



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
RESTAURACIÓN AMBIENTAL

PERCEPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS
DUNAS COSTERAS EN SISAL, YUCATÁN

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
ISABEL XARHINI GARCÍA CEPEDA

TUTOR PRINCIPAL
DRA. MARÍA PATRICIA GUADARRAMA CHÁVEZ
UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN, SISAL
FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
DRA. MARÍA ELENA MÉNDEZ LÓPEZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
DR. DANIEL ALFREDO REVOLLO FERNÁNDEZ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2018



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.

Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CEP/PCS/665/18
Asunto: Asignación de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su séptima sesión extraordinaria del 19 de octubre del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **GARCÍA CEPEDA ISABEL XARHINI** con número de cuenta **305075842** con la tesis titulada "Percepción y valoración de los servicios ecosistémicos de las dunas costeras en Sisal, Yucatán", bajo la dirección de la Dra. María Patricia Guadarrama Chávez.

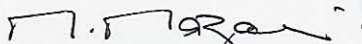
PRESIDENTE:	MTRA. KARINA CABALLERO GÜENDULAIN
VOCAL:	DRA. LAURA ELENA VIDAL HERNÁNDEZ
SECRETARIO:	DR. DANIEL ALFREDO REVOLLO FERNÁNDEZ
SUPLENTE 1:	DRA. MARÍA ELENA MÉNDEZ LÓPEZ
SUPLENTE 2:	DRA. MARÍA PATRICIA GUADARRAMA CHÁVEZ

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, Cd. Mx., 6 de diciembre de 2018.



Dra. Marisa Mazari Hiriart
Coordinadora
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haber enriquecido mi conocimiento científico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la asignación de la beca del Programa Nacional de Posgrados de Calidad para poder concretar mis estudios de maestría, así como de la Beca Mixta para mi manutención durante mi estancia de investigación en Sevilla, España.

A la coordinación y profesores del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad por su apoyo y enseñanzas. Así como el haberme otorgado el “Programa de Apoyo a los Estudiantes de Posgrado” con el cual logré realizar una estancia de investigación en la Universidad de Sevilla, España, así como para las prácticas de campo.

Al Proyecto Bases metodológicas para la restauración ecológica de ecosistemas costeros: de las dunas a los humedales PAPIME (Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la enseñanza) PE207216.

Al subproyecto LANRESC –CONACYT “Vulnerabilidad y resiliencia socioeconómica y física de las comunidades costeras de Yucatán ante eventos hidrometeorológicos”, adscrito al proyecto #293354, denominado “Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera”. LANRESC-CONACYT

A mi tutora, Dra. Patricia Guadarrama por su apoyo incondicional desde el comienzo de mis estudios de maestría y sus conocimientos compartidos.

A mi comité tutor, Dra. Elena Méndez y Dr. Daniel Revollo, por su acompañamiento durante la elaboración de la presente tesis, sus observaciones y sugerencias.

A los miembros del jurado por sus consejos y aportaciones con los cuales se enriqueció este trabajo.

Al Dr. Juan Bautista Gallego Fernández por aceptar que realizara mi estancia de investigación en la Universidad de Sevilla, por su apoyo durante y después de ésta, así como las recomendaciones brindadas para la elaboración del presente trabajo.

A todas las personas en Sisal que dedicaron su tiempo para revisar la presente tesis y ayudarme a resolver dudas, en particular al M. en MZC-M Armando Carmona Escalante. Así como a quienes me apoyaron durante la realización de las encuestas y a pasar un buen rato durante mi estancia en Sisal, especialmente a Diego Salvador Méndez Gómez, Eleazar Moreno García, Esperanza Hernández Márquez y Mercedes Guadalupe Canul Choc.

A los habitantes de Sisal y a las autoridades entrevistadas, por su disposición para brindarme de su tiempo para la elaboración de las encuestas y entrevistas.

A todos mis compañeros y amigos del PCS, en especial, a los del mejor campo de conocimiento: Restauración ambiental.

A mis amigos que, a pesar del paso de los años y de la distancia, siguen presentes.

A mis padres que siempre han sido un gran ejemplo para seguir, logrando con ello hacer de mí una mujer con ideas y conductas que logren beneficiar a la sociedad.

A toda la familia García.

Contenido

1.	Resumen	1
2.	Introducción	3
3.	Objetivos	5
3.1	Objetivo general	5
3.2	Objetivos particulares	5
4.	Preguntas de investigación	5
5.	Antecedentes	6
5.1	Descripción de la zona costera	6
5.1.1	Las dunas costeras	7
5.2	Servicios ecosistémicos	9
5.2.1	Servicios ecosistémicos de las dunas costeras	10
5.3	Marco metodológico	12
5.3.1	Estudio de los Sistemas Socio-Ecológicos	12
5.3.2	Valoración económica de servicios ecosistémicos	13
5.3.3	Percepción ambiental	18
5.4	Problemas socio-ecológicos en las dunas costeras	19
6.	Materiales y Métodos	21
6.1	Área de estudio	21
6.2	Método	24
6.2.1	Caracterización socio-ecológica de Sisal	24
6.2.2	Diseño de instrumentos de colecta de información	24
6.2.2.1	Encuestas sobre la percepción de los habitantes	24
6.2.2.2	Entrevistas sobre la percepción de las autoridades gubernamentales	25
6.2.3	Valoración económica del ecosistema dunar	26
7.	Resultados	29
7.1	Problemáticas socio-ecológicas en Sisal	29
7.2	Percepción de los habitantes sobre los servicios ecosistémicos brindados por las dunas	31
7.3	Percepción de las autoridades sobre el estado, beneficios y políticas de protección	38
7.4	Valoración económica de las dunas costeras	42
8.	Discusión	49
9.	Conclusiones	55
10.	Perspectivas	57

11.	Referencias	58
12.	Apéndices	68
12.1	Formato de las encuestas	68
12.2	Formato de las entrevistas	72

Lista de tablas y figuras

TABLAS

Tabla 1. Servicios ambientales que proporciona la duna costera.

Tabla 2. Descripción de variables utilizadas en el modelo econométrico para calcular la Disponibilidad a Pagar.

Tabla 3. Percepciones sobre los principales factores de deterioro y su importancia relativa en Sisal.

Tabla 4. Percepciones sobre los principales servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de dunas costeras en Sisal y su importancia relativa.

Tabla 5. Valor asignado a los cuatro tipos de servicios ecosistémicos en función del nivel educativo, edad, género, nivel socioeconómico y pertenencia a una asociación ambiental.

Tabla 6. Disponibilidad a pagar calculada para cada estrato.

FIGURAS

Figura 1. Corte transversal de un sistema dunar costero.

Figura 2. Componentes del Valor Económico Total.

Figura 3. Localización del puerto de Sisal, Municipio de Hunucmá a) Mapa de la Península de Yucatán; b) Delimitación del puerto de Sisal.

Figura 4. Localización del puerto de Sisal, de la Reserva Estatal “El Palmar” y de la Reserva Estatal “Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán”.

Figura 5. Problemas ambientales identificados en las dunas costeras de Sisal.

Figura 6. Percepciones sobre los beneficios provistos por las dunas costeras en Sisal.

Figura 7. Principales razones de afectación si las dunas desaparecieran en Sisal.

Figura 8. Relación entre el monto a pagar y la Disponibilidad a pagar (DAP).

Figura 9. Relación entre el ingreso percibido por el encuestado y la Disponibilidad a pagar (DAP).

Figura 10. Relación entre si el encuestado cree que se deben proteger las dunas y la Disponibilidad a pagar (DAP).

Figura 11. Relación entre si el encuestado lleva a cabo una actividad con el fin de cuidar las dunas y la Disponibilidad a pagar (DAP).

Figura 12. Resultados del modelo econométrico de la Disponibilidad a pagar.

Figura 13. Resultados del modelo econométrico de la Disponibilidad a pagar por parte del estrato bajo.

Figura 14. Resultados del modelo econométrico de la Disponibilidad a pagar por parte del estrato medio-alto.

1. Resumen

El puerto de Sisal está ubicado en el litoral nor-poniente del estado de Yucatán, los principales ecosistemas presentes son el manglar y la duna costera. Las actividades económicas más comunes son la pesca, la agricultura y recientemente el turismo. Cabe señalar que existen dos reservas estatales colindantes con Sisal, “El Palmar” y “Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán”, que tienen como objetivo la protección de diversos ecosistemas como manglares, petenes, ciénagas, etc., excluyendo gran parte de la superficie dunar. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la percepción y el valor de los servicios ecosistémicos de las dunas costeras por parte de los pobladores y las autoridades en Sisal. Se realizaron 215 encuestas en donde se indaga la percepción de los pobladores acerca del estado de conservación de las dunas, las actividades que se llevan a cabo dentro de ellas, los beneficios que éstas proveen a la población, así como las acciones y responsabilidades para su cuidado. Los resultados señalan que la mayor parte de los encuestados considera que el estado de conservación de las dunas es regular, ya que el uso de motos, la construcción de casas y la visita de turistas han contribuido a su deterioro. Poco más de la mitad de los encuestados señalaron conocer algún beneficio de las dunas, destacando la protección contra tormentas. Por otra parte, el 11% de los encuestados indicó conocer algún proyecto para el cuidado de las dunas y su vegetación, mencionando campañas de reforestación y limpieza de playas, y actividades de educación ambiental. Asimismo, se entrevistó a autoridades con cargos gubernamentales asociados al cuidado y/o manejo de zonas naturales con el objetivo de conocer sus percepciones con respecto a los beneficios y problemáticas de las dunas, las políticas y reglamentos que inciden en ellas y la pertinencia de crear programas de conservación y restauración. Cabe señalar que las autoridades federales fueron las únicas que conocen diversos instrumentos para la conservación y regulación de actividades dentro de las dunas. Además, se encontró que las autoridades municipales y estatales desconocían sus atribuciones en cuanto a la responsabilidad del cuidado de las mismas. Por último, es relevante señalar que la mayor

parte de los encuestados estaría dispuesta a dar una aportación anual para ayudar a la conservación y a la recuperación de las dunas. Se estimó que el beneficio económico anual generado por los servicios ecosistémicos de las dunas costeras para los pobladores de Sisal es de \$325,031 M.N. Este estudio ha permitido conocer la importancia que tiene el ecosistema de dunas para los pobladores de Sisal, así como la problemática a diferentes niveles de gobierno que enfrenta la conservación de los ecosistemas costeros, debido a la falta de leyes claras y al desconocimiento de los instrumentos de conservación y de las atribuciones de cada autoridad. Asimismo, da la pauta para proponer acciones para el cuidado, protección y manejo de los ecosistemas de dunas a través de políticas públicas, como el desarrollo de instrumentos económicos o de actividades de educación ambiental entre los pobladores del puerto y los usuarios de la playa.

2. Introducción

La zona costera, identificada en la transición de la parte continental y la marina, es una ecoregión donde ocurre un intercambio dinámico de energía y materiales que incluye al continente, las aguas dulces, la atmósfera y el mar (Yáñez-Arancibia, 2010). Ha sido reconocida por su amplia diversidad de ecosistemas (planicies costeras, humedales, manglares, dunas costeras, entre otros) con características muy particulares, que los hace altamente productivos, pero vulnerables a las actividades humanas (Botello y Villanueva-Fragoso, 2011). A lo largo de los litorales y estuarios del mundo se ha asentado alrededor del 50% de la población y se concentra una buena parte de las actividades productivas, lo que la ha colocado como una de las zonas más perturbadas del planeta y más vulnerable a los impactos del cambio climático (Botello y Villanueva-Fragoso, 2011; Yáñez-Arancibia, 2010).

Tal es el caso de la Península de Yucatán, con un amplio litoral costero (1,250 km), región que hasta la década de los 70's enfocaba sus actividades económicas en la agricultura y ganadería, y cuyos recursos naturales eran explotados de manera artesanal (Herrera-Silveira *et al.*, 2004). Sin embargo, al reconocer el potencial marino y costero de la zona, hubo cambios económicos y sociales que han ocasionado, hasta hoy día, diversos problemas de sostenibilidad, incluyendo contaminación de acuíferos, pérdida de ecosistemas por cambio de uso del suelo, erosión de playas y sobreexplotación pesquera (Molina *et al.*, 1998; Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011; Capurro *et al.*, 2016). Asimismo, el auge de las actividades turísticas que comenzó a partir de la década de los 80's ha impulsado el desarrollo de ciudades, infraestructura, carreteras, hoteles y puertos que han provocado también un fuerte deterioro de los ecosistemas marinos y costeros (Benavides, 2014), con una tasa de pérdida de vegetación primaria de entre 10,001 a 20,000 ha/año (Cuevas *et al.*, 2010).

En el caso particular de las playas, a nivel mundial, más del 70% tienen algún nivel de erosión como resultado de los fenómenos naturales a que están expuestas y de las actividades antropogénicas que se realizan (SEMARNAT, 2013). Las dunas costeras que están adyacentes a las playas son deterioradas y eliminadas también, lo que ocasiona la pérdida de los servicios ambientales que dan a la sociedad, como es la protección a viviendas e infraestructura del efecto adverso de los ciclones tropicales y huracanes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), que causa pérdidas económicas importantes (Mendoza-González *et al.*, 2012).

