
<p>Protección</p> 		<p>Las viviendas que presentan como medida de protección dura, un muro vertical. En la foto aparece una vivienda con este tipo de obra costera, la cual protege las viviendas ante eventos de inundación.</p>
<p>Sacrificio (hacer nada)</p> 		<p>Se tomaron en cuenta aquellas propiedades que no cuentan con alguna obra de protección o adaptación. En la fotografía se observa una propiedad con aclarado de la vegetación de duna costera.</p>

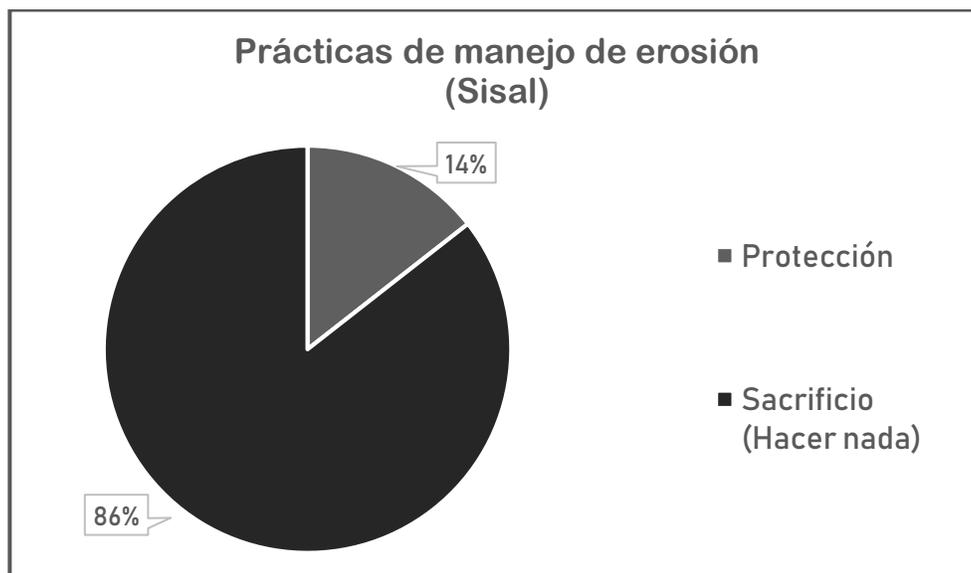


Figura 21. Prácticas de Manejo de erosión costera en Sisal.

A través de los recorridos en campo, se pudo observar que de las 97 viviendas con frente de playa en la comunidad de Sisal: el 46% de ellas presentan perturbaciones en la vegetación de duna; un 34% de ellas, ha removido por completo la vegetación frente a la vivienda; y el 20% restante, conservan en buen estado la vegetación. Entre las especies que se identificaron durante los recorridos se encuentran: *Coccoloba uvifera*, *Suriana maritima*, *Ambrosia hispida* y *Euphorbia mesembryanthemifolia*, entre otras (Figura 22).



Figura 22. Especies identificadas en la playa de Sisal.

## 8. Discusión

Tradicionalmente la toma de decisiones dentro del proceso de manejo de erosión costera, ha estado dominada por consideraciones económicas de tipo costo-beneficio, principalmente en zonas donde la infraestructura costera a proteger supera los costos asociados a las estrategias de defensa (Cooper y Mckenna, 2008). Esta visión sectorizada ignora las afectaciones en el sector social y ambiental, por ello hacen falta nuevos enfoques al momento de evaluar los riesgos al que se ven amenazadas las poblaciones costeras. Por ello, Ferrari y Monti (2007) señalan que las percepciones sociales relacionadas con el riesgo deben formar parte fundamental dentro de la selección e implementación de cualquier estrategia de gestión de riesgos. Sobre la base de las consideraciones anteriores, la realización de este trabajo de tesis permitió abordar uno de los principales problemas dentro del manejo costero, como es el retroceso de playa, a través de una evaluación integral que tomó en consideración la percepción social de las comunidades costeras, la importancia de conservar el sistema playaduna y sus SE inherentes, además de contemplar las pérdidas económicas potenciales que desencadena la erosión costera.

Pese a las críticas que se han formulado desde hace décadas respecto a si las percepciones de las personas debieran, o no, incluirse en los procesos de toma de decisiones y creación de políticas públicas sobre control de riesgos debido a su subjetividad (Pidgeon, 1998), el autor de este trabajo, considera dichas percepciones como un ítem clave dentro del proceso de toma de decisiones y evaluaciones de riesgos, por el simple hecho de que los individuos poseen información relevante sobre su exposición y la de su comunidad a los peligros cotidianos, detectando cuáles aspectos de los mismos son más importantes de atender. Lo anterior quedará de manera ejemplificada con la siguiente discusión de los resultados.

### 8.1 Caracterización de las poblaciones encuestadas

Con respecto a la caracterización de las poblaciones encuestadas (Figuras [12](#) y [13](#)), resaltan las diferencias en cuanto al nivel educativo y la ocupación; por un lado, en Sisal los encuestados poseen un nivel educativo bajo, ya que más del 60% sólo han concluido estudios a nivel primaria o preparatoria y, la mayoría fueron personas que se dedicaban a la pesca o eran amas de casa. Dichos resultados son similares a los reportados por García (2019) para

valorar servicios ecosistémicos en Sisal. En el otro extremo, se halló que cerca del 60% de la población encuestada en Chicxulub contaban con estudios de licenciatura, un 27% con estudios de posgrado y el resto con niveles inferiores. Además, una cantidad considerable (28%) de los mismos son empresarios, donde su ocupación se desarrolla dentro del sector terciario, a diferencia de los Sisal, cuya actividad productiva tiene que ver con el sector primario. Hasta el momento no se cuenta con información socio-económica y demográfica de esta zona en Chicxulub, por lo que no hay estudios con los que se pueda comparar la información aquí presentada.

En relación con los resultados del análisis de conglomerados ([Tabla 2](#)): el primer grupo, conformado en un 78% por personas de la localidad de Chicxulub, donde la mayoría son adultos de mayor edad, con mayor nivel educativo y que reconocieron al menos un servicio ecosistémico de ese ecosistema, estaría dispuesto a donar el monto más alto para la conservación de las playas. Un grupo con las características similares fue identificado por García (2019) para la población de Sisal. En cambio, el grupo 3, constituido por personas de Sisal en su mayoría, equivalente al 92%, fue dónde se presentaron aquellas personas con el nivel educativo más bajo, y fueron quienes no tendrían la disposición de donar para la conservación, o bien, donar una cantidad mínima. Los resultados de este trabajo concuerdan con otras investigaciones donde se ha descubierto que variables como la edad y el nivel educativo son grandes predictores de un comportamiento proambiental, esto implica que personas de mayor edad y con niveles educativos altos, tienden a expresar una mayor preocupación por el cuidado del ambiente en comparación con personas jóvenes y con escolaridad baja. Asimismo, Martín *et al.*, (2012), señalan a estas mismas variables como los factores que determinan la probabilidad de que las personas reconozcan algún servicio ecosistémico. No obstante, otras variables como el ingreso, la clase social y el género, también juegan un papel importante en el comportamiento ambientalista de las personas (Dietz *et al.*, 1998; Shen y Saijo 2008). Incluso, se ha encontrado que las percepciones de riesgo ambientales son mayormente percibidas por las personas de color, en comparación con las personas blancas, un fenómeno llamado “*White male effect*” (Satterfield *et al.*, 2004).

Identificar de qué forma las características socioeconómicas y culturales de las personas influyen en su percepción del mundo es determinante para diseñar medidas de manejo, educación o participación en temas ambientales. Reconocer qué factores definen su interés o desinterés en temas que les afectan directa o indirectamente es necesario para poder incorporarlos en los procesos de toma de decisiones. Siguiendo la reflexión anterior, Brañes (2001) define que la ineficacia de la legislación ambiental en México, como en otros países

latinoamericanos, tiene varias causas entre las que destacan la insuficiente valoración social de la misma y su desconocimiento. De ahí la importancia de realizar estudios como el presente, para enfocar los esfuerzos en aquellos factores que favorecen una participación más activa de las comunidades dentro del manejo de los recursos naturales.

## 8.2 Identificación Servicios Ecosistémicos

En relación con la identificación de los servicios ecosistémicos ([Figura 15](#)), existe un desconocimiento evidente por parte de los encuestados en ambas comunidades acerca de los SE que proveen las playas y dunas costeras en su totalidad, ya que sólo se lograron reconocer seis de los trece descritos en la literatura científica. Entre los SE que omitieron las personas de ambas localidades se encuentran los siguientes: regulación de disturbios, polinización, ciclo de nutrientes, formación de suelo, provisión de agua. Estos resultados relacionados con la omisión de algunos SE fueron similares a los reportados en el estudio de García (2019). De los seis SE que reconocieron las personas encuestadas en Sisal, el más frecuente fue el de Recreación, esto puede estar estrechamente relacionado con el incremento acelerado de la actividad turística en los últimos años, el cual ha sido reportado en otros estudios (Marín *et al.*, 2012; Santoyo, 2017). Además, los SE relacionados con la función de regulación (e.g. regulación climática, regulación de gases, formación de suelo), de acuerdo con Quintas *et al.*, (2018), son escasamente reconocidos debido a la dificultad de percibir procesos tan complejos. Estos mismos autores encontraron que las personas con mayor nivel educativo e ingresos altos, logran percibir o reconocer la existencia de estos SE. Por el contrario, las personas con menor nivel educativo y bajos ingresos tienden a reconocer mayormente los servicios ecosistémicos de tipo recreacional (e.g. caza, pesca, tours, deportes acuáticos). Resultados similares se obtuvieron en este trabajo. En Chicxulub el servicio ecosistémico mayormente reconocido fue el de Protección. Dicho reconocimiento se debe en gran parte a los esfuerzos llevados a cabo por el gobierno estatal y dependencias académicas para concientizar a la población sobre la importancia y beneficios que se obtienen al mantener el sistema de duna en buen estado. Los esfuerzos han permeado a tal grado que en algunos puntos del área de estudio los propietarios de algunas viviendas han optado por la restauración de duna costera como principal estrategia para combatir el retroceso de playa, ejemplo de ello es el trabajo llevado a cabo por Ocaña *et al.*, (2018).

La discrepancia en la valoración de los SE y el hecho de que en Sisal el SE más valorado haya sido el servicio de Fuente de alimentos y en Chicxulub el de Protección contra vientos y mareas ([Tabla 3](#)), está determinada en la forma en que cada individuo y, en su colectividad, se relacionan con su ambiente y cómo ellos lo perciben. Lefebvre (1991), menciona que la relación existente entre los humanos y su ambiente, es en gran medida, el reflejo de las percepciones ambientales en un contexto determinado, en ese sentido, para la población de Sisal es mucho más valorado el servicio de provisión de alimentos debido a que es una comunidad compuesta casi en su totalidad de personas dedicadas a la pesca como su *modus vivendi*, además, durante la aplicación de las encuestas una parte considerable de los encuestados concebía la playa más allá de sólo la parte terrestre, su concepción abarcaba la parte terrestre y el espacio marino contiguo, por ello los encuestados sacaron a colación los vastos recursos pesqueros proveídos por el mar y que son aprovechados por esta comunidad, además de que algunas especies de plantas son utilizadas para la elaboración de alimentos. En lo que respecta a la valoración de SE por los encuestados en Chicxulub, para esta población el servicio más apreciado fue el de Protección contra vientos y mareas, esto cobra sentido ya que en la actualidad esta comunidad está enfrentando problemas serios relacionados con la erosión costera y se han percatado de la importancia ecológica que conlleva la conservación de la vegetación de playas y dunas. Sobre todo, las personas valoran más este SE debido a la concientización ambiental que se ha generado dentro del marco de los proyectos de restauración de playas llevados a cabo por el gobierno y el sector académico en esta comunidad costera. Sin embargo, es evidente que la relación de estos usuarios con la playa-duna es temporal durante periodos vacacionales, y que otros SE asociados al aprovechamiento de sus plantas con fines alimenticios o medicinales no será conocido, mucho menos aquellos relacionados con la regulación o el soporte ambiental.