Para combatir la problemática de las zonas costeras, a nivel mundial se han establecido diversos programas de protección ambiental que incluyen el manejo adecuado de recursos, sin embargo, generalmente estos programas no prosperan ya que son aplicados por diversas instituciones gubernamentales y privadas que no están coordinadas entre sí y resultan insuficientes para la resolución de estos problemas (Clark, 1996). Para lograr un manejo adecuado de las zonas costeras es necesaria la búsqueda, diseño e implementación de acciones concretas donde, además de la participación de las organizaciones gubernamentales, es muy importante que las comunidades locales reconozcan su valor y participen aportando soluciones que permitan el tratamiento técnico-jurídico-administrativo de su problemática (Lárez *et al.*, 2004). El presente trabajo tiene por objetivo identificar la percepción y el valor de los servicios ecosistémicos que brinda el ecosistema de dunas costeras mediante la participación de pobladores y autoridades en un poblado costero de Yucatán.

3. *Objetivos*

3.1 *Objetivo general*

Analizar la percepción y el valor de los servicios ecosistémicos de las dunas costeras, tanto de los pobladores como de las autoridades en una comunidad costera del estado de Yucatán con el fin de que la información obtenida sirva como base para el diseño de acciones para el cuidado, protección y manejo de dicho ecosistema.

3.2 *Objetivos particulares*

- Caracterizar el sistema socio-ecológico en una comunidad costera de Yucatán a través de una revisión bibliográfica.
- Identificar los servicios ecosistémicos que brindan las dunas desde la percepción de los habitantes de la zona de estudio.
- Conocer la percepción de las autoridades sobre el estado, beneficios y protección de las dunas costeras.
- Estimar el valor que tienen para los pobladores los servicios ecosistémicos que proveen las dunas.

4. *Preguntas de investigación*

1. ¿Los pobladores en el área de estudio serán capaces de identificar los diversos servicios ecosistémicos brindados por las dunas costeras?
2. ¿Las autoridades serán capaces de reconocer la importancia de las dunas costeras, su problemática y la reglamentación en torno a su conservación y manejo?
3. ¿Las características socioeconómicas de los habitantes modificarán el valor económico, asignado por ellos a los servicios ecosistémicos?

5. Antecedentes

5.1 Descripción de la zona costera

En México existen cerca de 11 600 km de línea de costa que cubre una extensión de alrededor de 430 000 km² habitada por cerca del 44% de la población del país (Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas, 2015). La población costera y su crecimiento ejercen una fuerte presión sobre los ambientes que ahí se encuentran, ya sea de forma extractiva para cubrir sus necesidades alimenticias (pesca), de agua, de energía (extracción de hidrocarburos), entre otros, así como la contaminación de los ecosistemas a través de los residuos generados y la transformación del paisaje con el cambio de uso de suelo (crecimiento demográfico no planificado) (De la Lanza, 2004; Lara-Lara *et al.*, 2008; Azuz-Adeath y Rivera-Arriaga, 2009).

Por su parte, la Península de Yucatán cuenta con 1,250 km de zonas costeras en donde se han identificado tres tipos de uso de suelo, el de conservación y uso no intensivo de los recursos naturales al noroeste y norte de la Península en donde gran parte de los ecosistemas (lagunas costeras, playas, manglares y humedales de agua dulce) se encuentran protegidos dentro de programas oficiales de conservación; el de uso semi-intensivo: al norte, suroeste y sureste de la península, en donde se lleva a cabo turismo local en playa y dunas costeras y actividades industriales que han ocasionado una pérdida en humedales y una disminución en la calidad del agua; y el de turismo y urbanización intensivas al noreste de la Península con la pérdida de hábitats costeros (Herrera-Silveira *et al.*, 2004). La Península posee aguas costeras con una alta productividad primaria, por lo que, a partir de la desaparición de la industria henequera en los años setenta, comenzó una fuerte migración hacia la zona costera, incrementando la explotación de los recursos marinos y su contaminación. Asimismo, en la Península existen dos actividades económicas importantes para la región, pero que se traducen en un fuerte impacto al ambiente, que

son la explotación petrolera en Campeche y el turismo en Quintana Roo (Davy y Breton, 2008).

5.1.1 *Las dunas costeras*

En México las dunas cubren aproximadamente 808,711 ha con diversos grados de conservación y de amenaza; se ha calculado que un 48% aún mantienen su estado natural o están fragmentadas por caminos mientras que en 46% las zonas con vegetación han sido sustituidas por actividades agropecuarias o por asentamientos humanos (Martínez *et al.*, 2014). Por su parte, la Península de Yucatán cuenta con 67,296 ha de dunas costeras, de las cuales 11,484 ha pertenecen al estado de Yucatán (Martínez, 2014).

Las playas, definidas como depósitos de arena y grava no consolidados a lo largo del litoral, junto con las dunas, que son acumulaciones de arena de diferente forma y altura, son los ecosistemas más dinámicos, donde existe una mayor acumulación y erosión de sedimentos (Moreno-Casasola y Travieso-Bello, 2006). La morfología de las playas depende de la acción del oleaje, de las corrientes y del viento, determinando así, el balance sedimentario de la playa y resultando en el desarrollo o la erosión de las dunas costeras (Ley *et al.*, 2007). El sistema playa-duna es el hábitat de diversas especies como cangrejos, lagartijas, iguanas, culebras, gaviotas playeras, golondrinas marinas, tlacuaches, zorra gris, etc., y, asimismo, es la zona de desove de diversas especies de tortugas marinas (Paré y Fraga, 1994; García de Fuentes *et al.*, 2011; SEMARNAT, 2013).

Las dunas se extienden por varios kilómetros y representan el material fluvial que se recicla al continente (Moreno-Casasola *et al.*, 2006; Flor, 1990). Su formación depende del suministro de arena, ya sea proveniente de la desembocadura de ríos y barrancos o como resultado de la erosión marina, el viento, que moviliza la arena depositada en la playa por el oleaje y la vegetación, que funciona como obstáculo y favorece la acumulación de la arena y, por ende, la formación de la duna (Alcaraz *et al.*, 1985; Ley *et al.*, 2007). Las dunas pueden ser activas o móviles cuando la arena, que está seca, expuesta y sin vegetación, es

susceptible a ser movida por la acción del viento, éstas presentan poca materia orgánica y una baja capacidad de retención de agua; y fijas o estabilizadas, cuando están cubiertas por vegetación y forman estructuras relativamente estables, en ellas hay materia orgánica en los suelos permitiendo el establecimiento de comunidades vegetales más estructuradas como pastizales, matorrales y selvas (SEMARNAT, 2013).

Las dunas que se forman siguiendo una orientación paralela a la línea de costa, se conocen como dunas embrionarias o frontales, están formadas por arena no consolidada y carecen de materia orgánica. Después se forman las dunas primarias y que fungen como reservas para el suministro de arena a la playa. Posteriormente se forman las dunas secundarias y terciarias, las cuales se ven afectadas por el efecto del viento (Hesp y Walker, 2013; Psuty, 2004) (Figura 1).

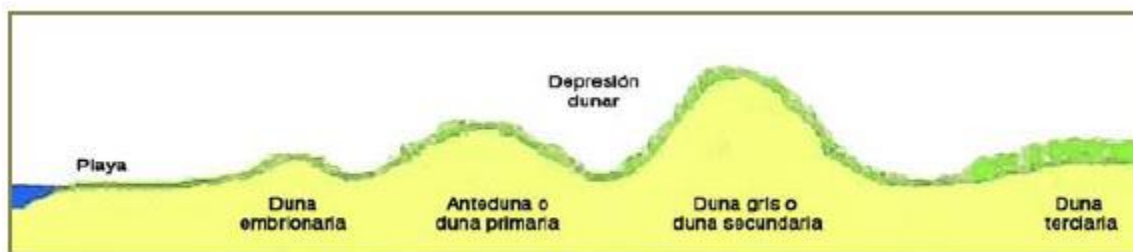


Figura 1. Corte transversal de un sistema dunar costero. Tomado de Ley *et al.*, 2007.

En el estado de Yucatán las dunas costeras están formadas de cordones paralelos de dunas frontales estabilizados por vegetación, de baja altura y no muy extensas ya que están en interacción con los humedales (Moreno-Casasola, 2004; Moreno-Casasola *et al.*, 2014). Espejel (1984) encontró que la vegetación de las dunas de Yucatán está conformada por 183 especies, en donde las comunidades vegetales se distribuyen en bandas, presentándose en la línea de costa las especies pioneras y posteriormente las de matorral. Las especies pioneras están conformadas por plantas herbáceas y rastreras, y son las especies encargadas de fijar el estrato; mientras que, las especies de matorral presentan un alto grado de endemismo (Moreno-Casasola, 2004; Guadarrama-Chávez *et al.* 2012).

5.2 Servicios ecosistémicos

Entre los años 1970 y 1980 diversos autores como Westman (1977) y de Groot (1987) comenzaron a estudiar la problemática ambiental en términos económicos para mostrar la gran dependencia que las sociedades tienen sobre los ecosistemas naturales, así como para aumentar el interés en la conservación de la biodiversidad y del funcionamiento de los ecosistemas (Gómez-Baggethun *et al.*, 2010; Balvanera, 2012; Braat y de Groot, 2012). De esta manera surge el concepto de servicios ecosistémicos (SE), definido como los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de los ecosistemas (Constanza *et al.*, 1997). Ya que se consumen directamente, se disfrutan, o contribuyen, a través de interacciones entre ellos, a generar condiciones adecuadas para el bienestar humano (Quijas *et al.*, 2010). Dentro de las clasificaciones existentes sobre SE, la más común incluye los bienes y los servicios, para destacar la diferencia entre lo que se consume, que es tangible, y aquello que da beneficios de manera menos tangible, sin embargo, la Evaluación Ecosistémica del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) señala cuatro tipos de servicios:

Servicios de provisión: son los productos obtenidos directamente de los ecosistemas como alimentos, agua potable y leña. Los esfuerzos por asegurar su provisión guían las actividades productivas y económicas.

Servicios de regulación: son los beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas como la regulación del clima, control de enfermedades, almacenamiento de carbono, entre otros.

Servicios culturales: son los beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, dependen de las percepciones colectivas de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes, como los aspectos espirituales y religiosos, la recreación, el turismo y la educación.

Servicios de soporte: son los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de los otros tres servicios, por ejemplo, la formación de suelos, el reciclaje de nutrientes y la producción primaria.

La provisión de los SE está directamente relacionada a la funcionalidad de los ecosistemas naturales, la cual depende de los procesos ecológicos y de su estructura (de Groot *et al.*, 2002). Los SE involucran múltiples interacciones entre el dominio de lo natural o biofísico, en donde estos servicios se generan, y el de lo humano o social, en donde se capturan o utilizan (Verón *et al.*, 2011). Es por esto que, el estudio de los servicios ecosistémicos para el manejo de los ecosistemas es de suma importancia ya que pueden ser indicadores de la calidad o capacidad de un ecosistema para la provisión de un beneficio específico a un actor social determinado (Quétier *et al.*, 2007).

5.2.1 *Servicios ecosistémicos de las dunas costeras*

Las dunas costeras forman un ecosistema muy importante que proporciona diversas funciones ambientales y socioeconómicas (Everard *et al.*, 2010). Dentro de los servicios ambientales que proporcionan están: los valores estéticos y recreativo, hábitat para diversas especies animales, la provisión de agua limpia, la presencia de especies de plantas con propiedades medicinales, la protección contra tormentas o mareas, la regeneración de playa, etc. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) (Tabla 1).

Tabla 1. Servicios ambientales que proporciona la duna costera.

<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>Función y procesos del ecosistema</i>	<i>Componentes importantes</i>	<i>Actividades humanas que han provocado cambios en el ecosistema</i>	<i>Referencias</i>
Provisión	Agua	Drenaje y acumulación agua	Arena, tamaño del acuífero subterráneo	Contaminación del acuífero por descargas de aguas negras, sobreexplotación del acuífero	7
	Alimento humano	Producción primaria	Especies	Introducción especies exóticas	6, 7
	Alimento animal	Producción primaria	Especies	Introducción especies exóticas	7
	Maderables	Producción primaria	Especies arbóreas	Introducción especies exóticas	4, 7
	Stock genético	Producción primaria	Especies	Introducción especies exóticas	4, 6, 7
Regulación	Recursos ornamentales	Producción primaria	Especies	Introducción especies exóticas	6, 7
	Protección contra eventos meteorológicos extremos	Barrera natural contra tormentas y huracanes	Ancho de playa, altura dunas, vegetación en dunas	Eliminación de dunas para construir caminos, infraestructura, agricultura, etc.	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11
	Depuración y almacenamiento agua	Filtración y almacenamiento de agua en la arena	Área y altura de la duna, arena, acuífero subterráneo	Contaminación del acuífero por descargas de aguas negras, sobreexplotación del acuífero	2, 4, 7, 9, 10
	Mantenimiento playa	Dinámica sedimentaria que permite el almacén de arena	Características de la duna, como movilidad, altura, presencia de vegetación	Eliminación de dunas para construir caminos, infraestructura, agricultura, etc.	2, 3
Culturales	Almacén de carbono	Producción primaria, actividad biogeoquímica	Especie, tasa de crecimiento y características morfológicas.	Remoción de vegetación, eliminación de las dunas	7, 9
	Valores estéticos/ espirituales/ recreativos/ culturales	Paisajes naturales únicos, con valor espiritual o religioso, especies atractivas	Tamaño y continuidad de la duna, presencia vegetación y fauna	Eliminación de dunas para construir caminos, infraestructura, agricultura, etc.	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9
SopORTE	Formación de suelo	Acumulación y descomposición de materia orgánica, hábitat sucesional	Vegetación, materia orgánica, microorganismos	Remoción de vegetación	6, 7
	Reciclaje de nutrientes	Fijación de nutrientes dada por algunas especies vegetales (nitrógeno y fósforo)	Especies vegetales, microorganismos	Remoción de vegetación	7
	Hábitat para diversas especies	Diversos nichos ecológicos	Vegetación, tamaño de la duna, estructura para madrigueras	Introducción especies exóticas	2, 4, 6, 7, 9

Donde: 1) Nordstrom, 2000; 2) Moreno-Casasola y Travieso-Bello, 2006; 2) Ley *et al.*, 2007; 3) Martínez *et al.*, 2007; 4) de Groot *et al.*, 2010; 5) Durán *et al.*, 2010; 6) Everard *et al.*, 2010; 7) Miller *et al.*, 2010; 8) Barbier *et al.*, 2011; 10) SEMARNAT, 2013.