### 8.3 Percepción social del riesgo

En este trabajo se utilizó la técnica de encuesta para recabar información relacionada con la percepción del riesgo costeros de las comunidades costeras en cuestión, debido a su amplia utilización en otros estudios (Ferrari, 2013; López *et al.*, 2015; Rico *et al.*, 2010) para ahondar en temas de percepción social. De acuerdo con los resultados de la valoración de impactos percibidos por los encuestados con referencia al retroceso de playa ([Figura 17](#)), es notable una diferencia entre el nivel de impactos percibidos entre ambas comunidades. Por un lado, en la localidad de Sisal más del 50% de los encuestados no perciben ningún impacto de la

erosión dentro de las cuatro dimensiones otorgadas, probablemente debido a que el proceso no ha alcanzado en las playas del puerto estados alarmantes; mientras que en Chicxulub más del 40% de los participantes perciben impactos importantes principalmente en su calidad de vida y las afectaciones en viviendas. En los marcos de las observaciones anteriores, en los trabajos de Ferrari (2013) y Pelegrina (2012), se plantea que los sujetos/poblaciones que aceptan y reconocen amenazas (léase impactos para el caso en particular), tienen la capacidad de organizarse y administrar los recursos necesarios con el fin de responder a la amenaza ante la que se encuentran expuestos, esto gracias a su adecuada conciencia del riesgo. Por otro lado, las personas que no perciben impactos/amenazas generan una sensación de seguridad, lo cual da pauta a una inactividad en cuando al impulso de actividades enfocadas a atender la problemática. Por lo tanto, los hallazgos en este trabajo sugieren que se deberían encontrar métodos para generar consciencia sobre los posibles riesgos de erosión en la localidad de Sisal, principalmente por los actuales desarrollos inmobiliarios al lado oeste del puerto y la creciente actividad turística. Una forma de hacerlo sería mediante simulaciones de las consecuencias de una amenaza en particular sobre sus hogares o lugares apreciados, tal y como lo sugiere Weber (2006). Es evidente entonces la relación que guarda todo lo anterior con las prácticas de manejo de erosión costera que se han llevado a cabo en cada una de las playas (Tablas [6](#) y [8](#)), las cuales se discutirán más adelante.

Conforme a la valoración de los problemas que enfrentan las comunidades costeras, en la localidad de Sisal, la población encuestada declaró que la principal problemática que los envuelve es la de contar con playas sucias, inseguras y con hacinamiento de turistas ([Figura 13](#)). En relación con la contaminación y el mal manejo de los residuos, principalmente los inorgánicos, es un tema que ha sido ampliamente documentado por Urrea (2012) y Urrea (2016), quién además plantea una serie de alternativas para solucionar la problemática. Evidentemente, para el caso de Chicxulub, el problema principal para esta población está relacionado con el retroceso de playa y la consecuente pérdida de sus propiedades.

#### **8.4 Riesgo técnicamente evaluado**

Resulta oportuno hacer énfasis en el hecho de que, si bien, las afectaciones por erosión costera estimadas para el litoral de Chicxulub ya resultan alarmantes ([Tabla 4](#)), puesto que potencialmente habría una pérdida monetaria en infraestructura del 40%, se debe considerar que un número importante de las viviendas que potencialmente resultarían afectadas por el

retroceso de playa, posteriormente serían abandonadas por el riesgo alto al que se expondrían los propietarios y por los elevados costos que representaría el mantenimiento y protección de las mismas; ergo las pérdidas podrían duplicarse, perdiéndose hasta el 80% del valor de la infraestructura presente en la actualidad. Es necesario resaltar que el área de estudio abarca únicamente 3 kilómetros, porción que representa sólo el 8% de los 37 km de litoral que presentan alta susceptibilidad a procesos de erosión en la costa de Yucatán, de acuerdo con los estudios realizados por el Sistema Geológico Mexicano (2013). Aquí es necesario resaltar la importancia de las escalas espaciales en la atención a un problema costero, es decir, resulta sumamente complejo acoplar las escalas de análisis que cada disciplina requiere para llevar a cabo una aproximación multisectorial y sistémica. Azuz-Adeath y Rivera-Arriaga (2004), discuten sobre tal complejidad dentro de los procesos de manejo costero en relación con las escalas temporales y espaciales, incluyendo la dimensión ambiental, social, económica y política. Es claro que la dimensión de análisis del riesgo técnicamente evaluado en Yucatán se ha realizado en escalas espaciales reducidas, de unos cuantos kilómetros, y lapso de tiempos cortos, aproximadamente de 5 a 6 años, tiempo que duran los proyectos sexenales, cuando este tipo de problemáticas requieren de evaluaciones que contemplen escalas temporales de corto, mediano y largo plazo, además de escalas espaciales que vayan de lo local a lo regional, como ha sido recomendado por Woolfe (2017), debido a la importancia de incorporar información que permita entender el comportamiento de la costa a través de ciclos estacionales (anual) y además información sobre la variabilidad climática (décadas). Sobre todo, las evaluaciones deben llevar a cabo continuamente, más allá de periodos presidenciales, ya que la erosión costera no respeta estos límites políticos.

Continuando con las escalas planteadas por Azuz-Adeath y Rivera-Arriaga (2004), resulta oportuno transferir el problema que estos autores exponen respecto a la dimensión ambiental y el tiempo que toma el generar, difundir y aprovechar el conocimiento científico dentro del manejo costero, aterrizándolo al caso de estudio del presente trabajo de tesis. Primero se debe considerar que en el nivel estructural (que es donde se deben considerar los posibles tiempos y escalas asociadas al manejo costero, desde que sale a flote la necesidad de contar con un plan de manejo integral hasta lograr su implementación y monitoreo), el lapso de tiempo que conlleva la elaboración, aprobación, ejecución y la publicación de los resultados de los proyectos de investigación es aproximadamente de 5 a 6 años, por lo menos en el contexto mexicano. Lo anterior ocurre con el proyecto implementado por SDS ([Tabla 5](#)), en concordancia con instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil, donde las actividades dieron inicio en el año 2014; sin embargo, los resultados de las investigaciones científicas no han sido publicados en su totalidad hasta la fecha. El embrollo nace porque las

escalas temporales dentro de la dimensión ambiental ponen en jaque a las escalas temporales demandadas por los grupos sociales; los propietarios de las casas de Chicxulub manifestaron durante la junta, donde se les aplicó las encuestas, que deseaban contar con resultados en lapsos de tiempos más cortos a los establecidos en la dimensión ambiental, refiriéndose a un plazo de uno a dos años, situación que genera conflictos entre las partes involucradas.

De acuerdo con los resultados de la valoración contingente ([Tabla 7](#)), se halló una disposición de pago promedio por individuo de \$292 al año en la comunidad de Sisal y un pago total anual \$9,357, cantidades que difieren con los resultados obtenidos por García (2019), cuya estimación estuvo basada en un modelo *logit*. En otros estudios, como el de Mendoza *et al.*, (2012), se ha estimado el valor económico de los servicios ecosistémicos de las playas y dunas de Veracruz en un rango de \$8,656 a \$80,459 dólares/ha/año. De manera similar, De la Lanza *et al.*, (2013), calcularon un valor de \$3,357.8 dólares para el ecosistema de dunas costeras en Campeche. Estas discrepancias entre el valor económico calculado en este trabajo y los estimados en otros estudios puede estar estrechamente relacionado con las diferentes metodologías empleadas y con las diferencias ambientales, económicas y sociales de cada área de estudio. Es importante enfatizar que los resultados aquí obtenidos pueden servir como referentes para la toma de decisiones locales, y más cuando existe una escasez sobre la valoración de estos ecosistemas. Por otro lado, se encontró una buena disposición a pagar, ya que arriba del 80% de los encuestados está dispuesto a pagar por la conservación de las playas, este resultado coincide con otros estudios donde se obtuvo una disposición a pagar arriba del 60% utilizando el mismo método de valoración contingente (Bautista *et al.*, 2011; García, 2019; Pérez, 2003; Silva *et al.*, 2010). En cuanto a las personas que manifestaron una respuesta negativa hacia la disposición de pago, expresaron que no lo haría debido a que es responsabilidad del gobierno el cuidado del ambiente, estas declaraciones concuerdan con los resultados de García (2019) y Silva *et al.*, (2010), donde de manera similar los encuestados indicaron que las autoridades gubernamentales son los responsables de velar por el medio ambiente.

Con base en los resultados de la [Tabla 7](#), si se considera que del total de las viviendas en Sisal un 80% estarían dispuestas a pagar para la conservación de las playas, a lo largo de 30 años se invertiría un total de \$3,412,308MXN, cuyo monto estaría destinado a la restauración, protección y conservación de las playas, disminuyendo con ello el riesgo de erosión costera e incluso, evitaría o reduciría los impactos por otros fenómenos naturales como inundaciones y otros eventos hidrometeorológicos de gran magnitud. Al comparar la inversión económica anterior, vista como una medida de prevención, llama la atención el hecho de representar sólo

un 6% de la cantidad que se ha invertido en la playa de Chicxulub (\$52,647,721) para corregir los daños causados por erosión. Por ello, en el derecho ambiental, el Principio Preventivo es la regla de oro, donde se trata de tomar medidas previas para evitar daños ambientales, en el entendido que, siempre es mejor prevenir el daño que remediarlo o compensarlo, ya que es menos costoso anticipar los daños que enfrentar los costos económicos de la corrección y reparación (Rojas e Iza, 2009).

## 8.5 Estrategias y remembranza del manejo de erosión

En referencia a los resultados obtenidos del análisis de las estrategias de manejo de erosión costera (Figuras [19](#) y [21](#)), estos señalan la existencia de una prevalencia en cuanto al uso de estructuras de protección costera con la finalidad de reducir los impactos generados por el retroceso de playa, por lo menos en el caso de Chicxulub donde el fenómeno de erosión está causando daños desde hace más de una década. Hasta el día de hoy, la implementación de espigones ha sido la práctica de ingeniería más utilizada por excelencia contra la erosión a lo largo de la playa en Chicxulub, aunque recientemente se hicieron cambios sobre el tipo de materiales usados para su construcción: pasaron de ser construidos con estacas de madera y rocas calcáreas de la región a ser elaborados con membranas geotextiles en la actualidad. Significa entonces, que en esta parte del litoral de Yucatán la estrategia de “Protección” es vista como la mejor estrategia de manejo, tal y como sucede en muchas otras partes del mundo (Rangel *et al.* 2017; Smith *et al.*, 2017). No obstante, el uso de espigones y otras estructuras de ingeniería dura, aún es motivo de controversia debido a que no son necesariamente la solución más adecuada (Gracia *et al.*, 2017). Si bien este tipo de estructuras son útiles para “atrapar” arena proveniente de las corrientes litorales en zonas puntuales, los disturbios en playas contiguas, la alteración del transporte de sedimentos, los efectos negativos sobre la calidad visual del paisaje, el riesgo latente que representan para los turistas, estos y otros efectos adversos sumado a la escasa planeación y entendimiento de los procesos naturales que ocurren en las costas, ponen de manifiesto la necesidad de buscar otras alternativas para hacer frente a la erosión.

A pesar de que no se encontraron evidencias de la implementación de una Retirada Planificada ([Tabla 6](#)), no debería de descartarse la opción de su implementación, ya que las tasas altas de erosión, sumado a los elevados costos de reparación y mantenimiento de la infraestructura afectada, no permiten la adecuada adopción de las otras estrategias de manejo.

En este sentido, Williams *et al.* (2017), señalan que la Retirada Planificada se ha vuelto una opción ampliamente utilizada en otros países, esto se debe a que por un lado reduce los efectos tanto de la erosión costera y al mismo tiempo mitiga los impactos causados por inundaciones. Por su parte, Silva *et al.*, (2018), recomiendan, siempre que las condiciones lo permitan, la reubicación de la infraestructura que está en riesgo a través de un manejo adaptativo. Dicho manejo adaptativo no altera los procesos naturales e implica la aceptación de la pérdida inevitable de los bienes inmuebles, no obstante, los mismos autores consideran que el dejar que la playa recupere su equilibrio por sí sola es una solución sostenible a largo plazo. Valdría la pena preguntarse si la Retirada Planificada sería la mejor estrategia para afrontar los problemas de erosión, o en general ¿Cuál podría ser la mejor estrategia para mitigar los efectos del retroceso de playa en Yucatán? Algunos estudios ya han intentado hallar la “estrategia balsámica”, por ejemplo, Ruiz *et al.*, (2015) llegan a la conclusión de que la alimentación artificial de playas sin la presencia de obras de ingeniería podría ser el esquema de manejo de erosión más conveniente de acuerdo con sus modelos.

Ahora bien, es preciso analizar las inversiones realizadas por el Gobierno de Yucatán para atenuar los impactos de la erosión costera en la localidad de Chicxulub. En un lapso de cuatro años se invirtieron cerca de 53 millones de pesos según los datos proporcionados por la SDS ([Tabla 5](#)), siendo el monto más alto (47 millones de pesos) ejercido durante el año 2014. Valor que resulta alarmante si se compara con el presupuesto total que recibió la Secretaría para su ejercicio fiscal ese mismo año, el gasto de la atención de la erosión correspondió a una tercera parte de ese presupuesto anual. Lo anterior refleja el gran desafío que representa el retroceso de playa para el Estado al destinar una cantidad sumamente considerable del presupuesto ambiental para atender esta problemática costera. De la misma forma, al comparar las pérdidas económicas potenciales evaluadas en más de 36 millones de pesos por daño en infraestructura para la sección de playa en Chicxulub, llama la atención al representar casi el 70% de la inversión gubernamental mencionada anteriormente. Hechas las observaciones anteriores, valdría la pena realizar en futuras investigaciones un análisis costo-beneficio sobre la efectividad de las actividades contempladas dentro de los proyectos gubernamentales que se han ejecutado hasta la fecha. En otras palabras, se tiene que demostrar si los esfuerzos y gastos exorbitantes de dinero han sido útiles para mitigar, estabilizar o recuperar la playa, o, por el contrario, si sólo se trata de acciones meramente paliativas.