5.3 Marco metodológico

5.3.1 Estudio de los Sistemas Socio-Ecológicos

El estudio y resolución de las problemáticas ambientales actuales requiere la comprensión de la relación entre los ecosistemas y las sociedades humanas (Kates *et al.*, 2001). El concepto de sistemas socio-ecológicos provee un marco conceptual para entender dichas relaciones que los define como sistemas complejos adaptativos que están caracterizados por retroalimentación a través de múltiples escalas que amplifican o disminuyen su cambio y que demuestran la capacidad que tiene la biosfera para sostener el desarrollo humano (Fischer *et al.*, 2015).

Para entender el funcionamiento de los sistemas socio-ecológicos se necesita conocer los principios y factores ecológicos que dictan las interacciones bióticas entre los organismos y su ambiente, así como los principios y factores culturales que establecen las interacciones entre los humanos y su ambiente (Maass, 2007). Los datos cuantitativos y cualitativos de las variables de los sistemas socio-ecológicos son necesarios para la construcción de modelos teóricos de costo-beneficio, que conduzcan al establecimiento de políticas mejoradas (Ostrom 2009; Levin *et al.*, 2012). Dichas políticas sólo se lograrán a través de la colaboración de diversos actores (académicos, gobiernos, comunidades, individuos) que operen a diferentes escalas sociales y ecológicas (Folke, 2006).

El estudio de los sistemas socio-ecológicos ha permitido: 1) el reconocimiento de que las personas dependemos de la naturaleza, 2) la comunicación y colaboración entre disciplinas, ciencia y sociedad, 3) el incremento del pluralismo conceptual y metodológico y 4) la influencia en decisiones políticas por parte de los sistemas socio-ecológicos (Fischer *et al.*, 2015).

5.3.2 Valoración económica de los servicios ecosistémicos

En los últimos años, los problemas ambientales han sido enmarcados en términos económicos (Braat y de Groot, 2012). Expresar el valor de los servicios ambientales (SE) en unidades monetarias ha servido como herramienta para concientizar y mostrar la importancia de los ecosistemas y también, como estímulo para su protección (Everard *et al.*, 2010; de Groot *et al.*, 2012). El valor monetario se refiere a las contribuciones de los bienes y servicios del ecosistema al bienestar de las sociedades, expresado en términos de utilidad o satisfacción de las preferencias individuales de los actores sociales (Martín-López *et al.*, 2013). Los valores económicos, una vez cuantificados, pueden ser utilizados en la toma de decisiones de política ambiental (Labandeira *et al.*, 2007).

Según Novoa (2011), la valoración económica ambiental es: “un ejercicio de asignación de valores cuantitativos a las diferentes ofertas ambientales de un lugar dado, tratando de establecer parámetros de costo-beneficio”. Los ecosistemas y la biodiversidad poseen dos tipos de valores: el intrínseco y el instrumental. El valor intrínseco es el derecho que tienen los individuos, poblaciones y comunidades de existir ya que tienen valor por sí mismos, mientras que el instrumental está fundado en la utilidad de los ecosistemas, de tal manera que éstos tienen como función principal la de proveer de satisfacción y bienestar a las sociedades humanas (Palomo *et al.*, 2012; Martín-López *et al.*, 2013). El uso de los bienes y servicios que proveen los SE también pueden ser valorados en términos económicos y monetarios.

Existen dos tipos de valores, de uso y de no-uso. Los valores de uso a su vez, abarcan tres tipos de valor:

- Valor de uso directo – uso directo de los ecosistemas, el cual puede ser extractivo (madera, comida u otros recursos)
- Valor de uso no extractivo - (recreación, apreciación estética, etc.)
- Valor de uso indirecto – son los servicios provistos por la naturaleza (purificación de aire o agua, prevención de la erosión, etc.)

Los valores de no uso se dividen en dos tipos:

- Valor de existencia: son los valores atribuidos al beneficio que los actores sociales tienen por el hecho de que una especie o ecosistema exista.
- Valor de legado: es el valor asociado a la satisfacción que una persona adquiere al saber que los servicios podrán ser aprovechados por ella misma o por futuras generaciones.

La suma de los valores de uso y no uso es llamado valor económico total (VET) (de Groot *et al.*, 2010; Martín-López *et al.*, 2013) (Figura 2).

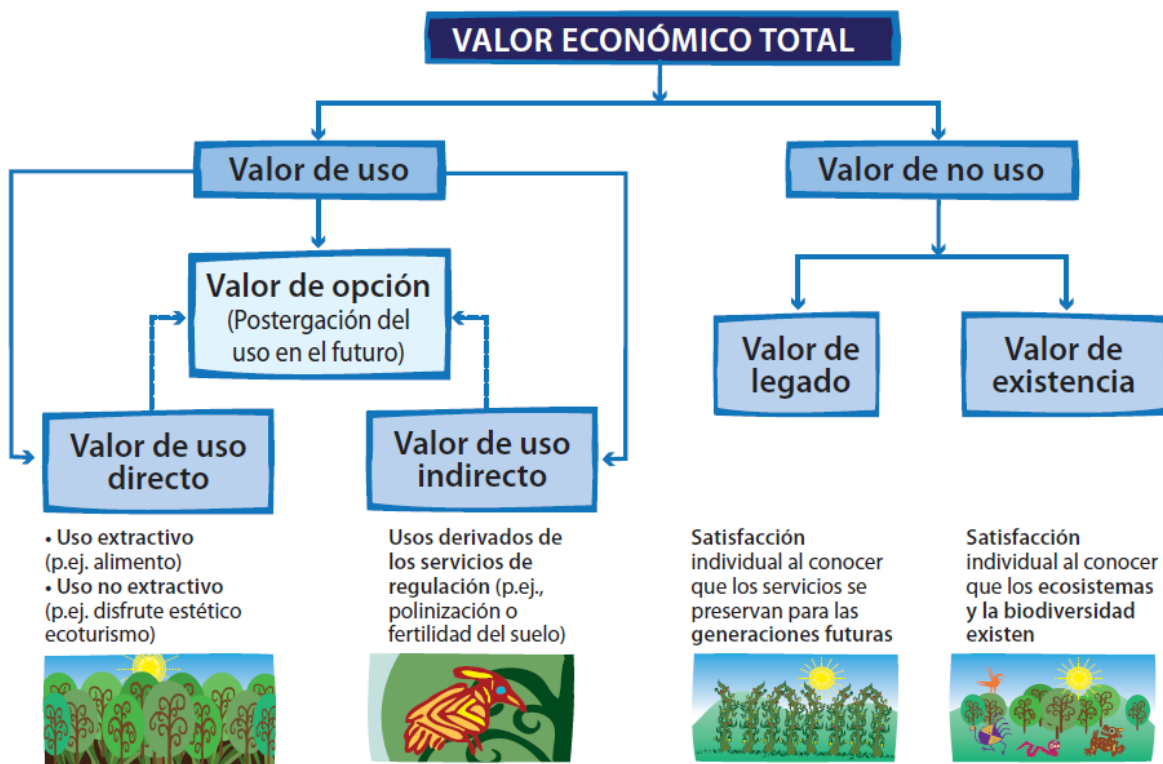


Figura 2. Componentes del Valor Económico Total (Tomado de Martín-López *et al.*, 2013).

Según Labandeira *et al.*, (2007) los métodos de valoración económica se pueden separar en:

- Métodos directos de mercado: utilizan los precios observados en los mercados.
- Métodos indirectos de mercado: utilizan los precios de mercado de forma indirecta, es decir, a través de un bien de mercado que esté relacionado con el bien ambiental que se analiza.
- Métodos directos de no mercado: basados en la construcción de mercados específicos para los bienes ambientales.

Cuando no se dispone de información para realizar la valoración, se puede elegir el método de “transferencia de beneficios” en el cual, se trasladan los resultados obtenidos por algún otro estudio en un contexto diferente al propio (Rincón-Ruiz *et al.*, 2014). El método por elegir dependerá de la disponibilidad de información que se posea acerca del bien a valorar y del caso que se esté estudiando.

Existen diversos estudios en donde se ha determinado el valor económico de los servicios ecosistémicos a partir de diferentes metodologías. Por ejemplo, Mendoza-González (2009) valoró a través del método de “transferencia de beneficios” diversos ecosistemas de tres localidades del estado de Veracruz, encontrando un valor económico de 2,381 dólares/ha/año para el bosque, 427 dólares/ha/año para los pastizales, 37,993 dólares/ha/año para los humedales, 322 dólares/ha/año para el bosque tropical caducifolio, etc. De la Lanza *et al.* (2013), desarrollaron una metodología para calcular el VET de ecosistemas costeros en México. En dicha metodología se busca la importancia relativa de cada servicio ecosistémico y se multiplica por el valor monetario asignado a una unidad de superficie por unidad y tiempo (tomando como base algún estudio previo). Dichos autores encontraron para la Laguna de Términos, Campeche un valor económico de 2,400.1 dólares/unidad de área/año y para los arrecifes rocosos aledaños de 3,517.1 dólares/unidad de área/año, entre otros. Por su parte Rojas (2010) a través del método “valoración contingente” estimó el valor económico de los servicios ecosistémicos hídricos

que brinda la Cuenca Cuitzmala. En dicho trabajo, la autora encontró que el beneficio obtenido en esta región es de 1,165,257.4 pesos/año.

Debido a que no existe un mercado que nos brinde precios para calcular el valor económico de las dunas costeras en Sisal, en el presente trabajo se utilizó la metodología de valoración contingente. La valoración contingente es un método directo de no mercado, el cual se basa en la obtención de preferencias de los individuos a partir de la construcción de mercados hipotéticos en cuestionarios estructurados (Labandeira *et al.*, 2007). Para esto, se realizan encuestas personales con preguntas cerradas en donde el individuo sólo puede responder afirmativamente o negativamente, en función de si acepta o no el precio señalado, es decir, la disponibilidad a pagar (DAP) por la provisión de un bien o servicio y se deduce el valor que tiene el bien en cuestión para el consumidor (Riera, 1994; Ramajo-Hernández y del Saz-Salazar, 2012). En este método se busca averiguar la valoración que otorgan las personas a los cambios en el bienestar derivados de la modificación en las condiciones de oferta de un servicio ecosistémico (Azqueta, 1994). Alternativamente, este método permite conocer la máxima disposición a ser compensado por la pérdida de un bien o servicio (Riera, 1994). Siendo así que, se busca encontrar las valoraciones que los consumidores realizan de los aumentos o disminuciones en calidad o cantidad del bien o servicio bajo condiciones simuladas de mercados hipotéticos (Barzev, 2002). La valoración contingente es el único método en el cual se puede calcular el valor económico total de un bien, ya que estima los valores de uso y de no uso. Por lo general, los cuestionarios suelen estar divididos en tres secciones, la primera contiene información relevante sobre el bien o servicio a valorar, de manera que el encuestado posea la información necesaria para identificar la problemática, puede estar acompañada de fotografías o dibujos que faciliten la comprensión, en la segunda se describe la modificación propuesta del objeto de estudio, así como el medio de pago para alcanzar el objetivo, siendo así que se intenta conocer la disponibilidad a pagar y finalmente la tercera averigua algunas características socioeconómicas del encuestado como ingreso, edad, género, nivel de estudios, etc. Asimismo, dentro de la encuesta es importante establecer cuál será el instrumento de pago y la frecuencia de éste.

Para implementar las encuestas existen diversos métodos como lo son las entrevistas personales, entrevistas telefónicas, encuestas por correo y talleres participativos. La elección del método dependerá del tiempo y recursos disponibles para llevar a cabo el estudio.

Existen diversas formas para plantear la pregunta de la disponibilidad a pagar, entre las que se encuentran (Azqueta *et al.*, 2007):

- *Formato abierto*: se plantean preguntas como ¿cuánto pagaría por...? ¿cuánto vale para usted...? Tiene como desventaja el gran número de cifras obtenidas debido al desconocimiento de lo que sería una cifra razonable por parte del encuestado.
- *Formato subasta*: el encuestador propone una cifra y pregunta al encuestado si estaría dispuesto a pagar dicha cifra o no. Si la respuesta es afirmativa, la cifra original aumenta en una cantidad predeterminada; y si es negativa, se reduce hasta que el encuestado acepte una cantidad.
- *Formato binario o dicotómico*: consiste en plantear la pregunta sobre la disposición a pagar de forma binaria, es decir, ¿pagaría usted tanto por...? La respuesta sólo puede ser *sí* o *no*. Este formato también es conocido como formato referéndum. Una vez seleccionada la muestra, ésta se subdivide en grupos representativos y se les realiza la pregunta formulada, a cada uno de ellos con una cantidad diferente. Mediante una transformación logit se obtiene la estimación econométrica correspondiente de la disposición a pagar de los encuestados.