Respecto a las estrategias de manejo de erosión costera implementadas en Sisal, existe una estrecha relación entre la percepción de la población ([Figura 17](#)) y las prácticas de manejo

implementadas ([Figura 21](#)), ya que gran parte de los encuestados declaran que el fenómeno de erosión costera no ha causado ningún impacto por lo que aún no cuentan con un enfoque claro de alguna estrategia para controlar o mitigar procesos erosivos. Sin embargo, las obras de infraestructura de protección (muros verticales) encontradas en algunas de las viviendas en esta playa no necesariamente fueron construidas para combatir un proceso de erosión per se, sino más bien su principal objetivo fue el atenuar los riesgos por eventos de inundación. Sobre la base de las consideraciones anteriores, es necesario mencionar que en algunas investigaciones sobre este tema (Mendoza *et al.*, 2013; Trejo, 2012), se ha encontrado que la playa de Sisal en las condiciones actuales posee un nivel de riesgo nulo ante procesos de erosión costera y un riesgo alto ante eventos de inundación. Esto queda más claro si se toma en cuenta la presencia de las dos obras marítimas ubicadas en Sisal, por un lado, la escollera del puerto abrigo, la cual provoca un crecimiento de la playa mayor a 3 m/año en promedio (Torres-Freyermuth, com. pers.), y por el otro lado el muelle también tiene un efecto, aunque en magnitudes menores, en el transporte de sedimentos, lo cual se traduce en una zona de acreción en su lado este. De acuerdo con los razonamientos anteriores, es evidente que para la población de Sisal el retroceso de playa no representa algún problema ni ha causado impactos debido a que es inexistente, por lo menos en el tramo del muelle a la escollera del puerto de abrigo. De acuerdo con el trabajo de Medellín (2017), se sabe que a pesar de las perturbaciones generadas por las estructuras marítimas y las causadas durante eventos de tormentas, la playa se mantiene en un equilibrio dinámico gracias a la conservación del sistema de barras sumergidas y de la vegetación de duna costera.

Finalmente, retomando el tema de las medidas de resolución de problemas costeros en diferentes escalas temporal y espaciales. Es necesario apuntalar que las diferentes estrategias que el Gobierno ha implementado con el fin de atenuar los impactos generados por la erosión costera en los últimos tres sexenios han cambiado sin considerar los esfuerzos realizados durante los sexenios pasados y sin aprender del proceso de manejo previo. Es una situación lamentable en el ámbito político, la falta de concordancia entre las políticas enmarcadas dentro de los Planes de Desarrollo -léase nacional, estatales o municipales-, que impulsan el desarrollo costero (edificación de infraestructura pública y privada) en zonas generalmente inapropiadas y que causan severas alteraciones a los procesos naturales del litoral costero, y, en el otro extremo, las políticas públicas ambientales dirigidas a la protección de los ecosistemas con visiones diametralmente opuestas, hecho que obstaculizan el desarrollo sustentable de la región costera, convirtiendo el manejo de erosión costera en un ‘círculo vicioso’, tal y como se observa en la [Figura 23](#).

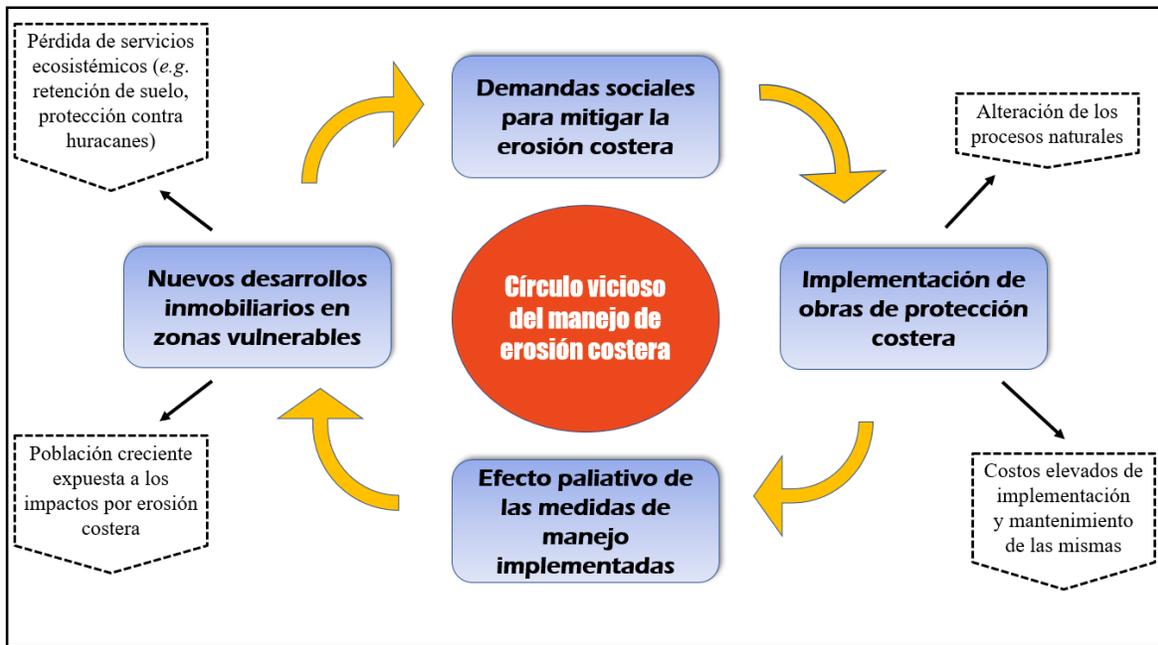


Figura 23. Círculo vicioso del manejo de erosión costera

Elaboración propia. Fuente: Modificado de Rumson *et al.*, (2017).

## 8.6 Consideraciones técnicas para futuras investigaciones

Uno de los aspectos metodológicos en este trabajo que puede ser objeto de discusión es el tamaño de muestra, ya que considerando las dimensiones de las áreas de estudio posiblemente la cantidad de encuestas aplicadas en cada una de ellas podría considerarse no representativas. Sin embargo, el bajo número de encuestas conseguidas se debe también al hecho de que fueron dirigidas a los propietarios de viviendas con frente de playa, donde la mayoría de los propietarios no residen todo el año, porque se trata de viviendas veraniegas o de segunda residencia. Por ello, durante el trabajo de campo la mayoría de ellas se encontraba deshabitada. Sin embargo, los resultados derivados de las encuestas pueden tomarse como referente para estudios relacionados con la percepción social y evaluación de riesgos. Para futuros trabajos sería recomendable aplicar los instrumentos en épocas vacaciones o en diferentes estaciones del año para conseguir una muestra más grande incrementando así la representatividad.

En relación con la percepción del riesgo, se exhorta para que en futuros trabajos este aspecto dentro de las evaluaciones esté acompañado de una previa formulación de encuestas con ayuda de expertos en disciplinas como Psicología y la Antropología, debido a que son estas

ramas de la ciencia las que analizan las diversas formas en que las personas o comunidades generan su conocimiento, así como los múltiples factores que median sus percepciones.

Referente a las evaluaciones riesgo, en el análisis aplicado en Chicxulub, convendría incluir además de los elementos en riesgo utilizados (obras complementarias, catastro, valor de material), agregar la cantidad y valor de los bienes materiales o menaje dentro de las casas (*e.g.* aires acondicionados, muebles, etc.), para contar con un valor cercano al real que pudiera perderse por fenómenos como la erosión costera.

## 9. Conclusiones y comentarios finales

- Las tres agrupaciones de las personas encuestadas en este estudio presentaron perfiles educativos y socio-culturales disímiles, lo cual daría pauta a dirigir los esfuerzos de sensibilización y concienciación ambiental sobre la erosión costera de manera diferenciada. De tal manera que, a los integrantes del grupo que están más conscientes de la importancia de la conservación de las playas y que están dispuestos a donar para conservar el ecosistema, se les podría exhortar a desarrollar proyectos de restauración en conjunto con expertos en el tema. Por otro lado, a los grupos que parecen estar desinteresados o desinformados sobre la importancia de las playas, a ellos sería apropiado dirigir programas de sensibilización y educación ambiental.
- Las percepciones de riesgo respecto a la erosión costera difirieron entre comunidades. En el caso de Sisal, la población no percibe impactos causados por erosión y reconoce como prioridad el atender la problemática relacionada con playas sucias e inseguras, así como el hacinamiento de turistas. En el caso de Chicxulub los encuestados reconocen impactos importantes en su calidad de vida y viviendas, demandando una pronta atención para mitigar los efectos del retroceso de playa.
- Los pobladores de Sisal reconocieron más servicios ecosistémicos que la población de Chicxulub Puerto, no obstante, ambas poblaciones no hicieron mención de SE importantes, tales como: la polinización, fuente de materia prima y regulación de disturbios. En ambas comunidades, los servicios de protección y recreación fueron mayormente reconocidos entre los encuestados. Para Sisal, la playa es mayormente valorada por la comunidad debido a que la consideran como una fuente de alimentos, hecho que podría motivar la conservación del ecosistema. Mientras que, para la población de Chicxulub, una de las motivaciones que podría promover la conservación de la playa es el reconocimiento del SE de protección contra vientos y mareas.
- De acuerdo con la evaluación técnica del riesgo en Chicxulub, las Pmec estimadas corresponden a \$36,252,037 MXN en 30 años, lo que equivale al 40% del valor total de la infraestructura presente a lo largo de sólo 3 km. de playa.
- En Sisal se encontró una disposición a pagar por individuo de \$292.4 y el pago total anual se estimó en \$9,357. El método de valoración contingente fue aplicado ex

profeso de conocer la disposición de pago para la conservación de la playa en la comunidad de Sisal, cuyos resultados reflejan la importancia que los pobladores le dan a la playa en términos monetarios, pese a la ausencia de problemas por erosión costera.

- La principal estrategia de manejo de erosión costera que ha prevalecido en la costa de Yucatán desde que inició el problema hasta el momento es la de Protección. En este sentido, por lo menos en un 64% del total de viviendas ubicadas en Chicxulub se ha optado por el uso de obras de protección costera, tales como espigones, rompeolas sumergidos y muros verticales para contrarrestar los problemas causados por el retroceso de playa. Estas obras afectan los procesos naturales y modifican la morfología de las playas, convirtiéndolas meramente en medidas paliativas temporales. Finalmente, sólo un 3% de las viviendas han adoptado estrategias más sustentables como el uso de dunas como medio de protección y la adaptación de la infraestructura para lidiar con los problemas de erosión.

De acuerdo con la información recabada en este trabajo, aún hay retos para analizar y manejar la erosión costera en Yucatán. Es evidente que el desarrollo costero en el Estado ha provocado el deterioro ambiental actual debido a la falta de planeación territorial. Al menos en el área de estudio en Chicxulub, la vegetación de la duna costera es casi inexistente debido a que la mayoría de las viviendas veraniegas fueron construidas sobre el ecosistema dunar, práctica que puede traducirse como una vulnerabilidad inducida, ya que, al eliminar la protección natural proveída por las dunas, la infraestructura y demás intereses humanos quedan expuestos ante los eventos hidrometeorológicos como tormentas. Otro factor que ha exacerbado el problema es la inadecuada implementación de obras de protección costera, como espigones y rompeolas sumergidos, además de la alteración del transporte de sedimentos provocada por las escolleras de los puertos a lo largo de la costa de Yucatán. Es urgente la necesidad de un manejo inteligente del territorio costero que coadyuve a restablecer el equilibrio ambiental, más que sólo proteger los bienes humanos. También es urgente desarrollar un proyecto de educación ambiental entre los usuarios de la playa para que su percepción al riesgo se incremente, así como su conciencia sobre cómo sus acciones contribuyen a la degradación del ecosistema costero. El ejercicio aquí realizado para identificar fuentes de donación para la conservación de playa-duna solo es demostrativo, más bien identifica una disposición a apoyar en la solución de la temática que podría generar medidas preventivas de deterioro más que reactivas a él.

A modo de conclusión y de opinión personal, la figura 24 representa mi punto de vista sobre la problemática abordada en este trabajo, considero que se debe cambiar el modelo de urbanización en el litoral, desafortunadamente el daño ambiental provocado por la infraestructura actual difícilmente podrá ser revertido, no obstante, debido a las tendencias en el aumento de infraestructura costera en Yucatán, es innegable la necesidad de adoptar nuevas formas de construcción y diseño de los inmuebles, los cuales deberán de ser construidos de tal manera que no afecte los procesos naturales. Igualmente, las estrategias de manejo de erosión tienen que ser menos agresivas con el ambiente, se deben buscar soluciones sustentables, que incluyan el uso de los ecosistemas naturales y los servicios ecosistémicos que proveen como principal medio de protección, de esta manera se reducirán costos y riesgos a futuro.