El método de valoración contingente es uno de los métodos de valoración económica más controvertido debido a los diversos sesgos que pudieran existir. Uno de ellos es que, al ser de carácter hipotético, no promueve una reflexión a fondo de la problemática, siendo posible que el encuestado responda un monto sin profundizar en el planteamiento. Otro sesgo es el estratégico en donde, en el caso en el que el encuestado posea un interés relacionado con la problemática de estudio, la respuesta podría ser estratégica en vez de honesta. El sesgo del investigador es aquel en donde el encuestado exagera su disposición a pagar por temor a parecer poco consciente del problema ante el encuestador. Otro

aspecto para considerar son las respuestas negativas en donde el encuestado se niega a responder. Dicha respuesta puede deberse a que la valoración del bien sea nula, a que el encuestado rechaza la moralidad del planteamiento o porque rechaza alguno de los extremos propuestos, resultando en una expresión de protesta. Ante esta situación se debe conocer la razón de dicha respuesta para evitar errores de interpretación (Cristeche y Penna, 2008).

5.3.3 *Percepción ambiental*

Las percepciones ambientales son entendidas como la forma en que cada individuo aprecia y valora su entorno, e influyen de manera importante en la toma de decisiones sobre el ambiente que lo rodea (Fernández, 2008). Dichas percepciones dependen de factores sociales, económicos y políticos (Finkl y Makowski, 2015). El análisis de las percepciones ambientales juega un rol significativo para determinar la importancia que tienen los ecosistemas naturales y sus funciones para las sociedades humanas (de Groot *et al.*, 2002). Es por esto que, conocer tal percepción, permite explorar las perspectivas de las problemáticas y posibles soluciones y, resulta esencial para establecer programas de manejo encaminados a redirigir los procesos de conservación de los recursos naturales y de deterioro ambiental (Leyva, 2007; Fernández, 2008).

Algunos métodos que se han desarrollado para conocer la percepción ambiental son (Stolk *et al.*, 2006; Cárdenas *et al.*, 2013):

- Entrevistas semi-estructuradas: método cualitativo en donde se llevan a cabo entrevistas informales guiadas (individuales o grupales) realizadas a actores clave.
- Encuestas: aplicación de un cuestionario con el fin de recoger actitudes, opiniones u otros datos. Es un método cuantitativo que se aplica a una muestra de la población, se procura inferir y concluir respecto a la población completa.
- Clasificación: sirve para averiguar las prioridades o preferencias de individuos o grupos.

- Talleres de trabajo: actores clave se reúnen para revisar, analizar y evaluar la información en busca de un consenso.

5.4 Problemas socio-ecológicos en las dunas costeras

La sostenibilidad es definida por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (1991) como la capacidad para mantener un proceso o estado que mejora la calidad de vida humana tomando en consideración la capacidad de carga de los ecosistemas. Por lo anterior, la sostenibilidad a largo plazo de las poblaciones costeras depende de los ecosistemas costeros y los servicios que éstos proveen como protección contra tormentas, producción pesquera, calidad del agua, entre otros (Barbier *et al.*, 2008). El valor económico de los bienes y servicios que proveen los ecosistemas costeros representa el 77% del valor de los servicios provistos por todos los ecosistemas del mundo (Constanza *et al.* 1997). Para 2007 el valor económico de los servicios provistos por los sistemas costeros era de 222,762 pesos M.N./ha/año (de Groot *et al.* 2012). Sin embargo, a pesar de la importancia de estos servicios, en las últimas dos a tres décadas ha incrementado la degradación y pérdida de los ecosistemas costeros (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), las cuales, seguirán en aumento debido al crecimiento continuo de las poblaciones y a las predicciones del cambio climático (Lithgow *et al.*, 2013). Dada la tasa y escala a la que los ecosistemas costeros están desapareciendo, es necesario evaluar y valorar los servicios ecosistémicos de estos sistemas para mejorar su manejo (Barbier *et al.* 2011).

El incremento de las actividades económicas en las zonas costeras ha ocasionado que los asentamientos urbanos se desarrollen de forma desordenada, lo que, a su vez, ha provocado problemáticas ambientales procedentes de la competencia por espacio y recursos, así como por la generación de residuos (Lara-Lara *et al.*, 2008). En particular, las dunas han sido eliminadas para facilitar la construcción de infraestructuras portuaria, edificios y carreteras que faciliten el acceso a la playa. Aunado a lo anterior, la erosión

progresiva de las playas, los efectos del calentamiento global y el aumento del nivel del mar han exacerbado el deterioro de playas y dunas (Nordstrom, 2008). Asimismo, la pérdida de la vegetación nativa por el paso de peatones y automóviles causa la desestabilización de la arena y tiene como consecuencia el detrimento de las dunas frontales (Barbier *et al.*, 2011).

La degradación de las características geomorfológicas y de vegetación de las dunas puede ser temporal o permanente; las actividades humanas que degradan las dunas costeras pueden dividirse en seis grupos: a) viviendas y recreación, b) uso comercial o industrial, c) desecho de residuos, d) agricultura, e) extracción de material y f) actividades militares (Lithgow *et al.*, 2015). Las actividades humanas dentro de las dunas, por lo general provocan una alteración de los procesos naturales, que puede resultar en la modificación de la dinámica del ecosistema (Martínez *et al.*, 2013).

Estos problemas se evidencian por la pérdida de especies animales y vegetales, el deterioro de la calidad del agua, la modificación de los ambientes naturales, la pérdida de variabilidad topográfica, etc. (Nordstrom, 2000; Lárez *et al.*, 2004). Uno de los mayores problemas asociados a la pérdida de los servicios ecosistémicos que proveen las dunas, es el detrimento del servicio de protección contra tormentas, ya que las proyecciones realizadas indican un incremento en la intensidad de los ciclones tropicales en los próximos 20 años (Barbier *et al.*, 2011; Peduzzi *et al.* 2012).

En particular, el estado de Yucatán ha perdido más de la mitad de la cobertura vegetal de dunas, debido principalmente a la construcción de casas veraniegas sobre las dunas, la sustitución de dicha vegetación por plantaciones de cocoteros y la proliferación de basureros clandestinos; asimismo, el desarrollo portuario y la construcción de carreteras han aumentado la erosión de la costa acelerando la desaparición de las dunas costeras (Durán *et al.*, 2010; Guadarrama-Chávez *et al.* 2012). Dichas actividades han ocasionado que 9,908 ha de las 11,484 ha de dunas costeras que cuenta el estado de Yucatán, estén catalogadas con un estado de conservación malo o muy malo (Moreno-Casasola *et al.*, 2014).

6. *Materiales y Métodos*

6.1 *Área de estudio*

El estado de Yucatán forma parte de la Península de Yucatán, junto con Campeche y Quintana Roo. Las costas de Yucatán que se circunscriben al Golfo de México son playas de bajo nivel sobre el mar constituidas por bancos de arena, submarinos o visibles, que imposibilitan la navegación marítima; su litoral tiene 378 km de longitud. Sisal es uno de sus puertos, está ubicado en el litoral nor-poniente del estado de Yucatán, localizado en el municipio de Hunucmá a 63 km de Mérida (Figura 3). Predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias regulares en verano (SEMAR, 2013); la temperatura media anual es de 26.5 °C, registrándose la máxima en el mes de mayo (34.9 °C) y la mínima en enero (17.8 °C), la precipitación media anual es de 503.3 mm (CONAGUA, 2017). Los ecosistemas principales son las dunas costeras y manglares, siendo el manglar chaparro el más representativo de la comunidad vegetal (SEMAR, 2013).

Desde la época prehispánica, Sisal fue utilizado como puerto de comercio costero (García de Fuentes *et al.*, 2011). Posteriormente, con el auge henequenero, hubo un crecimiento en su población, hasta que, en el año de 1878, al crearse el puerto de Progreso, la población sufrió un decremento de aproximadamente 94% en un periodo de 79 años derivado de la emigración (Herrera-Silveira *et al.*, 2004). Actualmente, Sisal posee una población de 1837 habitantes (SEDESOL, 2013). Para el año 2000, contando las viviendas veraniegas existían 940 casas en Sisal, de las cuales, 413 eran viviendas habitadas permanentemente (Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2007 citado en Urrea, 2012). Las principales actividades económicas son la pesca (pulpo, mero), la agricultura (maíz y cítricos) y recientemente las actividades ecoturísticas como paseos en lanchas para la observación de aves, en especial el flamenco rosa, visita a los petenes y manglares, y actividades de buceo, entre otras (SEMAR, 2013; García de Fuentes *et al.*, 2011).



Figura 3. Localización del puerto de Sisal, Municipio de Hunucmá a) Mapa de la Península de Yucatán; b) Delimitación del puerto de Sisal.

Dentro del litoral del estado de Yucatán han sido establecidas diversas áreas protegidas a nivel Federal y Estatal. A nivel Estatal se cuenta con: la Reserva “Dzilam” (decretada en el año 1989), la Reserva “El Palmar” (decretada en el año 1990) y La Reserva “Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán” (decretada en el año 2010) (SEDUMA, 2018). Mientras que a nivel Federal se pueden enlistar: la Reserva de la Biosfera “Ría Celestún” (decretada en el año 2000) y la Reserva de la Biosfera “Ría Lagartos” (decretada en el año 1999) (Diario Oficial de la Federación, 1999; Diario Oficial de la Federación, 2000). Lo anterior, ha sido utilizado como instrumento para la conservación y el manejo sustentable de las zonas costeras (Herrera-Silveira *et al.*, 2004).

El puerto de Sisal colinda con el extremo Este de la Reserva Estatal “El Palmar” y se encuentra dentro de la Reserva Estatal “Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán” (Figura 4). Dichas Reservas Estatales fueron creadas para la protección de los manglares, petenes, ciénagas, selvas bajas inundables, pastizales inundables y tulares (SEMARNAT, 2001; Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2010).



Figura 4. Localización del puerto de Sisal, de la Reserva Estatal “El Palmar” (señalada en verde) y de la Reserva Estatal “Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán” (señalada en amarillo).

6.2 Método

6.2.1 Caracterización socio-ecológica de Sisal

Se llevó a cabo un análisis documental con el fin de recopilar información histórica acerca de las actividades económicas que se llevaban a cabo y que se realizan actualmente en el puerto de Sisal, Yucatán. Asimismo, se recabó información sobre la repercusión, de dichas actividades económicas, en el estado de salud de los ecosistemas naturales del poblado de Sisal y sus alrededores. Para realizar dicho análisis se consultaron: dos artículos de divulgación, dos publicaciones en libros y una tesis de licenciatura.

6.2.2 Diseño de instrumentos de colecta de información

6.2.2.1 Encuestas sobre la percepción de los habitantes

Con el objetivo de obtener datos del conocimiento y la percepción de los habitantes de Sisal acerca de los bienes y servicios ecosistémicos que brindan las dunas en esta comunidad costera, así como la apreciación acerca de su estado de conservación, se diseñó una encuesta que consistía en preguntas tanto abiertas como cerradas (Ver Apéndices). Las temáticas que abordó la encuesta fueron:

- 1) Estado de conservación de las dunas costeras y actividades que se realizan dentro de este ecosistema y que tienen un impacto negativo sobre él.
- 2) Beneficios que ofrecen las dunas costeras a la comunidad humana.
- 3) Acciones y responsabilidades viables para el cuidado, conservación y restauración, de las dunas.

El número mínimo de encuestas a realizar fue determinado por el programa *Sample Size Calculator by Raosoft Inc.*, el cual señaló que, para tener una muestra estadísticamente significativa, considerando un error marginal de 5% y un nivel de confianza del 95%, era necesario realizar un mínimo de 200 encuestas. Se aplicaron un total de 215 encuestas a las

familias oriundas de Sisal. La mayor parte de las encuestas se llevaron a cabo visitando casa por casa en el poblado. Dicho muestreo se realizó desde el extremo Poniente al Oriente de la población, tratando de abarcar el 100% del área.

Se consideraron solamente las casas de personas residentes que fueran mayores de edad. Sin embargo, se encontró que en algunas casas no había personas al momento de la visita o que sus habitantes rechazaban contestar la encuesta, por lo que, dichas viviendas fueron descartadas. Cabe señalar que, al realizar las encuestas, de forma frecuente, en la vivienda se encontraban dos o más integrantes de la familia, los cuales, respondían de forma conjunta a la encuesta. Debido a lo anterior, se decidió elegir el tamaño de muestra con base en el número de viviendas habitadas en la población y no por número de habitantes; algunas encuestas se realizaron en la playa y el parque de Sisal, durante los fines de semana o días festivos.

Los resultados obtenidos de las encuestas fueron analizados mediante estadística descriptiva (promedio y gráficos de pastel).

6.2.2.2 Entrevistas sobre la percepción de las autoridades gubernamentales

Se realizaron entrevistas a cinco autoridades con cargos gubernamentales asociados al cuidado y/o manejo de las zonas naturales (Ver Apéndices). Para conocer sus percepciones respecto a:

- a) Beneficios y problemáticas del ecosistema de dunas costeras.
- b) Las políticas y reglamentos que inciden dentro de las dunas costeras.
- c) La pertinencia de crear programas de conservación y restauración en dichos ecosistemas.

Las entrevistas fueron grabadas con el consentimiento de los entrevistados para posteriormente transcribirlas. Para su análisis se agrupó la información en clases que reflejaban los conceptos relevantes para este trabajo (Rubin y Rubin, 1995 citado en Fernández, 2006).

6.2.3 Valoración económica del ecosistema dunar

Se aplicó el método de “Valoración contingente” para determinar los rangos de precios que se preguntarían en la sección de disponibilidad a pagar máxima en MXN con el objetivo de apoyar la conservación y/o restauración del ecosistema de dunas costeras en Sisal. Se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado para encuestar a la población con subgrupos de diferentes características socioeconómicas. Se realizaron encuestas piloto en el mes de enero del 2017, y con la información obtenida se definieron los valores postura.

Las preguntas elaboradas para conocer el valor económico que tiene el ecosistema dunar para los pobladores de Sisal fueron anexadas a la encuesta de percepción descrita en la sección anterior. La encuesta de percepción sirvió también para preparar a los encuestados para el escenario de valoración ya que en ésta identificaron los recursos y servicios que las dunas proveen. Posterior a las preguntas referentes a la percepción de los servicios ecosistémicos, se incluyeron las referentes al escenario de valoración contingente y se planteó la pregunta de disponibilidad a pagar. Para esta sección se utilizó el formato de referéndum, en donde el encuestado debía responder “sí” o “no” al valor de postura sugerido que fue definido a partir de los resultados de las encuestas pilotos y fueron \$20, \$100, \$300, \$600 y \$1000 y que fueron distribuidos proporcionalmente entre el número de encuestas a aplicar en la muestra, siendo que a cada encuestado, se le preguntó sólo uno de estos valores.

Se utilizó el formato referéndum ya que, a través de un modelo logit o probit, se puede estimar el valor en pesos que un habitante del área de estudio pagaría por la conservación de las dunas en el mercado hipotético creado. Asimismo, se recopiló la información

socioeconómica del encuestado (género, edad, educación, ingresos, etc.). Una vez recabada la información, se utilizó el programa Gretl (2017), a través del cual se construyó un modelo logit para encontrar la disponibilidad a pagar.

En dicho modelo, se realizó una regresión lineal entre la Disponibilidad a Pagar y las variables explicativas que fueron elegidas. Para elegir el modelo correcto, se revisó el cumplimiento de los signos esperados, la significatividad estadística de los coeficientes estimados y que el modelo no tuviera problemas de multicolinealidad o heteroscedasticidad. En la Tabla 2 se muestra la descripción de las variables relevantes que intervienen en la respuesta sobre la disponibilidad a pagar, dichas variables son las variables independientes, mientras que la disponibilidad a pagar es la variable dependiente. El modelo elegido fue:

$$DAP = X_0 + X_1 * Mont + X_2 * Ing + X_3 * Probedun + X_4 * Estcons + X_5 * Benef + X_6 * ValorSE + X_7 * Produn + X_8 * Conservdun + e$$

Donde: X_n es el coeficiente asociado con las variables dependientes y e es el término de error.

Tabla 2. Descripción de variables utilizadas en el modelo econométrico para calcular la DAP.

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>
DAP	Variable dependiente dicotómica que toma el valor de 1 si la respuesta es SI a la pregunta de disponibilidad a pagar y 0 en caso contrario.
MONT	Monto. Variable independiente discreta, representa el monto de pago tomando los diferentes valores de los montos seleccionados (20-1000).
ING	Ingreso. Variable independiente categórica que toma valores de 1 a 5 dependiendo del estrato económico, donde 1 es el nivel de ingresos más bajo y 5 el nivel de ingresos más alto.
PROBEDUN	Problemáticas ambientales dentro de las dunas. Variable independiente dicotómica que toma el valor de 1 si el encuestado identifica problemáticas ambientales dentro de las dunas y 0 en caso contrario.
ESTCONS	Estado de conservación. Variable independiente categórica que toma valores de 1 a 3 dependiendo el estado de conservación que considera el encuestado se encuentran las dunas, siendo 1 malo, 2 regular y 3 bueno.
BENEF	Beneficios provistos por las dunas. Variable independiente dicotómica que toma el valor de 1 si el encuestado identifica beneficios que proveen las dunas y 0 en caso contrario.
PRODUN	Protección dunas. Variable independiente dicotómica que toma el valor de 1 si la respuesta es SI a la pregunta de si considera que las dunas deben protegerse y 0 en caso contrario.
VALORSE	Valor no económico de los servicios ecosistémicos que proveen las dunas. Variable independiente continua que toma valores de 0 a 45, donde 45 es el valor máximo otorgado a los diversos servicios ecosistémicos.
CONSERVDUN	Conservación dunas. Variable independiente dicotómica que toma el valor de 1 si la respuesta es SI a la pregunta de si lleva a cabo alguna actividad con el fin de conservar las dunas y 0 en caso contrario.
ED	Edad. Variable independiente, toma valores de 18 a 80.
GEN	Género. Variable independiente dicotómicas que toma el valor de 1 si el encuestado era de sexo femenino y 0 si era de sexo masculino.
AFECDUN	Afectación si las dunas desaparecen. Variable independiente dicotómica que toma el valor de 1 si la respuesta es SI a la pregunta de si le afectaría si las dunas desaparecieran y 0 en caso contrario.

7. Resultados

7.1 Problemáticas socio-ecológicas en Sisal

Existen diversas problemáticas que han provocado la pérdida y/o degradación de los ecosistemas costeros en Sisal, entre las que podemos identificar la construcción de infraestructura. El puerto de Sisal fue el principal puerto costero del norte de Yucatán, en donde lo que se exportaba principalmente era el henequén hasta 1878 que se trasladó al puerto de Progreso (Herrera-Silveria *et al.*, 2004; Paré y Fraga, 1994). A raíz de esta actividad portuaria, se construyó un muelle, el cual ha tenido impacto en el transporte de arena y en la dinámica de la playa. Posteriormente, comenzaron las actividades pesqueras y con ello, diversas construcciones, unas con el fin de estabilizar el canal de navegación en el puerto de abrigo pesquero de Sisal, así como escolleras para mantener las bocanas abiertas y que han provocado una fuerte erosión en el lado oeste (Moreno-Casasola *et al.*, 2014).

Otra actividad productiva importante para este puerto fue la coprera, que comenzó en la década de 1930; para ello se concesionaron terrenos de la porción Este de la playa, sin embargo, a raíz del huracán Gilberto en 1988, dicha actividad se vio afectada por el esparcimiento del virus “amarillamiento letal del coco” (Urrea, 2012) y los terrenos pasaron a ser propiedad privada, en donde en 1996 se estableció la granja camaronícola “Industrias PECIS”, ocupando 80 hectáreas de extensión (Cisneros, 2012). Dicha granja tuvo que cerrar en 2005 debido al virus TAURA modificado que finalizó con la producción del camarón. Actualmente los terrenos que ocupaban dicha granja han sido fraccionados y vendidos como suelo inmobiliario a turistas para construir casas de verano.

Por otro lado, las actividades pesqueras han favorecido que se presente un estado mesotrófico del agua, es decir, con una calidad regular. Dependiendo de la época del año varían las especies que se pescan en el mar. La especie más importante en la pesquería de la zona es el mero, sin embargo, también se pescan el pargo, la curvina, el bagre, el jurel, el

pepino de mar y el pulpo rojo. Dentro de la ciénega, las principales pesquerías que se desarrollan son la de camarón, el cual se pesca de noviembre a febrero, y la jaiba, pescada de enero a marzo (Urrea, 2012). Para estas actividades, los pescadores se transportan en lanchas con motores de dos tiempos que utilizan aceite mezclado con gasolina que es liberado tanto en el mar como en la laguna costera (García de Fuentes *et al.*, 2011).

Con respecto al turismo, en un principio, era de carácter local especialmente de población urbana de ciudades aledañas. Sin embargo, a partir de mediados de los 90's, comenzó a florecer el turismo de la tercera edad de Canadá y Estados Unidos, sobre todo en el invierno. El aumento de este tipo de turismo ha provocado la creación de nuevas viviendas (segunda residencia), en donde, en algunos casos, se ha removido toda la cubierta vegetal, se han aplanado las dunas, y se han llevado a cabo construcciones lo más cercano a la línea de costa. Diversos autores han señalado que estas actividades contribuyen con la pérdida y degradación de la vegetación de dunas costeras, así como a la pérdida de servicios ambientales (Moreno-Casasola *et al.*, 2014; García de Fuentes *et al.*, 2011; Guadarrama-Chávez *et al.*, 2012). Cabe resaltar que tanto la zona urbana como la de segundas residencias carecen de drenaje y de plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que implica su infiltración al manto freático, esto ha afectado el estado trófico del agua, que actualmente presenta un estado mesotrófico.

En los últimos años han surgido diversas actividades ecoturísticas entre las que destacan los paseos en lanchas, la pesca deportiva, visitas a petenes, actividades acuáticas en manantiales y la observación de aves, ya sea en lagunas o manglares, sobre todo para ver flamencos rosas. Además, en Sisal se han creado arrecifes artificiales, a partir de la iniciativa de una ONG, esto con el fin de promover actividades de buceo y snorkel.

Las actividades cinegéticas también son una importante fuente de divisas para los pobladores, la cacería de patos se lleva a cabo del mes de noviembre al mes de marzo. Para ello se creó en 1990 la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) El Palmar. Sin embargo, debido al uso de municiones de plomo, existen efectos negativos como el plumbismo en aves filtradoras como el flamenco (García de Fuentes *et al.*, 2011).

El plumbismo es una afección causada por el plomo que provoca la reducción en la irrigación de oxígeno a los tejidos de las aves, interfiriendo en la capacidad del cuerpo para disolver la glucosa propiciando la pérdida de peso y bloqueando la reproducción de hemoglobina, provocando anemia (Urrea, 2012).

Con relación al manejo de basura, el tiradero municipal es un tiradero a cielo abierto controlado y se encuentra a 14 km de Sisal en la carretera Sisal-Hunucmá. Sin embargo, en los costados de dicha carretera, existen diversos tiraderos clandestinos. La basura es uno de los principales problemas que sufre la población de Sisal, por ejemplo, en el Puerto de abrigo, los pescadores suelen depositar en el agua y en la arena diversos tipos de basura como desperdicios de pescado, envases y envolturas de plástico, contenedores de pintura, etc. En periodos vacacionales como Semana Santa y en las vacaciones de verano, el volumen de basura se triplica con la visita de turistas, afectando principalmente la zona de playa y dunas. Asimismo, se ha utilizado la basura para ampliar el patio trasero de las viviendas que colindan con la ciénega, para lograrlo, la basura se seca a la intemperie, se quema y se vierte a la ciénega a manera de sustrato para las posteriores etapas de construcción (Urrea, 2012).

7.2 Percepción de los habitantes sobre los servicios ecosistémicos brindados por las dunas

Se encuestó a un total de 215 personas, de las cuales, el 51% eran hombres y el 49% mujeres. La edad promedio fue de 44 ± 0.71 años y el rango varió entre 18 y 80 años. La mayoría de los encuestados estudiaron hasta secundaria, aunque los extremos están representados por el 5% de las personas sin escolaridad alguna y por el 1.8% que cuentan con estudios de posgrado. La mayor parte de los encuestados perciben un sueldo mensual de entre \$1000-\$2500 (37% de las personas), seguido del 23% de personas que ganan entre \$2500-\$5000, 22% que reciben menos de \$1000 al mes, 12% de personas que ganan más de \$7500 y el 6% que reciben entre \$5000-\$7500. La mayor parte de las personas encuestadas son amas de casa (30%), seguidas por pescadores (27%).

La mayoría de los encuestados (79.5%) sí tenían conocimiento de qué es una duna, mientras que al restante 20.5% se les explicó qué son las dunas costeras y dónde se encontraban en Sisal. Una vez que todos los encuestados sabían identificar una duna, se les preguntó acerca de la existencia de problemáticas ambientales en este ecosistema, a lo que el 57.6% (n=124) de las personas respondieron afirmativamente.

Los pobladores de Sisal encuestados señalaron que las principales problemáticas ambientales que identifican son: los basureros clandestinos, la erosión de playa y la construcción de casas e infraestructura (Figura 5).

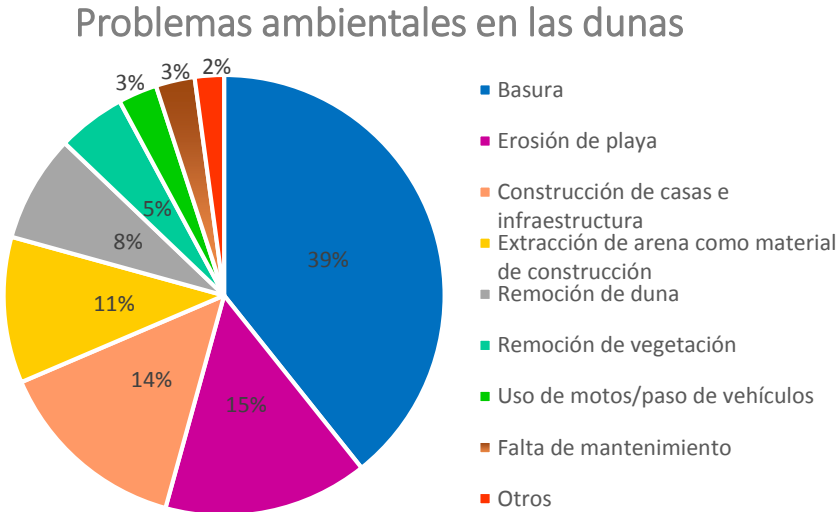


Figura 5. Problemas ambientales identificados en las dunas costeras de Sisal.

Posteriormente se les mostró una serie de actividades que se realizan dentro de las dunas y se les pidió que indicaran un valor entre 0 y 5, en donde 0 era que dicha actividad no afectaba a las dunas y 5 que afectaba en gran manera. Los encuestados identificaron como causantes del deterioro de las dunas al uso de cuatrimotos a través de dañar la vegetación de dunas, la construcción de casas sobre las dunas y el pisoteo ocasionado por la visita de turistas y señalaron que son los factores que aparentemente tienen un mayor impacto (Tabla 3).