Figura 24. Viñeta: mitigación de la erosión costera.

Fuente: Recuperado de Charlier et al. (2005)

## 10. Recomendaciones

Con base en la información recabada y generada durante la realización de este trabajo de tesis, a continuación, se emitirán una serie de recomendaciones para el manejo y control de las playas en aras de contribuir a su conservación y restauración. Dichas recomendaciones están basadas en el escenario actual que enfrentan las poblaciones de estudio. Cabe señalar que, desafortunadamente, estas recomendaciones no son del todo compatibles para el caso de Chicxulub debido a la inexistencia de playa o vegetación de duna, situación que dificulta la recuperación del ecosistema. Las medidas que a continuación se plantean, están más *ad hoc* a la situación particular de Sisal, no obstante, algunas de ellas podrían ser compatibles con el escenario en Chicxulub e incluso con otras playas de la región. El tiempo requerido para llevar a cabo las propuestas aquí elaboradas, está comprendido en tres plazos: corto (de 1 a 2 años), mediano (3 a 5 años) y largo (mayor a 5 años). Por otro lado, los actores que deberán participar y adoptar cada una de las acciones establecidas son los siguientes: sector gubernamental (G), sector académico (A), sector privado (P), ONG's (O), población local (L) y turistas (T), en el caso donde el autor de esta tesis considere que todos actores antes mencionados deberían de acatar alguna acción se indicará con la palabra TODOS.

### I. Generar y Compartir el Conocimiento Científico para Alcanzar la Sustentabilidad

En aras de llevar a cabo un manejo adecuado y racional de los recursos naturales, es incuestionable la necesidad de contar con información científica respecto al estado del ambiente y sus componentes, así como de los procesos y fenómenos que acontecen en la naturaleza. Durante la realización de este trabajo, se encontraron limitaciones sobre la poca disponibilidad de información requerida para robustecer los análisis de riesgo costero, sobre todo en evaluaciones de percepción social y sobre valoración de servicios ecosistémicos en dunas costeras. Sumado a lo anterior, el conocimiento científico rara vez es puesto al alcance de todos los ciudadanos quedándose estancado en la academia. Por tal motivo, es menester implementar mecanismos que permitan el libre tránsito de información entre los sectores académico, gubernamental y social, logrando con ello que las tomas de decisiones sobre los recursos naturales surjan del acuerdo colectivo y bien informado.

**Situación deseada:** Se espera que con el cumplimiento de las acciones que se proponen a continuación, se logró concientizar a la sociedad en general sobre la importancia de conservar las playas, sólo así se podrán eliminar las malas prácticas en el manejo de estos ecosistemas.

<b>OBJETIVO</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>PLAZO</b>	<b>ACTORES</b>
<b>Sensibilizar y concientizar en materia ambiental a la población en general</b>	Crear Centros dedicados a la educación ambiental o apoyar a los ya establecidos ( <i>e.g.</i> CHIMAY en Sisal)	Mediano	G, A, L, O.
	Generar nexos entre las instituciones académicas y las dedicadas al periodismo científico para cristalizar ese conocimiento en acciones de impacto social.	Corto	G, A, O, P
	Implementar ciclos de conferencias y talleres sobre el cuidado del ambiente en espacios públicos para que toda persona pueda tener acceso al conocimiento científico que se genera en las universidades e institutos de investigación.	Mediano	G, A, O
	Generar espacios para transmitir y compartir conocimientos sobre la problemática de erosión costera. Teniendo en cuenta los resultados de este estudio, los habitantes de Chicxulub podrían dar pláticas a la población de Sisal para evitar situaciones como las que ellos están enfrentando.	Mediano	G, A, L

## II. Restauración y Conservación de la Vegetación de Duna Costera

Las dunas son uno de los ecosistemas costeros más representativos y éstas han sido reconocidas en diversos estudios como ecosistemas prioritarios para el país (Martínez *et al.*, 2014; Moreno-Casasola, 2006), puesto que en ellas se desarrollan actividades productivas que son claves para el crecimiento económico, sin omitir la amplia gama de bienes y servicios que proveen a las poblaciones humanas. Es evidente entonces, la necesidad de conservar en buen estado los ecosistemas de duna para mantener el equilibrio ecológico y con ellos las actividades productivas. Ante la situación planteada, resulta importante la reconstrucción de la vegetación dunar en zonas donde se ha removido total o parcialmente, a consecuencia del tránsito de personas y vehículos motorizados y, en ocasiones por prácticas de propietarios de viviendas veraniegas quienes prefieren no tener vegetación enfrente de sus predios. El principal objetivo de este apartado es proponer algunas medidas y acciones para permitir la recuperación de zonas donde la vegetación ha sido perturbada.

**Situación deseada:** Con el seguimiento de las acciones propuestas a continuación, se pretende mejorar las condiciones de la playa a través de la restauración y de la reducción o eliminación de las fuentes de impacto y degradación del ecosistema. Lo cual también tendrá un efecto positivo al reducir los riesgos generados por la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

OBJETIVO	ACCIONES	PLAZO	ACTORES
<i>Restauración y protección de la playa-duna</i>	Implementar la construcción de pasarelas en zonas estratégicas para el acceso a las playas (al final de la tabla se muestra una propuesta)	Mediano	G, A, L, T
	Llevar a cabo acciones de restauración en aquellas zonas donde la vegetación dunar ha sido eliminada.	Mediano	G, A, O, L
	Conformar un comité de vigilancia ambiental para monitorear la playa principalmente en	Corto	G, L

temporadas vacacionales.	Implementar una zonificación de la playa con criterios ecológicos y con base en la intensidad y tipo de uso del territorio.	Mediano	G, A, L
	Establecer un programa de monitoreo continuo del estado de conservación de la vegetación costera.	Mediano	G, A
	Capacitación de las autoridades locales y personas interesadas sobre delitos ambientales y el ejercicio de la denuncia popular y anónima.	Mediano	G, A, L, T

El uso de pasarelas peatonales en las playas es vista como una de las principales estrategias de protección contra la degradación de vegetación costera causada por las actividades humanas, principalmente el tránsito descontrolado de personas y vehículos sobre la duna costera; ergo ha sido ampliamente recomendado su utilización en otros estudios (Ley *et al.*, 2007; Moreno, 2006). Por ende, al contar con este tipo de infraestructura se logra controlar el acceso a la playa, al mismo tiempo que funge como un elemento estético. Para evitar daños a futuro por una mala planeación al construir la pasarela aquí propuesta, a continuación, se brindan una serie de requisitos que deberán ser atendidos para cumplir con el objetivo:

- El ancho de la pasarela debe ser igual o mayor a 1.80 m. para que las personas puedan transitar libremente en ambos sentidos.
- La pasarela tendrá que ser construida sobre pilotes a una altura mínima de 80 cm. Esto permitirá el desarrollo de vegetación debajo de la obra, el flujo natural de sedimentos y el libre paso de fauna.
- El material con el que se construirán los 2 km de pasarela, contrariamente al usado tradicionalmente (madera), se propone el uso de madera plástica ecológica que fue

desarrollada en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)<sup>4</sup>, ya que es más resistente contra la corrosión y el ataque de termitas.

- La instalación de la pasarela deberá estar acompañada de señalamientos sobre las rutas, además de letreros que resalten la importancia respetar la naturaleza.
- Los accesos a la pasarela deberán de tener una inclinación adecuada para que personas con capacidades diferentes puedan transitar sin dificultad.



Figura 25. Propuesta de pasarela para conservar las dunas en Sisal

Elaboración Propia

<sup>4</sup> Para más información sobre este material checar la nota periodística en: <https://www.sinembargo.mx/11-05-2017/3214633>

### III. Guía de buenas prácticas para la Conservación de Playas

La problemática que enfrentan las playas en México va más allá de la mala calidad del agua; presentan niveles altos de contaminación, reducción de la biodiversidad, infraestructura pública y privada que altera los procesos naturales, la escasa educación ambiental en las poblaciones costeras y la escasa seguridad que se le brinda a los usuarios. En consecuencia, la propuesta de contar con un reglamento para la conservación de playas no es exclusivamente para la protección de los ecosistemas, sino que a través del seguimiento de estos lineamientos se busca aumentar la seguridad de los usuarios y al mismo tiempo atender uno de los problemas que se presenta con mayor frecuencia en las comunidades costeras: la contaminación ambiental. Además, un instrumento de esta índole favorece una buena convivencia entre los distintos grupos sociales que convergen en el sitio, logrando con ello una disminución de conflictos que pudieran generarse.

**Situación deseada:** Se espera que con el cumplimiento de los lineamientos que se presentan a continuación, la playa alcance una calidad que le permita incluso ser considerada para obtener un certificado de sustentabilidad.

OBJETIVO	LINEAMIENTOS	ACTORES
<b>Conservación del ecosistema de playa</b>	Queda prohibido cualquier acto que genere daños, contamine o altere las condiciones de la playa y la zona marina contigua a ésta.	G, L, P, T
	El acceso a la playa será exclusivamente por los caminos ya establecidos o pasarelas; evitando con ello caminar sobre la vegetación de duna.	P, L, T
	Se deberá contar con programas enfocados al control y/o erradicación de especies de flora exóticas o de fauna, las cuales pongan en riesgo a la vegetación nativa.	A, G, P
	Queda prohibida la remoción de cualquier especie de flora o fauna silvestre	G, P, L, T
	No se permite la extracción de sedimentos (gravas, arenas, limos y arcillas).	G, P, L, T

	Se exhorta a los turistas para que utilicen protector solar orgánico para no contaminar el ambiente marino.	T
	La playa deberá contar con contenedores de basura que permitan separar la basura de acuerdo a sus características y a las normas ambientales vigentes.	G, L, T
	Está permitido el acceso con mascotas siempre y cuando sean vigilados en todo momento por sus dueños evitando que causen daño a personas y a la biodiversidad local. Asimismo, deberán recogerse las heces de mascotas, en caso contrario podría aplicarse una multa de acuerdo con la Ley de Cultura Cívica <sup>5</sup>	L, T
<b>Protección y seguridad pública</b>	Llevar a cabo monitoreos mensuales de la calidad del agua marina y de arenas, los cuales deberán contemplar los lineamientos de la NMX-AA-120-SCFI-2016. Y estos deberán ser publicados en sitios donde toda la población pueda acceder a ellos.	G, A, O
	Contar con personal de salvavidas, principalmente en épocas vacacionales.	G
	Señalización de la ubicación de los servicios de emergencia más cercanos.	G
	Se exhorta a la población para que respete y siga las indicaciones de las autoridades locales y señalamientos existentes.	L, T
<b>Control y manejo de la playa</b>	Colocar señalamientos de los accesos a la playa.	G
	La construcción de infraestructura temporal o permanente sobre la playa deberá de contar con todos los permisos correspondientes.	G, P, L
	El uso de vehículos terrestres o acuáticos tendrá que ser autorizado por el gobierno local y se restringirá su uso en zonas vulnerables.	P, L, T

<sup>5</sup> Para más información respecto a las multas por no recoger las heces de animales domésticas véase la nota del periódico local El Diario de Yucatán. Disponible en: <https://www.yucatan.com.mx/imagen/podrian-endurecer-sanciones-a-paseadores-de-perros-que-no-recogen-heces>

	El uso de tiendas para acampar deberá ser previamente consultado con las autoridades locales.	T
	Las actividades de pesca recreativa tendrán que ser previamente consultadas con las autoridades locales.	P, T

## 11. Referencias

- Aldana, P. G., Camperos, A. R., Orta, L. G., León, S. C. & León, A. J. (2009). Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México. *Avances en Recursos Hidráulicos*, (20).
- Alvarez, C. & Herrera, J. A. (2006). Variations of phytoplankton community structure related to water quality trends in a tropical karstic coastal zone. *Marine pollution bulletin*, 52(1), 48-60.
- Ancona, D. (2015). Actitudes de inmigrantes norteamericanos residentes en la costa de Progreso, Yucatán. CINVESTAV. Mérida, Yucatán.
- Appendini, C. M., Salles, P., Mendoza, E. T., López, J. & Torres-Freyermuth, A. (2012). Longshore sediment transport on the northern coast of the Yucatan Peninsula. *Journal of Coastal Research*, 28(6), 1404-1417.
- Azuz, I. y Rivera, E. (2004). Escalas espaciales y temporales del Manejo Costero. *El manejo costero en México. UAC, SEMARNAT, CETYS-Universidad, UQ Roo*, 28-37.
- Bautista, F., Balancán, A. M., Navarro, J. y Bocco, G. (2011). Percepción social de los problemas ambientales en Yucatán, México. Una visión desde la geografía. *Teoría y Praxis*, (9).
- Bernard, H. R. (2017). *Research methods in anthropology: Qualitative and quantitative approaches*. Rowman & Littlefield.
- Bolio, H. J. (2013). La importancia del Ordenamiento Ecológico Costero del Estado de Yucatán. Instituto de Investigaciones Jurídicas. UNAM.
- Brañes, R. (2001). Informe sobre el desarrollo del derecho ambiental latinoamericano. In *Su aplicación después de diez años de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*. México, DF (pp. 2009-2).
- Brunett, E., Baró, J. E. y Esteller, M. V. (2010). Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México. *CIENCIA ergo-sum: revista científica multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 17(3), 286-294.
- Cardona, O. (2002). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo.
- Carranza, A. (2009). Causas y consecuencias de la erosión de playas. *Impactos del cambio climático sobre la zona costera*, 36.
- Carranza, A., Márquez-García, A. Z., Tapia-Gonzalez, C. I., Rosales-Hoz, L., y Alatorre-Mendieta, M. Á. (2015). Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(1), 21-43.
- Castellanos, D. F. (2010). Aplicación de los sistemas de información geográfica en el ordenamiento territorial. Universidad de Manizales.
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (2007). Programa de Ordenamiento Ecológico del

- Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY). CINVESTAV. IPN.
- Chan, V. C., Rico-Gray, V. & Flores, J. S. (2002). *Guía ilustrada de la flora costera representativa de la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Charlier, R. H., Chaineux, M. C. P. & Morcos, S. (2005). Panorama of the history of coastal protection. *Journal of Coastal Research*, 79-111.
- Clayton, K. (1989). Sediment input from the Norfolk Cliffs, eastern England – a century of coast protection and its effect. *Journal of Coastal Research* 5(3), 433-442.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO (2012). Catálogo de Metadatos Geográficos: División Política Estatal. Consultado 12 abril 2018. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/destdv250k\\_2gw.xml?\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/destdv250k_2gw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no)
- Cooper, J. & Mckenna, J. (2008). Social justice in coastal erosion management: The temporal and spatial dimensions. *Geoforum*, 39(1), 294-306.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., ... & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16.
- Costas, S., Ferreira, O. & Martinez, G. (2015). Why do we decide to live with risk at the coast? *Ocean & Coastal Management*, 118, 1-11.
- Crowell, M., Edelman, S., Coulton, K. and McAfee, S. (2007). How many people live in coastal areas? *Journal of Coastal Research*, 23, 5
- Cuevas, A. & Euán, J. R. (2009). Morphodynamics of carbonate beaches in the Yucatán Peninsula. *Ciencias Marinas*, 35(3), 307-320.
- Cuevas, A., Euán Ávila, J. I., Villatoro Lacouture, M. M. & Silva Casarín, R. (2016). Classification of beach erosion vulnerability on the Yucatan coast. *Coastal Management*, 44(4), 333-349.
- Cuevas, E., de los Ángeles Liceaga, M., Rincón, L. A., Mexicano, G., Arellano, L., Euán, J., ... & Mulsow, S. (2013). Morphological and sedimentological assessment of submarine dune fields on the coast of Yucatan, Mexico. *Ciencias Marinas*, 39(1), 83-99.
- Cupul, L. A., Cupul, A. L., Núñez-Cornú, F. J. y Gil, E. (2004). El evento erosivo de la playa de Mismaloya, Jalisco, México. *Ciencias marinas*, 30(3), 417-425.
- De Alba, E. & Reyes, M. E. (1998). Valoración económica de los recursos biológicos del país. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*, 212.
- De Groot, R., Wilson, M. & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41(3), 393-408.
- De la Lanza Espino, G., Ruiz, A., Fuentes, P., Camacho, V., Blanco, M., Zamorano, P., ... y Arroyo, R. (2014). Propuesta metodológica para la valoración económica en sistemas costeros de

México. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 5(1).

- Desde el Balcón, miradas libres (2014). Supervisan las obras de mantenimiento que realizan en la franja costera entre Chuburná y Yucalpetén. Consultado: 14 noviembre 2018. Disponible en: <http://www.desdeelbalcon.com/avanza-proyecto-de-recuperacion-de-playas/#.W-eYCZNKjIU>
- Dietz, T., Stern, P. C. & Guagnano, G. A. (1998). Social structural and social psychological bases of environmental concern. *Environment and behavior*, 30(4), 450-471.
- Doody, P., Ferreira, M., Lombardo, S., Lucius, I., Misdorp, R., Niesing, H., Salma, A., Smallegange, M., Serra, J., Roca, E., Fernández, P. y Pérez, C. (2005). Vivir con la erosión costera en Europa. EUROSION.
- Durán, R., Torres, W. M. y Espejel, I. (2010). Vegetación de dunas costeras. En: Durán, R. y Méndez, M. E. (Eds.) *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY. PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.
- Enriquez, C., Mariño, I. J. & Herrera-Silveira, J. A. (2010). Dispersion in the Yucatan coastal zone: Implications for red tide events. *Continental Shelf Research*, 30(2), 127-137.
- Environment Agency (2016). The Costs and Impacts of the Winter 2013 to 2014 Floods. Environment Agency, London.
- Espejel, I. (1984). La vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán. *Biótica*, 9(2), 183-210.
- Fernández, L. A. y Calderón, G. (2012). Caracterización del perfil turístico en un destino emergente, caso de estudio de ciudad del Carmen, Campeche. México. *Gestión Turística*, (18), 47-70.
- Ferrari, M. P. (2013). Percepción de amenazas en una pequeña comunidad costera de Patagonia Argentina.
- Ferrari, M. P. (2015). Aportes teóricos y metodológicos para el estudio de la percepción social de riesgos. *Párrafos Geográficos*, 14(2), 8-28.
- Ferrari, M. P. y Monti, A. J. (2007). “Vulnerabilidad global y percepción de inundaciones en el valle inferior del río Chubut (Patagonia Argentina)”, en Primeras Jornadas de Investigación en Ciencias Sociales. CD-ROM 20pp. UNPSJB. Comodoro Rivadavia - Chubut.
- Flores, J. y Espejel, I. (1994). *Tipos de vegetación de la Península de Yucatán* (No. Y/581.61 E8/3).
- García, A., Xool, M., Euán, J., Munguía, A. y Cervera, M. (2011). La costa de Yucatán en la perspectiva del desarrollo turístico. SEMARNAT. CONABIO. México, D.F
- García, G. (2012). *Evaluación del potencial turístico en la playa norte de El Mogote, Bahía de la Paz, BCS, México*. [Tesis de maestría]. Recuperada de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13526/garciamo1.pdf>.
- García, I. X. (2019). Percepción y valoración de los servicios ecosistémicos de las dunas costeras en Sisal, Yucatán. (Tesis de Maestría). Instituto de Ecología. UNAM. Ciudad de México.
- García, V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. *Desacatos*, (19), 11-24.

- Gifford, R., & Nilsson, A. (2014). Personal and social factors that influence pro-environmental concern and behaviour: A review. *International Journal of Psychology*, 49(3), 141-157.
- Gómez, J. A. & Antance, I. (2004). *Identificación de objetivos públicos para el apoyo al sector agrario* (No. 1102-2016-90770, p. 49).
- Gracia, C. A., Rangel, N., Oakley, J. A. & Williams, A. (2017). Use of ecosystems in coastal erosion management. *Ocean & Coastal Management*.
- Gracia, D. (2016). Variaciones de la línea de costa debido a la marea y la obtención de modelos digitales de elevación. [Tesis de licenciatura]. UNAM. Yucatán, México.
- Guadarrama, P., Ramos, J. A., Salinas, L., Hernández, L. & Castillo, S. (2012). La vegetación de dunas costeras y su interacción micorrízica en Sisal, Yucatán: una propuesta de restauración. *Recursos acuáticos costeros del sureste: tendencias actuales en investigación y estado del arte*, 2, 131-152.
- Guadarrama, P., Salinas, L., Chiappa, X., y Ramos, J. A. (2018). Florística, composición y estructura de las comunidades vegetales de la porción occidental de la Reserva Estatal Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3).
- Hamilton, J. (2007). Coastal landscape and the hedonic price of accommodation. *Ecological Economics*. 62: 594-602.
- Hubb, J. L., Quesado, J. F. A. y Pereño, R. E. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 10(2), 143-150.
- INEGI (2010). "Censo de Población y Vivienda. Principales resultados por localidad (ITER)" Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jones, A. L. & Phillips, M. R. (Eds.). (2009). *Disappearing destinations: Climate change and future challenges for coastal tourism*. Cabi.
- Kokot, R. R., Codignotto, J. O., & Elissondo, M. (2004). Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59(3), 477-487.
- Landry, C. E. & Whitehead, J. C. (2015). Economic values of coastal erosion management: joint estimation of use and passive use values with recreation and contingent valuation data. In *Selected Paper prepared for presentation for the 2015 Agricultural & Applied Economics Association and Western Agricultural Economics Association Annual Meeting, San Francisco, CA, July* (pp. 26-28).
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Cambridge: Blackwell.
- Ley, C., Gallego, J. B. & Vidal, C. (2007). Manual de restauración de dunas costeras. *Ministerio de medio ambiente*.
- Ley No. 33,507. Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán. Ley de Ingresos del Municipio de Progreso. Domingo 31 de diciembre del 2017.
- Lira, M. A., Torres, A., Appendini, C. M., Fernández, D. C., Salles, P., Mendoza, E. T., ... & Pedrozo, A. (2012). Chronic beach erosion induced by coastal structures in Chelem,

- Yucatán. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(33), 125.
- López, C., Chávez, R., Davydova, V. & Cornejo, J. (2015). Percepción de la población costera de Jalisco, México, sobre el cambio climático. *Memorias*, 13(23), 81-91.
- López, H. (2007). Arrecifes artificiales como obras de reconstrucción y preservación de playas. Asociación Mexicana de Infraestructura Portuaria, Marítima y Costera.
- López, R. J., Munguía, A. y Sarmiento, J. F. (2017). La racionalidad económica en los nuevos criterios de regulación ecológica del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán. *Paradigma económico*, 9(1), 79-102.
- Lorda, M. A. (2013). Configuraciones del riesgo de erosión costera: transformaciones territoriales y percepción social en Playa Unión y Playa Magagna (Chubut, Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 22(1), 177-178.
- Manrique, J. A. (2012). Estudio experimental de alternativas de protección costera, caso Chelem-Chuburná, Yucatán. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- Marín, G., García, A. y Daltabuit, M. (2012). Turismo, globalización y sociedades locales en la península de Yucatán, México. *La Laguna (Tenerife): pasos, RTPC. Colección pasos Edita*, (7).
- Mariño, I. (2014). Erosión costera en la península de Yucatán: las lecciones que no se aprenden. En La Jornada Ecológica. Recuperado de: <http://www.jornada.com.mx/2014/09/29/eco-c.html>
- Martín, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., García del Amo, D., Gómez-Baggethum, E., Oteros-Rozas, E., Palacios-Agundez, I., Willaarts, B., González, J., Santos-Martín, F., Onaindia, M., López-Santiago, C. y Montes, C. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS one*, 7(6), e38970.
- Martinez, G., Frick, F. & Gee, K. (2014). Socioeconomic and cultural issues in the planning, implementation and transfer of adaptation measures to climate change. The example of two communities on the German Baltic Sea Coast. *Martinez, G., P. Fröhle and H.--J. Meier(Eds.). Social Dimension of Climate Change Adaptation in Coastal Regions: Findings from Transdisciplinary Research. oekom publishing, Munich*, 5, 203-219.
- Martínez, M. L., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez, O., Sutton, P. & Landgrave, R. (2007). The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, 63(2-3), 254-272.
- Martínez, M. L., Moreno, P., Espejel, I., Jiménez, O. y Infante, D. (2014). Diagnóstico de las dunas costeras de México. SEMARNAT. CONAFOR. Disponible en: <http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/Dunas/Presentacion.pdf>
- McLaughlin, S., McKenna, J. & Cooper, J. A. G. (2002). Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities. *Journal of Coastal Research*, 36(sp1), 487-497.
- Medellín, G. (2017). Variabilidad espacio-temporal de la morfología de la playa