Según los encuestados, los principales beneficiados de las actividades mencionadas son los turistas, seguidos de los pobladores y posteriormente las autoridades. Finalmente, la mayor parte de los encuestados (60.5%) consideran que el estado de conservación de las dunas es regular, 24.5% de las personas que es bueno y el restante 15% que es malo.

Tabla 3. Percepciones sobre los principales factores de deterioro y su importancia relativa en Sisal. Se muestran los promedios en donde 5 representa un alto impacto y 0 ningún impacto.

<i>Factor</i>	<i>Impacto</i>
Uso de motos	3.13
Construcción de casas	2.53
Visita de turistas	2.47
Picnic en la playa	2.28
Renta de palapas junto al muelle	1.59
Plantación de especies no nativas	0.34
Campamento tortuguero	0.32

De los encuestados, el 64% de las personas (n=137) mencionaron conocer algún beneficio de las dunas costeras entre los que destacan la protección contra tormentas y mareas y la biodiversidad (Figura 6).

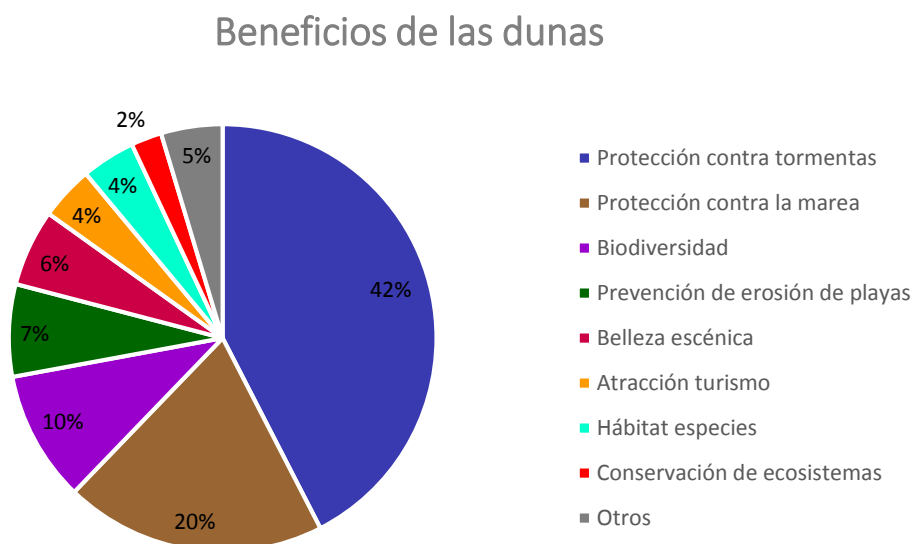


Figura 6. Percepciones sobre los beneficios provistos por las dunas costeras en Sisal.

A continuación, se les mencionaron a los encuestados los servicios ecosistémicos que proveen las dunas y se les pidió que indicaran cuáles de ellos identificaban que existían en Sisal y que les dieran un valor entre 0 y 5, en donde 0 era que no tenía ninguna importancia el SE, y desde 1, que equivale a muy poca importancia, hasta 5, que significa una alta importancia. En este apartado solamente el 2% de las personas indicaron que no existía ningún servicio ecosistémico, mientras que al realizar la pregunta abierta acerca de los beneficios, el 36% de las personas negaron la existencia de alguno. Los encuestados señalaron que los servicios ecosistémicos principales son: la protección contra tormentas, valores estéticos y el almacén de arena (Tabla 4).

Tabla 4. Percepciones sobre los principales servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de dunas costeras en Sisal y su importancia relativa. Se muestran los promedios en donde 5 representa una alta importancia y 0 ninguna importancia.

<i>Servicios Ecosistémicos</i>	<i>Importancia</i>
Protección contra tormentas	4.25
Valores estéticos	4.11
Almacén de arena	3.62
Provisión de hábitat	3.24
Recreación	3.03
Plantas como alimento/medicinales	3.03
Plantas adorno	2.88
Formación de suelo	1.84
Depuración aguas contaminadas	1.00

Solamente el 11% de los encuestados mencionó que existe algún proyecto para el cuidado de las dunas y de su vegetación. Entre los proyectos mencionados se encuentra la limpieza de playas y reforestación por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán (SEDUMA) y autoridades del puerto de Sisal. Asimismo, se mencionaron actividades de educación ambiental por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Centro Comunitario de trabajo, educación y cultura ambiental Chimay.

Sin embargo, la mayor parte de las personas encuestadas (96%) mencionaron que es necesaria la protección de las dunas, destacando actividades como campañas de limpieza (151 personas), la creación de reglamentos de uso (97 encuestados) y la creación de áreas protegidas (72 personas). La mayoría opinó que estas actividades deberían de estar a cargo de las autoridades (164 personas) y/o por los pobladores (128 encuestados).

Finalmente, 79% de las personas (n=170) opinaron que se verían afectadas si las dunas desaparecieran. Entre las principales razones se encuentran la pérdida de protección contra tormentas y mar y la pérdida de la playa (Figura 7). Dichos resultados concuerdan con los resultados obtenidos de los principales beneficios que se obtienen de las dunas. Aun cuando los encuestados identificaron diversos beneficios que proveen las dunas y creen que si tendrían una afectación en caso de que las dunas desaparecieran, solamente el 6% de las personas llevan a cabo actividades con el fin de conservar las dunas, entre las que destacan la limpieza de playa y la asistencia a cursos de concientización.

Afectación en caso de pérdida de dunas

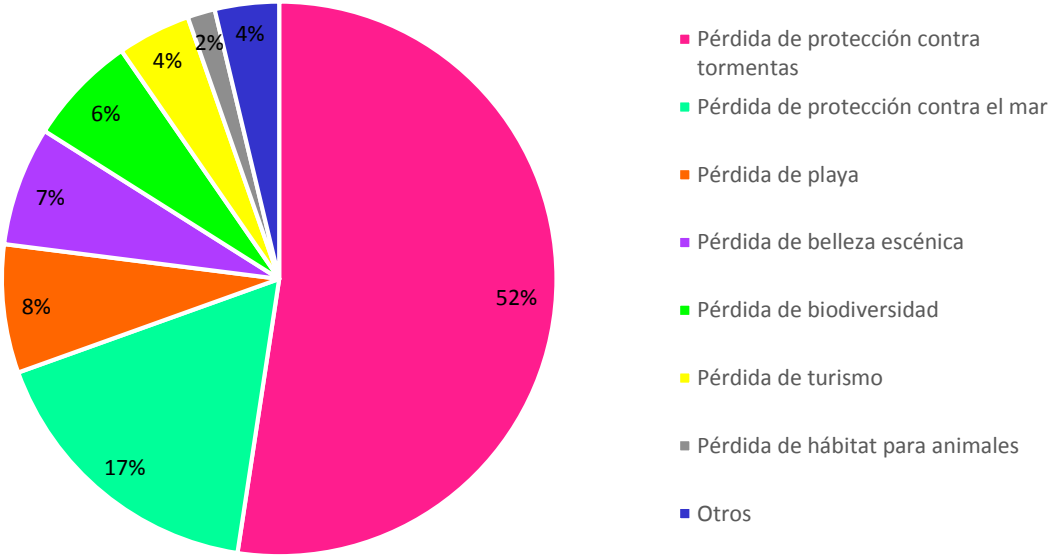


Figura 7. Principales razones de afectación si las dunas desaparecieran en Sisal.

Finalmente, se buscó si los factores género, edad, nivel educativo, nivel socioeconómico y pertenencia a una asociación ambiental influyen en el valor de importancia que las personas asignan a los servicios ecosistémicos. Se encontró que, tanto en el género y la edad, los servicios culturales (estéticos y de recreación) fueron los más valorados. Por otro lado, en

general, los encuestados con mayor nivel educativo y socioeconómico, así como los que pertenecen a una asociación ambiental, valoraron más los servicios de soporte (principalmente el hábitat para especies) (Tabla 5).

Tabla 5. Valor asignado a los cuatro tipos de servicios ecosistémicos en función del nivel educativo, edad, género, nivel socioeconómico y pertenencia a una asociación ambiental. Se muestran los promedios en donde 5 representa una alta importancia y 0 ninguna importancia.

Factor		Regulación	Provisión	Soporte	Culturales
Nivel Educación	Ninguno	3.5	3.3	3.4	4.5
	Primaria	2.9	3.2	2.1	3.8
	Secundaria	2.9	2.8	2.3	3.5
	Preparatoria	3.3	3.2	3.2	3.8
	Universidad	2.5	2.2	2.5	2.8
	Posgrado	2.3	3.8	4.3	3.1
Edad	<35	3.0	2.8	2.8	3.7
	>35	3.0	3.0	2.5	3.4
	>50	2.9	3.0	2.3	3.7
Género	Hombres	2.9	2.8	2.7	3.5
	Mujeres	3.0	3.2	2.4	3.6
Nivel socioeconómico	1	3.5	3.5	3.1	3.9
	2	2.9	2.9	2.2	3.6
	3	2.9	2.8	2.4	3.8
	4	2.3	2.9	2.6	3.3
	5	2.7	2.5	2.8	2.7
Pertenencia a una asociación ambiental	Sí	3.0	2.9	3.8	2.9
	No	3.0	3.0	2.5	3.6

7.3 *Percepción de las autoridades sobre el estado, beneficios y políticas de protección*

Se entrevistó a un total de 5 autoridades provenientes de los tres órdenes de gobierno (municipal, estatal y federal). Las entrevistas se llevaron a cabo con el fin de conocer su percepción acerca de las problemáticas de las dunas costeras y de los beneficios que éstas brindan a la población. Asimismo, se buscó conocer cuál es el marco regulatorio para el manejo del ecosistema de dunas, las responsabilidades de cada orden de gobierno y las acciones que se llevan a cabo para su conservación.

Los entrevistados identificaron dos tipos de problemáticas que vulneran el ecosistema de dunas costeras:

- I. Factores de origen natural. La problemática percibida de origen natural se limita a los nortes, que son fuertes vientos con dirección norte o noreste que soplan a lo largo del Golfo de México durante el invierno y que pueden provocar un aumento en la fuerza de la marea y la pérdida de dunas.
- II. Factores de origen antropogénico. Las problemáticas causadas por actividades humanas que señalan los encuestados tienen su origen en diversas causas:
 - a) El uso de motos o cuatrimotos que han formado caminos dentro de las dunas.
 - b) La construcción de infraestructura, como viviendas y palapas, que implica la remoción de las dunas. Dicha actividad también impacta a la fauna asociada a este ecosistema, como en el caso de las tortugas, en donde las luces de las casas las desorientan en temporada de anidación.
 - c) Problemas asociados al turismo como la basura que dejan tirada en la playa y que se acumula en la zona de dunas, la remoción de vegetación y las fogatas en la playa. Como señaló una de las autoridades municipales: *“Si tenemos la curiosidad de caminar un día a la*

playa, un lunes después de que vienen de fin de semana (los turistas), se acumula la basura y todo (...) y, si en esa parte no hay vegetación, el viento lleva la basura a la duna”.

Las autoridades gubernamentales consideran que uno de los beneficios principales de las dunas, de hecho, el más mencionado y considerado como *“muy importante”* es el de protección contra eventos climáticos, como indicó una de las autoridades: *“las dunas sirven bastante, la duna protege siempre bastante (de los nortes), por eso hay que tratar de conservarla”.*

De acuerdo con el marco de clasificación de servicios ecosistémicos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), los entrevistados identificaron que las dunas costeras proveen de servicios de provisión, de regulación, culturales y de soporte:

- I. Servicios de provisión. Las autoridades señalaron los nombres de algunas plantas que sirven como alimento (uva de mar y tuna) o como medicina (riñonina).
- II. Servicios de regulación. Las autoridades indicaron que además de la protección contra eventos climáticos, la regeneración de la playa era un proceso importante a considerar.
- III. Servicios culturales. Las autoridades de Sisal expresaron que en las dunas se llevan a cabo diversas actividades culturales, como la observación de aves y algunas actividades recreativas para niños.
- IV. Servicios de soporte. Las autoridades indicaron que las dunas funcionan como hábitat para diversas especies, como *“zorritas, culebras, insectos y aves”*; aunado a que las dunas son zona de desove de tortugas marinas.

Las autoridades estatales entrevistadas indicaron que, dado que las dunas se encuentran dentro de zona federal, sí existe una Reglamentación para su conservación. También aclararon que la Institución encargada de ejecutar dicha Reglamentación es la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POETCY), la Ley de Zona Federal, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento. Por lo que, de

acuerdo con los resultados del análisis de las entrevistas, estos documentos conforman el marco regulatorio para el manejo del ecosistema de dunas, la construcción de infraestructura y la prestación de servicios turísticos. Sin embargo, las autoridades federales expresaron que aún con dicho marco regulatorio *“se ha observado una disminución en el área de las dunas costeras en los últimos años”*.

Respecto a las acciones de conservación local, se mencionó que las autoridades estatales se encargan del monitoreo de las Reservas Estatales colindantes con el puerto de Sisal con el fin de evitar la deforestación y la caza furtiva, incluyendo en estos recorridos de vigilancia para la zona de dunas.