- en Sisal, Yucatán. En: *Garza-Pérez, J. R. y Ize-Lema, I. A. R. (Eds). Caracterización multidisciplinaria de la zona costera de Sisal, Yucatán.* LANRESC, Yucatán, México.
- Medellín, G., Mariño-Tapia, I. & Euán-Ávila, J. (2014). The influence of a seawall on postnourishment evolution in a sea-breeze-dominated microtidal beach. *Journal of Coastal Research*, 31(6), 1449-1458.
- Mendoza, E. T., Trejo, M. A., Salles, P., Appendini, C. M., Lopez, J. & Torres, A. (2013). Storm characterization and coastal hazards in the Yucatan Peninsula. *Journal of Coastal Research*, 65(sp1), 790-795.
- Mendoza, G., Martínez, M. L., Lithgow, D., Pérez, O. & Simonin, P. (2012). Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecological Economics*, 82, 23-32.
- Meyer, K. J. (1991). Tourism development on the north Yucatan coast: human response to shoreline erosion and hurricanes. *GeoJournal*, 23(4), 327-336.
- Meyer, K. J. (1993). Shoreline changes along the north Yucatan coast. *Coastlines of the Gulf of Mexico*, 103-117.
- Meyer, K. J. (2004). Human alteration of the North Yucatan coast. In: Davis, D.W. and Richardson, M. (eds.), *The Coastal Zone: Papers in Honor of H. Jesse Walker*. Baton Rouge, Louisiana: Department of Geography and Anthropology, Louisiana State University, pp. 65-80.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. MEA. Island Press.
- Moreno, E. I., Torres, A. A. y Castro, P. (2004). Construcción del muelle de Progreso. *Ingeniería*, 8(1).
- Moreno, P., (2006). Playas y dunas. In: Moreno, P., Peresbarbosa, E., Travieso, A. C. (Eds.), *Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal*, Instituto de Ecología A.C.- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT)- Gobierno del Estado de Veracruz, vol. 1, pp. 121-149.
- Moreno, P., Espejel, I., Castillo, S., Castillo, G., Durán, R., Pérez, J. J., ... y Trejo, J. (1998). Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. *La diversidad biológica de Iberoamérica*, 2, 177-258.
- Moreno, P. & Travieso, A. (2006). Playas y dunas. *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*, 205-220
- Newsham, R., Balson, P., Tragheim, D. & Denniss, A. (2002). Determination and prediction of sediment yields from recession of the Holderness Coast, NE England. *Journal of Coastal Conservation* 8, 49-54.
- NOAA (2013). Office of Ocean and Coastal Resource Management. Beach Nourishment: A Guide for Local Government Officials. Disponible en: <https://toolkit.climate.gov/topics/coastal-flood-risk/coastal-erosion>
- Ocaña, F. A., Pinzón, R., Ceballos, D., Pinzón, L. F., Dahmani, A. & Mariño, I. (2018). Beach Stabilization and Dune Restoration in Progreso, Yucatan, Mexico. Disponible en: [https://westernredging.org/phocado\\_wnload/2018\\_Norfolk/Mexico%20Beach\\_stabilization.pdf](https://westernredging.org/phocado_wnload/2018_Norfolk/Mexico%20Beach_stabilization.pdf)
- Ojeda Zújar, J., Álvarez, J. I., Martín, D. y Fraile Jurado, P. (2009). El uso de las

- tecnologías de la información geográfica para el cálculo del índice de vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España). *GeoFocus*, 9, 83-100.
- Parsons, G. R. & Powell, M. (2001). Measuring the cost of beach retreat. *Coastal Management*, 29(2), 91-103.
- Pelegrina, C. (2012). Percepción de los riesgos. En: Aneas de Castro, S. (coordinadora); Cattapan, S.; Pelgrina, C.; Torres, J.E. El hombre frente a los riesgos del ambiente. ISBN 978-950-605-715-2. Editorial Universidad Nacional de San Juan. San Juan Argentina.
- Pérez, C. J. (2003). Pagos por servicios hidrológicos al nivel municipal y su impacto en el desarrollo rural: la experiencia del PASOLAC. *Memorias del Foro Regional sobre Pago de Servicios Ambientales*.
- Pérez, O., Martínez, M. L., Lithgow, D., Mendoza, G., Feagin, R. A. & Gallego, J. B. (2013). The coasts and their costs. In *Restoration of Coastal Dunes* (pp. 289-304). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pidgeon, N. (1998). Risk assessment, risk values and the social science programme: why we do need risk perception research. *Reliability Engineering & System Safety*, 59(1), 5-15.
- Plataforma Nacional de Transparencia (2018). Unidad de Transparencia de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. Folio: No. 00864118.
- Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. *Gestión y ambiente*, 9(2).
- Pritchard, P. (2000). *Environmental Risk Management*. London: Routledge.
- Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (2016). PMDUOET-Municipio de Comonfort. Gobierno de Guanajuato. México.
- Quintanilla, M. (2015). Arrecifes Artificiales – Iesmaritimopesquerolp.org. Revisado el 19 octubre 2018. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/37742075/arrecifes-artificiales-iesmaritimopesquerolporg/9>
- Quintas, C., Brandt, J. S., Running, K., Baxter, C. V., Gibson, D. M., Narducci, J. & Castro, A. J. (2018). Social-ecological systems influence ecosystem service perception: a Programme on Ecosystem Change and Society (PECS) analysis. *Ecology and Society*.
- Rangel, N. & Anfuso, G. (2015). *Risk assessment of storms in coastal zones: case studies from Cartagena (Colombia) and Cadiz (Spain)*. Springer.
- Rangel, N., de Jonge, V. N. & Neal, W. (2018a). How to make Integrated Coastal Erosion Management a reality. *Ocean & Coastal Management*, 156, 290-299.
- Rangel, N., Williams, A. T. & Anfuso, G. (2018b). Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls. *Ocean & Coastal Management*, 156, 58-75.

- Rankin, K. L., Bruno, M. S. & Herrington, T. O. (2004). Nearshore currents and sediment transport measured at notched groins. *Journal of Coastal Research*, 237-254.
- Ranson, M. (2012). What Are the Welfare Costs of Shoreline Loss? Housing Market Evidence from a Discontinuity Matching Design.
- Reuters (2018). Erosión en playas del mundo es una amenaza: estudio. *La Jornada*. Consultado el 15 octubre 2018. Disponible en: <http://www.jornada.com.mx/ultimas/2018/05/02/erosion-en-playas-del-mundo-es-una-amenaza-estudio-7575.html>
- Reyes, P. E. (2015). Dimensionamiento de un sistema de Bypass de arena en el puerto de Sisal, Yucatán. (Tesis de Maestría). Instituto de Ingeniería, UNAM. México, D.F.
- Rico, A. M., Hernández, M., Olcina, J. & Martínez, E. (2010). Percepción del riesgo de inundaciones en municipios litorales alicantinos: ¿aumento de la vulnerabilidad?. *Papeles de geografía*, (51-52).
- Riera, P. (1994). *Manual de valoración contingente*. Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales. Madrid, España.
- Roca, E., Villares Junyent, M., Oroval Junyent, L. y Ortega Redondo, J. A. (2014). Conocer la percepción del riesgo costero para adaptarse al cambio climático. In *CONAMA 2014*(pp. 1-10).
- Rojas, G. A. & Iza, A. O. (2009). *Derecho ambiental en Centroamérica* (Vol. 1). IUCN.
- Rojas-Soriano, R. (1991). *Guía para realizar investigaciones sociales*. Plaza y Valdés.
- Ruiz, G., Mariño, I., Mendoza, E. G., Silva, R. & Enriquez, C. E. (2015). Identifying coastal defense schemes through morphodynamic numerical simulations along the northern coast of Yucatan, Mexico. *Journal of Coastal Research* (In press). doi:10.2112/JCOASTRES-D-15-00009.1
- Rumson, A. G., Hallett, S. H., & Brewer, T. R. (2017). Coastal risk adaptation: the potential role of accessible geospatial Big Data. *Marine Policy*, 83, 100-110.
- Salles, P. & Silva, R. (2004). Infraestructura de protección costera. *El manejo costero en México*, 179-190.
- Santoyo, A. B. (2017). Esbozo monográfico de Sisal, Yucatán. Reporte Técnico. LANRESC, México.
- Satterfield, T. A., Mertz, C. K. & Slovic, P. (2004). Discrimination, vulnerability, and justice in the face of risk. *Risk analysis: An international journal*, 24(1), 115-129.
- Schlacher, T. A., Schoeman, D. S., Dugan, J., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., & McLachlan, A. (2008). Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Marine ecology*, 29, 70-90.
- Secretaría de Desarrollo Social (2010). Catálogo de localidades. Hunucmá, Sisal. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=31038004>
- Servicio Geológico Mexicano (2013). Atlas de peligros por fenómenos naturales del estado de Yucatán. *Gobierno del*

- Estado de Yucatán, Secretaría de Economía*. México.
- Shabica, C., Meshberg, J., Keefe, R. & Georges, R. (2004). Evolution and performance of groins on a sediment starved coast: The Illinois shore of Lake Michigan North of Chicago, 1880-2000. *Journal of Coastal Research*, 39-56.
- Shen, J. & Saijo, T. (2008). Reexamining the relations between socio-demographic characteristics and individual environmental concern: Evidence from Shanghai data. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 42-50.
- Shi, P. & Kasperson, R., (2015). World Atlas of Natural Disaster Risk. Springer-Verlag, Berlin.
- Silva, R., Moreno, P., Martínez, M. L., Mendoza, E., López, J., Lithgow, D., Vázquez, G., Martínez, R. E., Monroy, R., Cáceres, J. I., Ramírez, A. y Boy, M. (2018). Recomendaciones generales para el manejo de la zona costera. INECOL-IINGEN.
- Silva, R., Pérez, G. y Návar, J. D. J. (2010). Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y bosques*, 16(1), 31-49.
- Silva, R., Villatoro Lacouture, M. M., Ramos Durón, F. J., Pedroza Paez, D., Ortiz Perez, M. A., Mendoza Baldwin, E. G., ... y Cid Salinas, A. (2014). Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable. *Universidad Nacional Autónoma de México—Instituto de Ingeniería, México*.
- Slovic, P. (1991). "Perception risk from radiation". En: Elsevier Science Publishing (1991). The medical basis for radiation accident preparedness III. The psychological perspective. Ricks, Berger y O'Hara Editors, United States.
- Smith, C. S., Gittman, R. K., Neylan, I. P., Scyphers, S. B., Morton, J. P., Fodrie, F. J., ... & Peterson, C. H. (2017). Hurricane damage along natural and hardened estuarine shorelines: Using homeowner experiences to promote nature-based coastal protection. *Marine Policy*, 81, 350-358.
- Soares, D. & Gutiérrez, I. (2012). Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucatán. *CIENCIA ergo-sum: revista científica multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 18(3), 249-263.
- Stothart, D. (2012). Análisis de amenazas, vulnerabilidades y capacidades (AVC). República Dominicana.
- Tereszkiewicz, P., McKinney, N., & Meyer-Arendt, K. J. (2017). Groins along the Northern Yucatán Coast. *Journal of Coastal Research*.
- Torres-Freyermuth, A., Medellín, G., Mendoza, E. T., Ojeda, E., & Salles, P. (2019). Morphodynamic Response to Low-Crested Detached Breakwaters on a Sea Breeze-Dominated Coast. *Water*, 11(4), 635.
- Trejo, M. (2012). Impacto de tormentas en la zona costera del estado de Yucatán. [Tesis de licenciatura]. UNAM. Yucatán, México.
- Urrea, U. (2012). Análisis de las prácticas de vida asociadas a la basura, los residuos

- y los desechos en la población costera de Sisal, Yucatán: Propuesta de modelo de manejo. [Tesis de licenciatura]. UNAM. Yucatán, México.
- Urrea, U. (2016). Sisal, caso paradigmático de estudio: Prácticas de vida y “basura”. *Antropologías del Sur*, 3(5).
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 2002. Coastal Engineering Manual. Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (en 6 volumes).
- Van de Graaff, J. (2013). Sand by-pass systems. Recuperado de: [http://www.marbef.org/wiki/Sand\\_by-pass\\_systems](http://www.marbef.org/wiki/Sand_by-pass_systems)
- Van Rijn, L. C. (2011). Coastal erosion and control. *Ocean & Coastal Management*, 54(12), 867-887.
- Viñuela, J. (2013). Estudio mediante GIS de la urbanizabilidad en el concejo de Navia. [Tesis de Maestría]. Universidad de Oviedo. España.
- Weber, E. U. (2006). Experience-based and description-based perceptions of long-term risk: Why global warming does not scare us (yet). *Climatic change*, 77(1-2), 103-120.
- Williams, A., Rangel, N. G., Pranzini, E., & Anfuso, G. (2017). The management of coastal erosion. *Ocean & Coastal Management*.
- Woodroffe, C.D. (2002). Coasts. Cambridge University Press, Cambridge.
- Woolfe, M. (2017). Coastal Erosion Hazard and Risk Assessment. UNISDR-ONU.
- World Resources Institute (2010). Decision making in a changing climate. United Nations Development Programme
- World Bank and World Resources Institute, Washington.

## Anexos

---

### Anexo A. Encuesta para la población de Sisal

---

#### Encuesta de vulnerabilidad social y económica a pobladores y usuarios de la costa sobre el deterioro de la playa

Estimado (a) encuestado, la presente encuesta tiene como objetivo recabar información sobre la percepción local del deterioro de la playa y la condición de vulnerabilidad social y económica de los usuarios y pobladores de la costa. Este proyecto es financiado y respaldado por la UNAM. Todas sus respuestas serán manejadas de manera estricta y confidencial.

#### Datos generales

Nombre del encuestador: _____ Nombre del encuestado: _____ Localidad: _____ Ubicación de su vivienda en la localidad: _____		Folio: _____ Fecha: _____							
Género (Marque con X) <table border="1"><tr><td>Masculino</td><td>Femenino</td></tr></table>		Masculino	Femenino	Último grado de estudios: <table border="1"><tr><td>Primaria</td><td>Secundaria</td><td>Preparatoria</td><td>Licenciatura</td><td>Posgrado</td></tr></table>	Primaria	Secundaria	Preparatoria	Licenciatura	Posgrado
Masculino	Femenino								
Primaria	Secundaria	Preparatoria	Licenciatura	Posgrado					
Edad: _____	Ocupación principal (70% de su ingreso): _____ Ocupación secundaria: _____ ¿Practica o pertenece a alguna religión? _____ ¿Cuánto tiempo lleva viviendo aquí? _____								
Lugar de procedencia: _____	Coordenadas geográficas (UTM o Grados): _____ _____								

**1.- Percepción local (marque con X la respuesta)**

1.- ¿Sabe usted qué es erosión costera?

En caso de que la respuesta sea SI, especificar

Si ( ) \_\_\_\_\_

No sabe ( ) \_\_\_\_\_

2.- Según su conocimiento ¿qué cree que ha causado el problema de erosión en las costas yucatecas?

3.- Con base en su conocimiento ¿hasta dónde definiría los límites de la playa (desde el mar, zona sumergida o hasta la tierra)? *(La respuesta debe ser de acuerdo al límite que percibe o establece el entrevistado pero pueden darse algunos tips)*

4.- ¿Qué parte esa zona de playa que usted definió, considera importante para su vida cotidiana (vivienda, trabajo o fuente de ingreso, calidad de vida o recreación, propiedades inmuebles, u otros?)

Todo ( ) \_\_\_\_\_

En caso de que la respuesta sea parcial, indicar ¿qué zona de playa es más importante y por qué?

Parcialmente ( ) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.- ¿Ha notado algún cambio en la playa en los últimos 10 años?

Si ( ) \_\_\_\_\_

En caso de que la respuesta sea SI, indicar los cambios: \_\_\_\_\_

No ( ) \_\_\_\_\_

No sabe ( ) \_\_\_\_\_

6.- ¿Cuál considera que es el grado de daño o erosión costera de la playa de su comunidad?

Bajo ( ) \_\_\_\_\_

Medio ( ) \_\_\_\_\_

Alto ( ) \_\_\_\_\_

Muy alto ( ) \_\_\_\_\_

No conoce ( ) \_\_\_\_\_

7.- ¿De acuerdo a su conocimiento ha habido estrategias o mecanismos gubernamentales o privados para detener la erosión costera en la costa yucateca? *Se pueden dar ejemplos de Progreso, Chuburna o Chelem.*

En caso de que la respuesta sea SI, indicar ¿cuál y dónde?:

1. Rellenos de playas ( ) \_\_\_\_\_

2. Rompeolas sumergidos ( ) \_\_\_\_\_

3. Diques ( ) \_\_\_\_\_

4. Espigones ( ) \_\_\_\_\_

5. Alimentación artificial ( ) \_\_\_\_\_

6. Restaurar la vegetación ( ) \_\_\_\_\_

7. Remoción de estructuras ( ) \_\_\_\_\_

8. otros \_\_\_\_\_

Si ( ) \_\_\_\_\_

No ( ) \_\_\_\_\_

No sabe ( ) \_\_\_\_\_

8.- ¿Considera que las estrategias o mecanismos que se han utilizado para detener la erosión costera han sido exitosos?



Actividad productiva	Ingreso
Ocupación principal	
Ocupación secundaria	

18.- En la siguiente tabla, califique cuál ha sido el impacto de la erosión costera en su:

Afectación	Ninguna afectación	Muy leve	Moderado	Importante	Severo	Muy Severo
Vivienda						
Infraestructura de servicios						
Trabajo o fuente de ingresos						
Calidad de vida y recreación						
Otro						

19.- ¿Qué porcentaje de sus ingresos anuales ha invertido para arreglar su vivienda como consecuencia de la erosión costera?

Mínimo (%): \_\_\_\_\_ Máximo (%): \_\_\_\_\_ Promedio anual (%): \_\_\_\_\_

20.- ¿Ha solicitado algún crédito bancario para arreglar su vivienda a consecuencia de los daños provocados por la erosión costera? **En caso de que la respuesta sea NO, pasar a la pregunta 24.**

Si ( )  
No ( )

En caso de que la respuesta sea SI, indicar cuáles:  
Nombre del banco: \_\_\_\_\_  
Tasa de interés: \_\_\_\_\_

21.- ¿Ya terminó de pagar su crédito bancario para arreglar su vivienda?

Si ( )  
No ( )

22.- ¿Cuántas veces ha tenido que pedir crédito bancario? \_\_\_\_\_

23.- ¿Ha solicitado algún apoyo monetario a alguna instancia de gobierno para arreglar su vivienda a consecuencia de los daños provocados por la erosión costera?

Si ( )  
No ( )

En caso de que la respuesta sea SI, indicar la instancia de gobierno:  
Nombre de la instancia: \_\_\_\_\_  
¿Cuánto solicitó?: \_\_\_\_\_  
¿Cuántas veces ha solicitado el apoyo? \_\_\_\_\_

**Sección C: Valoración económica de los servicios ambientales de la playa**

24.- ¿Ha escuchado hablar de los servicios ambientales que brinda la playa? *Proporcionar algunos ejemplos para guiar al encuestado.*

Sí ( )                    ¿Cuáles? \_\_\_\_\_  
 No ( )

25.- ¿Considera que los servicios ambientales de la playa son importantes para su hogar?

Sí ( )  
 No ( )

26.- De los siguientes beneficios, califique del 1 al 5 por orden de importancia aquellos que ofrece la playa y las dunas (1 es poco relevante, 5 muy relevante)

Servicios Ambientales	Número 1-5
Acumulación de arena	
Lugar de crianza y refugio de la fauna silvestre	
Retención de contaminantes en el suelo	
Sirven como barrera de protección contra vientos y mareas	
Fuente de alimento	
Evitan la erosión costera	
Actúan como área de filtración del agua de lluvia	
Proveen espacios de recreación	

27.- De los siguientes problemas que afectan la playa de esta comunidad enumere del 1 al 10 el que considere más importante, asigne 10 al de mayor importancia y 1 al de menor importancia

1. Pérdida de ancho de playa ( )
2. Pérdida de la vegetación costera ( )
3. Pérdida de la fauna costera ( )
4. Pérdida de viviendas, espacios de recreación ( )
5. Pérdida de empleos o costos de reparación de bienes ( )
6. Playas sucias, inseguras o con visitantes aglomerados ( )
7. Pérdida de servicios de protección contra huracanes o tormentas ( )
8. Crecimiento urbano y uso del suelo ( )
9. Poca aplicación de reglas ambientales que las protejan ( )
10. Otros ( )

28.- ¿Qué porcentaje de sus ingresos estaría dispuesto a pagar al año por la conservación de las playas en Yucatán? *Tratar de anotar el dato real.*

Porcentaje	Marcar con (X)
1 – 15%	
16 – 40%	
41 – 70%	
71- 100%	

29.- ¿Estaría dispuesto a realizar una donación anual tomando en cuenta que los recursos fueran destinados a la conservación y protección de la playa? **En caso de que la respuesta sea NO, pasar a la pregunta 31.**

Sí ( )  
No ( )

30.- ¿Cuánto estaría dispuesto a donar al año?

Nada ( ) 100-250 pesos ( ) 251-500 pesos ( ) 501-750 pesos ( ) más de 751 pesos ( )

**Sección D: Construcción de la red de actores para la protección civil**

31.- ¿Ha participado en algún programa para combatir la erosión costera?

Sí ( ) En caso de ser SI, ¿Cuáles? \_\_\_\_\_  
No ( )

32.- ¿Está usted asociado con algún grupo para la atención del problema de erosión de playas?

Sí ( ) En caso de ser SI, ¿cuál? \_\_\_\_\_  
No ( )

33.- ¿Conoce algún programa de protección civil que se implemente ante alguna contingencia derivada de la erosión costera?

En caso de que la respuesta sea SI, indicar cuál y de dónde:

Sí ( ) \_\_\_\_\_  
No ( ) \_\_\_\_\_

34.- ¿Conoce los objetivos y funciones de ese programa de protección civil?

Sí ( ) No ( )

35.- ¿A qué autoridad usted acudiría usted para solucionar el problema de la erosión costera u otra contingencia en la playa (presencia anormal de algas, presencia de animales tóxicos)?

Definición de columnas

1. Para dar albergue
2. Para dar información
3. Atender denuncias
4. Para pedir dinero prestado
5. Colaborar en acciones de limpieza
6. Para participar en acciones de protección

Autoridad o Institución	1	2	3	4	5	6
Comisario ejidal						
Presidente Municipal						
Academia (UNAM, UADY, CINVESTAV, CICY)						
Comité de protección civil						
SEMARNAT						
SEDUMA						

Secretaria de Marina						
ONG's						
Servicio Geológico Mexicano						
CENAPRED						
INEGI						
SEDESOL						
DINAPRE						
Otro						

En caso de indicar ONG's preguntar ¿Cuál? \_\_\_\_\_

36.- En caso de una contingencia asociada a la degradación de playa, ¿qué tipo de apoyo usted solicita o solicitará (dinero, albergue, empleo, otros)?

Tipo de apoyo	Marcar con (X)
Dinero	
Albergue	
Empleo	
Otro	

37.- ¿A quién acudiría en la comunidad (especifique) para pedir dinero prestado?

Sacerdote o líder espiritual ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Familiar ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Maestro de escuela ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Amigos ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Otro ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

38.- ¿A quién acudiría en la comunidad (especifique) para pedir albergue?

Sacerdote o líder espiritual ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Familiar ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Maestro de escuela ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Amigos ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

Otro ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

39.- ¿A quién acudiría en la comunidad (especifique) para solicitar empleo?

Sacerdote o líder espiritual ( )      Especifique: \_\_\_\_\_

Familiar ( )      Especifique: \_\_\_\_\_

Maestro de escuela ( )      Especifique: \_\_\_\_\_

Amigos ( )      Especifique: \_\_\_\_\_

Otro ( )      Especifique: \_\_\_\_\_

40.- ¿Estaría usted dispuesto a ayudar a un amigo, vecino o familiar ante un daño causado por la erosión costera?

Sí ( )

No ( )

En caso de que la respuesta sea SI, indicar ¿cómo lo ayudaría?

---

---

**Encuesta de vulnerabilidad social y económica a pobladores y usuarios de la costa sobre el deterioro de la playa**

Estimado (a) encuestado, la presente encuesta tiene como objetivo recabar información sobre la percepción local del deterioro de la playa y la condición de vulnerabilidad social y económica de los usuarios y pobladores de la costa. Este proyecto respaldado por la UNAM. Todas sus respuestas serán manejadas de manera estricta y confidencial.

**Datos generales**

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_  
Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_  
Localidad: \_\_\_\_\_  
Ubicación de su vivienda en la playa de Uaymitun-Telchac\*: \_\_\_\_\_  
Frente de playa      1ª Cuadra      2ª Cuadra      Km \_\_\_\_\_  
\*Si cuenta con más de una vivienda indique su ubicación:  
\_\_\_\_\_  
¿Cuántos años lleva con esa propiedad? \_\_\_\_\_  
Coordenadas geográficas (UTM o Grados):  
\_\_\_\_\_

Folio:  
Fecha:

Género (Marque con X)	Último grado de estudios:				
	Primaria	Secundaria	Preparatoria	Licenciatura	Posgrado
<input type="checkbox"/> Masculino	Ocupación principal (70% de su ingreso): _____				
<input type="checkbox"/> Femenino	Ocupación secundaria: _____				
Edad: _____					
Lugar de procedencia: _____					

1.- Información de la sociedad sobre la importancia de las playas y del problema de erosión costera.

1.- ¿Qué características tiene una playa sana?

---

---

2.- ¿Qué características tiene una playa bonita?

---

---

4.- De los siguientes beneficios, califique del 1 al 5 por orden de importancia aquellos que ofrece la playa y las dunas (1 es poco relevante, 5 muy relevante)

Servicios Ambientales	Número 1-5
Lugar de crianza y refugio de la fauna silvestre	
Plantas medicinales o frutos	
Sirven como barrera de protección contra vientos y mareas	
Evitan la erosión costera	
Actúan como área de filtración del agua de lluvia	
Proveen espacios de recreación	

5.- Según su conocimiento ¿qué es erosión costera?

---

---

6.- Según su conocimiento ¿qué cree que ha causado la erosión en la playa en del tramo Uaymitun-Telchac?

---

---

7.- ¿Cuál considera que es el grado de daño o erosión costera en esa playa?

- Bajo ( )
- Medio ( )
- Alto ( )
- Muy alto ( )
- No conoce ( )

8.- Considera que su propiedad del tramo Uaymitún-Telchac se encuentra expuesta o susceptible a ser dañada por la erosión costera?

- Muy expuesta ( )
- Medianamente expuesta ( )
- Poco expuesta ( )
- No se encuentra expuesta ( )

¿Por qué?

---

---

## 2.- Experiencia en eventos hidrometeorológicos asociados a la erosión costera

10.- ¿Cuántos eventos de huracanes, tormentas tropicales o mega lunas han causado daños por erosión en su propiedad en la playa del tramo Uaymitún-Telchac en los últimos 15 años?