Las autoridades municipales expresaron la necesidad de la creación de un reglamento de uso de las dunas *“para evitar lo que es las motos, todo eso que entran allá y destruyen en la playa y que es peligroso para los turistas”*. No obstante, otro entrevistado opinó que sí se debería permitir el uso de dichos vehículos, pero de forma organizada: *“si ya te vendieron un vehículo hay que buscar la manera de cómo adaptar en tiempos y formas (...), vamos a hacerlo organizado aquí, cuántos son los que pueden pasar, y cómo se va a hacer, y así, todos van a tener oportunidad de hacer lo que le gusta, sin impactar o impactar lo menos posible”*.

Al preguntarle a las autoridades estatales sobre en quién recae la responsabilidad del cuidado y protección de las dunas costeras, mencionaron que *“es la SEMARNAT la institución encargada de regular las autorizaciones de actividades que se realicen dentro de las dunas y, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) de ejecutar las sanciones”*. Asimismo, indicaron que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) es la Institución encargada de llevar a cabo proyectos de reforestación, los cuales deben ser presentados previamente ante la SEMARNAT, quien determinará si se autoriza o se modifica el proyecto.

En cuanto a su responsabilidad, el gobierno municipal afirmó que solamente es el encargado de la limpieza de las playas, mientras que las acciones de protección corresponden al gobierno federal. Sin embargo, al realizar la misma pregunta al gobierno

federal, las autoridades respondieron que la responsabilidad recae en los tres órdenes de gobierno (Federal, Estatal y Municipal). Además, agregaron que debe existir una coordinación del gobierno junto con instituciones académicas, de investigación y asociaciones civiles y siempre tomando en cuenta la opinión de la gente local.

En Sisal, el gobierno estatal, municipal y la Universidad Nacional Autónoma de México campus Sisal llevan a cabo campañas de limpieza de playas y de reforestación con el fin de conservar las dunas costeras. En dichas campañas han sido sembradas plantas como la uva de mar (*Coccoloba uvifera*) y la anacahuita (*Cordia sebestena*), como mencionó una de las autoridades estatales *“cuando hemos tomado una medida más de una reforestación, se han sembrado plantas que se han traído de algún vivero, pero son plantas que son compatibles con la duna, todo eso lo tratamos de sembrar para que la duna se conserve y poner algo que sepamos que otra vez va a crecer”*.

Otra estrategia de conservación es el establecimiento del campamento tortuguero; uno de los entrevistados se refirió a éste como *“una herramienta de educación ambiental, con la cual se instruye a la población para el cuidado y la preservación de las tortugas y del ambiente, así como de las actividades que tienen impacto negativo en la anidación de la especie”*.

Por otra parte, las autoridades federales indicaron que se han llevado a cabo obras de estabilización para la recuperación de playas a través de la construcción de espigones.

Ante la pregunta ¿se deberían incluir las dunas dentro de las Reservas El Palmar y Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán?, las autoridades municipales, expresaron la posibilidad de hacerlo, mencionando que *“se deben incluir, siempre y cuando haya cierto diálogo y se lleguen a acuerdos de por qué y para qué es importante que se conserven”*. Asimismo, se destacó la importancia de crear infraestructura para el turista, con el fin de que éstos delimiten su estancia en los lugares destinados para vacacionar y evitar el paso a zonas conservadas. Por otra parte, las autoridades federales opinaron que no es necesario que se incluyan en el polígono de la reserva, ya que las dunas son vigiladas y cuidadas a través del POETCY, por encontrarse en la zona de influencia.

7.4 Valoración económica de las dunas costeras

Con relación a la valoración económica de los beneficios generados por los servicios ecosistémicos provistos por las dunas costeras en Sisal, el 68% de los encuestados (n=146), respondieron afirmativamente a la pregunta de disponibilidad a pagar. De los 146 que están de acuerdo, 84 consideran que dicha cuota debe ser administrada por los mismos pobladores, 56 por una organización ambiental y solamente 29 por las autoridades. El 32% que respondió negativamente, es decir, que considera que no debe pagarse anualmente por los servicios ambientales que brindan las dunas costeras, señalaron que las principales razones son: 1) es un monto elevado y no poseen el dinero para pagarla, 2) mencionan que es responsabilidad del gobierno u otras personas como restauranteros o turistas y 3) por la existencia de la corrupción.

Con base en el modelo seleccionado, las variables significativas que se encontraron fueron el monto a pagar, el ingreso mensual, si el encuestado considera que se deben proteger las dunas y si lleva a cabo alguna actividad con el fin de conservarlas. Como se esperaba, se encontró que, mientras el monto en la pregunta de disponibilidad a pagar aumentaba, las respuestas afirmativas disminuían (Figura 8) y, mientras que el ingreso mensual percibido por el encuestado aumentaba, la disponibilidad a pagar también (Figura 9). Asimismo, se encontró que si el encuestado creía que se debían proteger las dunas y si llevaba a cabo alguna actividad con el fin de cuidarlas, era más probable a que respondiera afirmativamente a la pregunta de disponibilidad a pagar (Figuras 10 y 11).

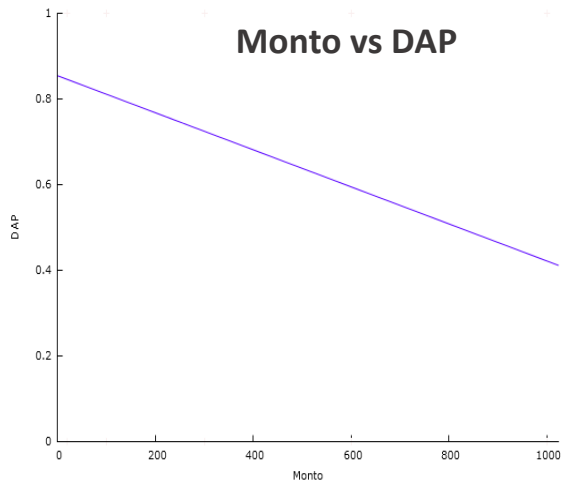


Figura 8. Relación entre el monto a pagar y la Disponibilidad a pagar (DAP).

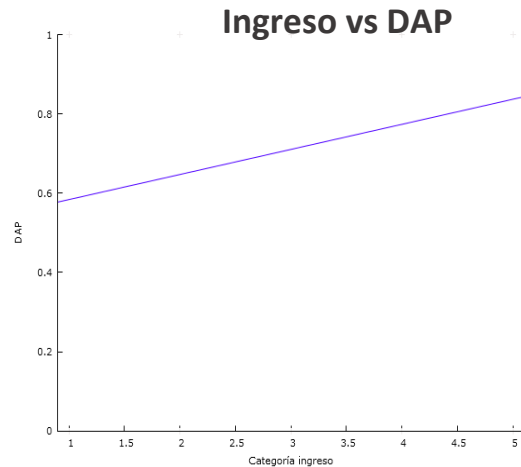


Figura 9. Relación entre el ingreso percibido por el encuestado y la Disponibilidad a pagar (DAP).



Figura 10. Relación entre si el encuestado cree que se deben proteger las dunas y la Disponibilidad a pagar (DAP).

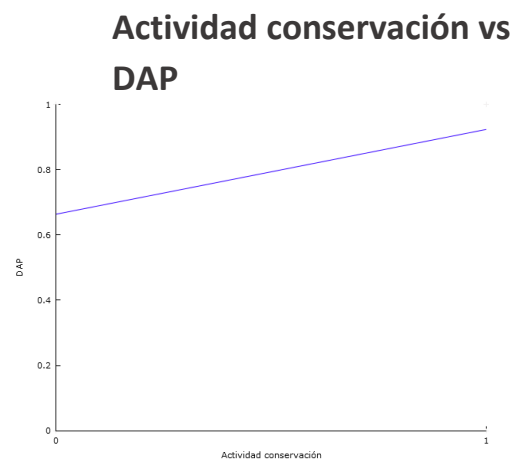


Figura 11. Relación entre si el encuestado lleva a cabo una actividad con el fin de cuidar las dunas y la Disponibilidad a pagar (DAP).

Se realizaron dos estimaciones de la disponibilidad a pagar, en la primera, para encontrar el modelo general, se utilizó la muestra completa (215 encuestas) y en la segunda se realizó por estratos de ingresos familiares.

El modelo seleccionado fue:

$$DAP = -3.417 - 0.002Mont + 0.405Ing + 0.424Probedun + 0.189Estcons + 0.146Benef + 0.0003ValorSE + 3.544Produn + 1.833Conservdun$$

Los resultados muestran que el valor no económico de los servicios ecosistémicos que proveen las dunas es la variable que tiene mayor peso para explicar la disponibilidad a pagar para la conservación de las dunas por parte de los habitantes de Sisal (Figura 12). Es decir, mientras más valoren los servicios ecosistémicos provistos por las dunas, la probabilidad de que los habitantes aporten una cuota para la conservación de las dunas aumenta en un 98%. Se encontró que las variables significativas al 99% fueron el monto de la disponibilidad a pagar, el ingreso y si los encuestados consideran que las dunas deben protegerse. La variable significativa al 90% fue si los encuestados realizan alguna actividad con el fin de conservar las dunas.

Para encontrar la disponibilidad a pagar se utilizó la siguiente fórmula:

$$DAP = - \frac{(-3.417 - 0.002Mont + 0.405Ing + 0.424Probedun + 0.189Estcons + 0.146Benef + 0.0003ValorSE + 3.544Produn + 1.833Conservdun)}{\beta}$$

Siendo DAP = disponibilidad a pagar
 β = coeficiente de la variable *Mont*

	Coefficiente	Desv. Típica	z	valor p	
const	-3.41735	1.47397	-2.318	0.0204	**
Mont	-0.00248499	0.000480380	-5.173	2.30e-07	***
Ing	0.405285	0.148031	2.738	0.0062	***
Probedun	0.423767	0.420569	1.008	0.3136	
Estcons	0.189273	0.273825	0.6912	0.4894	
Benef	0.146450	0.355474	0.4120	0.6804	
ValorSE	0.000327555	0.0166638	0.01966	0.9843	
Produn	3.54433	1.18071	3.002	0.0027	***
Conservdun	1.83356	1.09955	1.668	0.0954	*
Media de la vble. dep.	0.679070	D.T. de la vble. dep.	0.467923		
R-cuadrado de McFadden	0.198770	R-cuadrado corregido	0.132068		
Log-verosimilitud	-108.1077	Criterio de Akaike	234.2154		
Criterio de Schwarz	264.5512	Crit. de Hannan-Quinn	246.4725		

Número de casos 'correctamente predichos' = 164 (76.3%)
f(beta'x) en la media de las variables independientes = 0.201
Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(8) = 53.6391 [0.0000]

	Predicho			
	0	1		
Observado 0	33	36	***	variable significativa al 99%
1	15	131	**	variable significativa al 95%
			*	variable significativa al 90%

Figura 12. Resultados del modelo econométrico de la Disponibilidad a pagar.

Los resultados obtenidos de las estimaciones de disponibilidad a pagar considerando a toda la población de Sisal dieron como resultado una media de \$787.32 al año (\$65.61 mensual) por familia. Cabe señalar que el ingreso promedio mensual de los encuestados es de \$3111.62 por lo que la DAP representa un 2.10% de dicho ingreso.

Al realizar los análisis por estratos, los resultados de las estimaciones para el estrato bajo fueron obtenidos con una submuestra de 125 encuestas, encontrando que la media de la disponibilidad a pagar es de \$656.27 al año (\$54.68 mensual) por familia. El ingreso promedio mensual de los encuestados del estrato bajo es de \$1280 por lo que la disponibilidad a pagar representa un 4.27% de dicho ingreso. El modelo seleccionado para el estrato bajo fue:

$$DAP = 0.382 - 0.002Mont + 0.857Ing - 0.033Ed + 0.033Benef + 1.106Afedun + 1.229Conservdun$$

Para encontrar la disponibilidad a pagar del estrato bajo se utilizó la siguiente fórmula:

$$DAP = - \frac{(0.382 - 0.002Mont + 0.857Ing - 0.033Ed + 0.033Benef + 1.106Afedun + 1.229Conservdun)}{\beta}$$

Siendo DAP = disponibilidad a pagar
 β = coeficiente de la variable *Mont*

Los resultados muestran que los beneficios provistos por las dunas es la variable que tiene mayor peso para explicar la disponibilidad a pagar para la conservación de las dunas por parte de los habitantes que pertenecen al estrato bajo de Sisal (Figura 13). Es decir, si los encuestados identifican los beneficios provistos por las dunas, la probabilidad de que aporten una cuota para la conservación de las dunas aumenta en un 94%. Se encontró que la variable significativa al 99% fue el monto de la disponibilidad a pagar, mientras que las variables significativas al 95% fueron el ingreso, la edad y si los encuestados consideran que tendrían una afectación en caso de que las dunas desaparecieran.

	Coeficiente	Desv. Típica	z	valor p
const	0.382167	1.04847	0.3645	0.7155
Mont	-0.00195460	0.000612029	-3.194	0.0014 ***
Ing	0.856794	0.430497	1.990	0.0466 **
Ed	-0.0331398	0.0150808	-2.197	0.0280 **
Benef	0.0332972	0.441750	0.07538	0.9399
Afedun	1.10587	0.555018	1.993	0.0463 **
Conservdun	1.22853	1.16145	1.058	0.2902
Media de la vble. dep.	0.592000	D.T. de la vble. dep.	0.493441	
R-cuadrado de McFadden	0.175060	R-cuadrado corregido	0.092235	
Log-verosimilitud	-69.72003	Criterio de Akaike	153.4401	
Criterio de Schwarz	173.2383	Crit. de Hannan-Quinn	161.4830	
Número de casos 'correctamente predichos' = 85 (68.0%)				
f(beta'x) en la media de las variables independientes = 0.238				
Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(6) = 29.5905 [0.0000]				
	Predicho			
	0	1		
Observado 0	26	25		*** variable significativa al 99%
1	15	59		** variable significativa al 95%

Figura 13. Resultados del modelo econométrico de la Disponibilidad a pagar por parte del estrato bajo.