Huracanes\_\_\_\_\_ Tormentas tropicales\_\_\_\_\_ Súper lunas\_\_\_\_\_ Otro evento\_\_\_\_\_

Marejadas\_\_\_\_\_

11.- ¿Qué tipo de acciones humanas o de obra civil han causado daños en su propiedad del tramo Uaymitún-Telchac en la playa en los últimos 15 años?

Tipo de acciones	Modificación o alteración que ocasionó la erosión costera

12.- En la siguiente tabla, califique con una tache ¿cuál ha sido el impacto de la erosión costera del tramo Uaymitún-Telchac en su:

Afectación	Ninguna afectación	Muy leve	Moderado	Importante	Severo	Muy Severo
Vivienda						
Infraestructura de servicios						
Trabajo o fuente de ingresos						
Calidad de vida y recreación						
Otro						

13.- ¿Qué acciones ha realizado para prever, responder o solventar daños de erosión costera del tramo Uaymitún-Telchac causados por eventos hidrometeorológicos?

Compra de materiales de prevención para la propiedad ( )

Mudanza ( )

Compras preventivas personales (alimentos) ( )

Compra de seguro ( )

Pagos de restauración de bienes ( )

Otro\_\_\_\_\_

14.- ¿Qué acciones ha realizado para prever, responder o solventar daños de erosión costera del tramo Uaymitún-Telchac causados por acciones humanas?

Compra de materiales de prevención para la propiedad ( )

Compra de seguro ( )

Pagos de restauración de bienes ( )

Otro \_\_\_\_\_

### 3.- Identificación de los agentes de protección civil

15.- ¿A qué autoridad usted acudiría para solucionar el problema de la erosión costera u otra contingencia en la playa (presencia anormal de algas, presencia de animales tóxicos, construcciones ilegales)?

<b>Autoridad o Institución</b>	<b>Para dar albergue</b>	<b>Para dar información</b>	<b>Atender denuncias</b>	<b>Para pedir dinero prestado</b>	<b>Colaborar en acciones de limpieza</b>	<b>Para participar</b>
Comisario ejidal						
Presidente Municipal						
Academia (UNAM, UADY, CINVESTAV, CICY)						
Comité de protección civil						
SEMARNAT						
SEDUMA						
<b>Autoridad o Institución</b>	<b>Para dar albergue</b>	<b>Para dar información</b>	<b>Atender denuncias</b>	<b>Para pedir dinero prestado</b>	<b>Colaborar en acciones de limpieza</b>	<b>Para participar</b>
Secretaria de Marina						
ONG´s						
Servicio Geológico Mexicano						
CENAPRED						
INEGI						
SEDESOL						
DINAPRE						
Otro						

En caso de indicar ONG´s ¿Cuál? \_\_\_\_\_

16.- ¿Qué tipo de entrenamiento debería de tener un agente que es responsable de protección civil en caso de contingencias en las playas?

\_\_\_\_\_

17.- ¿A través de qué medios de comunicación usted identifica a estos agentes de protección civil?

Televisión ( )

Periódicos ( )

Radio ( )

Internet ( )

Redes sociales ( )

Otro \_\_\_\_\_

#### 4.- Vulnerabilidad

18.- Su propiedad con frente de playa en el tramo Uaymitún -Telchac es:

Habitacional propia ( ) Habitacional rentada o prestada ( )

19.- ¿Hace cuántos años se construyeron los cimientos de su propiedad en la playa? \_\_\_\_\_. Si ha tenido que reforzarlos o darles mantenimiento por favor indique hace cuántos años? \_\_\_\_\_

20.- ¿De qué material es el 80% de sus techos, pisos y muros en su propiedad de la playa?

Techos: \_\_\_\_\_ Pisos: \_\_\_\_\_ Muros: \_\_\_\_\_

(el resto de los materiales ¿de qué son?) \_\_\_\_\_

21.- ¿Qué daños ha tenido su propiedad del tramo Uaymitun-Telchac por causa de la erosión costera?

Daño de la barda limítrofe ( )

Daño a la propiedad construida ( )

Pérdida de la extensión de la propiedad ( )

Indicar (%): \_\_\_\_\_

Otro ( )

22.- ¿Ha solicitado algún crédito bancario o préstamo para arreglar su vivienda en el tramo Uaymitún-Telchac a consecuencia de los daños provocados por la erosión costera? Si ( )

No ( )

**En caso de que la respuesta sea NO, pasar a la pregunta 25**

En caso de que la respuesta sea SI, indique por favor :

Nombre del banco o fuente: \_\_\_\_\_

Tasa de interés o préstamo: \_\_\_\_\_

Años o meses de deuda: \_\_\_\_\_

23.- ¿Ya terminó de pagar su crédito bancario para arreglar su vivienda en Uaymitún-Telchac?

Si ( )

No ( )

24.- ¿Cuántas veces ha tenido que pedir crédito bancario para este fin? \_\_\_\_\_

25.- ¿Qué tipo de los siguientes usos le da a su propiedad en la playa Uaymitún-Telchac?

Uso	Permanente	Temporal
Vivienda		
Negocios		
Espacios de recreación		
Otro		

26.- ¿Cuántas personas utilizan su propiedad en la playa al año?

Actor	# de personas
Familiares	
Amigos	
Arrendados	

27.- ¿Cuántos fines de semana al año utilizan su propiedad en la playa?

Actor	# de fines de semana
Familiares	
Amigos	
Arrendados	

28.- Si renta usted su vivienda en la costa ¿cuál es el precio de renta mensual (pesos o dólares)?

Temporada	Costo
Semana Santa	
Verano	
Invierno	

### 5.- Mecanismos económicos

29.¿Cuál es el ingreso **anual** aproximado de su hogar (MXN pesos mexicanos)?

Mensual	Anual
\$7,000 pesos o menos	\$84,000
\$8,000 a 15,000	\$96,000 a 180,000
\$16,000 a 35,000	\$192,000 a 420,000
\$36,000 a 55,000	\$432,000 a 660,000
\$56,000 a 75,000	\$672,000 a 900,000
\$95,000 o más	\$1,140,000

30.- ¿Qué porcentaje de su ingreso mensual gasta en su familia?

\_\_\_\_\_

Con base en su gasto promedio mensual. ¿Cuenta con capacidad de ahorro?

Si ( ) No ( )

En caso de indicar, Si mencionar el porcentaje (%) aproximado: \_\_\_\_\_

31.- ¿Qué proporción de su ingreso **anual** destina al mantenimiento de su propiedad en la playa Uaymitún-Telchac? Y si es posible, indique el tipo de mantenimiento\*

Mínimo (%): \_\_\_\_\_ Máximo (%): \_\_\_\_\_ Promedio anual (%): \_\_\_\_\_

\*Mantenimiento: \_\_\_\_\_

32.- ¿Qué ha implementado para proteger su propiedad en la playa Uaymitún-Telchac de los daños que se generan a partir de la erosión costera?

Protección natural (duna costera) ( )

Material (barda) ( )

Espigones ( )

Otro \_\_\_\_\_

En caso de que cuenta con alguna estructura y/o material, señale el tiempo que lleva la estructura de protección en la playa: \_\_\_\_\_

# de veces que ha implementado estructuras de protección en la playa: \_\_\_\_\_

33.- ¿Cuál es el valor catastral aproximado de su vivienda en el tramo Uaymitún-Telchac?

\_\_\_\_\_

34.- Aproximadamente ¿cuál es la superficie construida en su propiedad del tramo Uaymitún-Telchac?

\_\_\_\_\_

35.- ¿Cuál es el valor aproximado de su propiedad del tramo Uaymitún-Telchac? \_\_\_\_\_

36.- ¿Cuenta con seguro para su propiedad en la playa ubicada en el tramo Chixchulub –Telchac? Sí ( )

No ( )

37.- ¿Con qué compañía de seguros? \_\_\_\_\_

38.- ¿Su seguro le permitiría cubrir los daños en su propiedad causados por la erosión costera?

Sí ( ) No ( ) Porcentaje que cubre el seguro contra daños: \_\_\_\_\_

39.- ¿Posee usted un fondo de emergencias familiar para proteger su propiedad en la playa?

Sí ( ) No ( )

40.- ¿A cuánto asciende su fondo familiar en relación a su ingreso anual?

\_\_\_\_\_

## 6.- Valoración

¿Ha escuchado hablar de los servicios ambientales?

Sí ( ) No ( ) ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

41.- ¿Considera que los servicios ambientales de la playa son importantes para su hogar?

Sí ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
No ( )

42.- De los siguientes problemas que afectan la playa del tramo Uaymitún-Telchac enumere del 1 al 5 el que considere más importante, asigne 5 al de mayor importancia y 1 al de menor importancia

Servicios Ambientales	Número 1-5
Pérdida de ancho de playa	
Pérdida de la vegetación costera	
Pérdida de la fauna costera	
Pérdida de viviendas y espacios de recreación	
Pérdida de empleos o costos de reparación de bienes	
Playas sucias, inseguras o con visitantes aglomerados	
Pérdida de servicios de protección contra huracanes o tormentas	
Crecimiento urbano y uso de suelo	
Poca aplicación de reglas ambientales que las protejan	
Otros	

43.- ¿Qué porcentaje de sus ingresos estaría dispuesto a **pagar** al año por la conservación de las playas del tramo Uaymitún-Telchac? *Tratar de anotar el dato real.*

Porcentaje	Marcar con (X)
1 – 15%	
16 – 40%	
41 – 70%	
71- 100%	

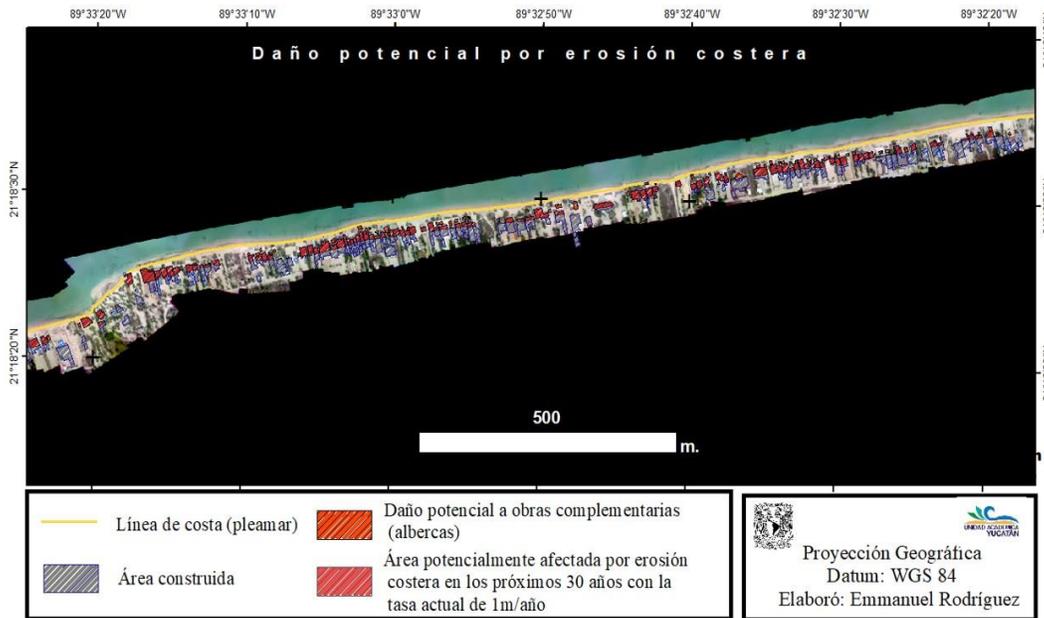
44.- ¿Estaría dispuesto a realizar una **donación** anual tomando en cuenta que los recursos fueran destinados a la conservación y protección de la playa del tramo Uaymitún-Telchac?

Sí ( ) No ( )

45.- ¿Cuánto estaría dispuesto a donar al año para la conservación y protección de la playa del tramo Uaymitún-Telchac?

Nada ( ) 100-250 pesos ( ) 251-500 pesos ( ) 501-750 pesos ( ) más de 751 pesos ( )

### Anexo C. Evaluación de daño potencial por erosión costera en Chicxulub



### Anexo D. Variables utilizadas en el análisis de conglomerados

Código de las variables utilizadas en el Análisis de Conglomerados			
Sexo	Valor	Reconoce SE	Valor
Femenino	1	No	1
Masculino	2	Sí	2
Edad	Valor	Localidad	Valor
20-40	1	Sisal	1
41-60	2	Chicxulub	2
>60	3		
Ocupación	Valor	Escolaridad	Valor
Sector primario (pescador, ama de casa)	1	Sin estudios	1
Sector secundario (industria de construcción)	2	Primaria	2
Sector terciario (comerciante, restaurantero, médico, empresario, bienes raíces, cocinera, ingeniero, etc.)	3	Secundaria	3
		Preparatoria	4
		Licenciatura	5
		Posgrado	6