Para el estrato medio-alto la submuestra fue de 90 encuestas, la media de la disponibilidad a pagar es de \$1004.32 al año (\$83.69 mensual) por familia. El ingreso promedio mensual de los encuestados del estrato medio-alto es de \$5655.55 por lo que la disponibilidad a pagar representa un 1.47% de dicho ingreso. El modelo seleccionado para el estrato medio-alto fue:

$$DAP = -0.814 - 0.003Mont - 0.503Gen + 0.012Ed + 0.322Probedun + 2.957Produn$$

Para encontrar la disponibilidad a pagar del estrato medio-alto se utilizó la siguiente fórmula:

$$DAP = - \frac{(-0.814 - 0.003Mont - 0.503Gen + 0.012Ed + 0.322Probedun + 2.957Produn)}{\beta}$$

Siendo DAP = disponibilidad a pagar
 β = coeficiente de la variable *Mont*

Los resultados muestran que las problemáticas ambientales dentro de las dunas es la variable que tiene mayor peso para explicar la disponibilidad a pagar para la conservación de las dunas por parte de los habitantes que pertenecen al estrato medio-alto de Sisal (Figura 14). Es decir, si los encuestados identifican la existencia de problemáticas ambientales en las dunas, la probabilidad de que aporten una cuota para la conservación de las dunas aumenta en un 68%. Al igual que en los dos modelos anteriores, se encontró que la variable significativa en un 99% fue el monto de la disponibilidad a pagar, mientras que la variable significativa en un 95% fue y si los encuestados consideran que las dunas deben protegerse.

	Coeficiente	Desv. Típica	z	valor p	
const	-0.813650	1.78416	-0.4560	0.6484	
Mont	-0.00262404	0.000869012	-3.020	0.0025	***
Gen	-0.503425	0.663847	-0.7583	0.4482	
Ed	0.0119903	0.0212245	0.5649	0.5721	
Probedun	0.322471	0.770894	0.4183	0.6757	
Produn	2.95738	1.38987	2.128	0.0334	**
Media de la vble. dep.	0.800000	D.T. de la vble. dep.	0.402241		
R-cuadrado de McFadden	0.152542	R-cuadrado corregido	0.019316		
Log-verosimilitud	-38.16631	Criterio de Akaike	88.33261		
Criterio de Schwarz	103.3315	Crit. de Hannan-Quinn	94.38103		
Número de casos 'correctamente predichos' = 72 (80.0%)					
f(beta'x) en la media de las variables independientes = 0.134					
Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(5) = 13.7398 [0.0173]					
	Predicho				
	0	1			
Observado 0	2	16			*** variable significativa al 99%
1	2	70			

Figura 14. Resultados del modelo econométrico de la Disponibilidad a pagar por parte del estrato medio-alto.

Al analizar los resultados se utilizó la media como medida de tendencia central, encontrando así, que el valor de los servicios ecosistémicos provistos por las dunas a la población de Sisal es de \$787 anuales por familia. En el análisis por estratos de ingreso por familia el valor económico observado en el estrato bajo es de \$656 anuales, mientras que en el estrato alto es de \$1004 anuales (Tabla 6). Tomando en cuenta que en Sisal encontramos 413 viviendas habitadas permanentemente, se considera que el beneficio económico anual generado por los servicios ecosistémicos de las dunas costeras para las familias en Sisal es de \$325,031 (17,288.88 dólares) (1 dólar= 18.80 pesos mexicanos).

Tabla 6. Disponibilidad a pagar calculada para cada estrato.

Estrato	Rango de ingresos mensuales	Disponibilidad a pagar
General	Menos de \$1000 a más de \$7500	\$787
Bajo	Menos de \$1000 a \$2500	\$656
Medio-alto	Más de \$2500 a más de \$7500	\$1004

8. Discusión

La percepción de diversos servicios ecosistémicos por parte de los habitantes de Sisal implica el entendimiento de éstos basados en el conocimiento local (Lamarque *et al.*, 2011). El servicio de soporte de formación de suelo, que influye en el suministro de otros servicios ecosistémicos como los de provisión, no fue considerado importante por la población local ya que no es un tipo de servicio que sea utilizado de forma directa, dificultando así, su identificación. En contraste, el servicio de provisión de hábitat fue ampliamente identificado debido al desove anual de las tortugas marinas en la zona de dunas, actividad que ha sido aprovechada para la oferta de servicios ecoturísticos. Martín *et al.*, (2012) afirman que, a mayor nivel de educación formal, mayor percepción de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, los habitantes de Sisal con ningún tipo de educación fueron quienes dieron un valor más alto a los servicios ecosistémicos provistos por las dunas. Con respecto a la edad, Briceño *et al.* (2016) y Martín *et al.*, (2012) afirman que las personas con menor edad en general priorizan más los servicios culturales y de regulación, dicha afirmación coincide con lo encontrado en el presente trabajo.

Las autoridades municipales y estatales entrevistadas mencionaron que la responsabilidad del cuidado y protección de las dunas pertenece únicamente al gobierno federal, a través de instituciones como la SEMARNAT y PROFEPA. En contraste, las autoridades federales indicaron que dicha responsabilidad recae en los tres gobiernos. Cabe señalar que a partir de los años ochenta comenzó el desarrollo de la política ambiental mexicana, definiendo los ámbitos de responsabilidad pública en la solución de problemas ambientales (Micheli, 2002). En particular, en 1988, se decretó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en donde se asignaron las competencias de cada orden de gobierno (federal, estatal y municipal) (Diario Oficial de la Federación, 1988). En cuanto a las playas y dunas, éstas forman parte de la zona federal marítimo terrestre si se encuentran dentro de los primeros veinte metros de ancho contiguos a la costa. Siendo así que el Ejecutivo Federal, a través de la SEMARNAT, será el responsable de promover su uso

y aprovechamiento sustentable. Sin embargo, se podrán celebrar convenios con el objeto de que los gobiernos de los estados y los municipios administren, conserven y vigilen dichas áreas (Diario Oficial de la Federación, 2018a). De este modo, el gobierno del estado de Yucatán, a través del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY), publicó los criterios de uso de la “isla de barrera”. Algunos de estos criterios son la prohibición de construcción en los primeros 40 metros de la primera duna, el cuidado de su vegetación rastrera, su restauración de acuerdo a los lineamientos que emita la SEMARNAT utilizando vegetación rastrera y de matorral propio del lugar y la prohibición de extracción de arena y del acceso a vehículos en las dunas costeras (Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2007).

En cuanto a la regulación de las actividades que se llevan a cabo dentro de las dunas, las autoridades federales señalaron que existen diversos instrumentos como el POETCY, la Ley de Zona Federal, la LGEEPA y su Reglamento. Es importante mencionar que no existe una “Ley de Zona Federal”, sino el “Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar” (Diario Oficial de la Federación, 1991). Por otro lado, las autoridades municipales mencionaron desconocer la existencia de reglamentos en torno al uso de las dunas y, resaltaron la necesidad de la creación de un reglamento de uso para evitar la entrada de vehículos a la zona de playa y dunas. Sin embargo, existen otros instrumentos que regulan las actividades y obras dentro de las dunas costeras. A su vez, dichos instrumentos mencionan las atribuciones para cada nivel de gobierno, resaltando que la responsabilidad no solo recae en el gobierno federal, sino también en el estatal y municipal:

- LGEEPA (Diario Oficial de la Federación, 2018b): a nivel FEDERAL se establece la evaluación de impacto ambiental para el cambio de uso de suelo de desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros. Al nivel ESTATAL se le atribuye el establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas, la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos no

peligrosos, etc. Al nivel MUNICIPAL se le asigna la formulación y expedición de los programas de ordenamiento ecológico local del territorio.

- Ley General de Vida Silvestre (Diario Oficial de la Federación, 2018c): a nivel FEDERAL se debe establecer el reglamento de la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.
- Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar (Diario Oficial de la Federación, 1991): el gobierno FEDERAL es el encargado de la delimitación de uso, desarrollo, administración, control y vigilancia de las playas, etc.
- Ley General de Asentamientos Humanos (Diario Oficial de la Federación, 2016): las autoridades ESTATALES son las encargadas de la formulación, aprobación y administración del programa estatal de desarrollo urbano, así como de evaluar y vigilar su cumplimiento. Mientras que, a nivel MUNICIPAL, las autoridades deben regular, controlar y vigilar las reservas, usos y destinos de áreas y predios en los centros de población.

Asimismo, en 2013 la SEMARNAT publicó el manual “Manejo de Ecosistemas de Dunas Costeras, Criterios Ecológicos y Estrategias”, donde se exponen los lineamientos para regular las obras y actividades en dunas costeras, indicando también la atribución de cada orden de gobierno. En él, señala al gobierno municipal como el responsable de la expedición de un reglamento de operación en las dunas donde se debe definir el tipo de vehículos que pueden transitarlas, los caminos a los que deberá restringirse el tráfico, así como implementar un plan de restauración de las zonas afectadas por el tránsito.

Cabe señalar que la aplicación de los reglamentos de protección del ambiente en las dunas costeras de Sisal, Yucatán ha sido muy deficiente debido principalmente a fallas de comunicación vertical entre la federación, el estado y los municipios, y la confusión de jerarquías para llevar a cabo las estrategias de los diferentes instrumentos de planeación (Bravo *et al.*, 2007). Dichos factores se hacen evidentes en el presente estudio al encontrarse diferencias en las opiniones sobre las responsabilidades de los tres órdenes de

gobierno. Asimismo, es de notar que, aunque algunas autoridades conocen Reglamentos en torno a las dunas, la mayor parte de ellas los desconocen, así como sus atribuciones, situaciones que contribuyen al deterioro ambiental de las dunas costeras de Sisal.

En cuanto a la valoración económica, en el presente trabajo se encontró que la mayoría de los encuestados (68%) estarían dispuestos a aportar una cuota anual para la protección y restauración de las dunas. Dicho resultado concuerda con lo obtenido por diversos autores. Por ejemplo, Pertúz (2018) utilizando el método de valoración contingente, encontró que el 75% de los encuestados estarían dispuestos a realizar un pago para un fondo de protección de la playa en Colombia. Mientras que, en el estudio de Bautista *et al.*, (2011) el 78.5% de los encuestados donarían recursos económicos para realizar actividades que tengan como objetivo prevenir o remediar los problemas ambientales en Yucatán. Dichos resultados implican que los pobladores de Sisal valoran los ecosistemas de dunas costeras. El 32% restante que se niegan a dar una aportación anual para el cuidado de las dunas coinciden con lo señalado por Pertúz (2018) sobre algunos encuestados que responsabilizan al gobierno de la conservación de la playa, mientras que otros indicaron que sus bajos ingresos no les permiten realizar donaciones. Asimismo, en el estudio de Berroterán y González (2010), en las costas de Venezuela, se encontró que los encuestados opinaron que las autoridades son las responsables de la calidad paisajística.

Sobre la administración de la cuota recaudada, la mayoría de los encuestados opinó que debe ser administrada por la misma población, una porción menor de encuestados sugiere que debe ser realizada por una organización ambiental y en último lugar, por autoridades. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Guerra (2014), quien encontró que los encuestados prefieren que las organizaciones no gubernamentales sean quienes administren las cuotas para la conservación y restauración de una playa en Colombia. Y contrastan con lo expuesto por Bautista *et al.* (2011), debido a que los encuestados indicaron que dichas aportaciones las deberían recibir y regular las autoridades gubernamentales. Dicho contraste de opinión podría deberse a las características sociales de cada sitio de estudio y la relación existente entre autoridades-pobladores.

En el análisis del valor económico de los servicios ecosistémicos por estratos de ingreso, el valor económico que señala el estrato bajo fue de \$656 (34.89 dólares) anuales por familia, mientras que en el estrato medio-alto fue de \$1004 (53.40 dólares) anuales por familia. Dichos resultados concuerdan con lo obtenido por Rojas (2010), quien al estimar el valor económico de los servicios ecosistémicos hídricos que brinda la Cuenca Cuitzmala encontró que el valor económico asignado por el estrato medio-bajo (\$82.68 anuales por familia) fue casi tres veces menor al asignado por el estrato alto (\$241.32 anuales por familia). Cabe señalar que los resultados obtenidos indican que en Sisal los pobladores del estrato alto asignan un valor mayor que el estrato bajo.

A través del método “Valoración contingente”, se encontró que el beneficio económico anual generado por los servicios ecosistémicos de las dunas costeras para las familias en Sisal es de \$325,031 (17,288.88 dólares). Este resultado podría indicar que los habitantes de Sisal identifican los beneficios obtenidos por las dunas y que podrían estar interesados en su conservación. Mendoza-González *et al.* (2012) al estudiar las dunas de tres localidades de Veracruz por métodos directos de mercado (renta de vehículos 4x4 y construcción de estructuras artificiales de protección) encontraron un valor económico de 80,459 dólares/ha/año. Mientras que Vázquez-González *et al.* (2016), estimaron que para la planicie costera central de Veracruz el valor económico de las dunas es de 18,168 dólares/ha/año. Dichos autores utilizaron también un método directo de mercado (extracción y aprovechamiento de maderas), así como el método de transferencia de beneficios (costo de restaurar el ecosistema). De la Lanza *et al.* (2013), buscando la importancia relativa de cada servicio ecosistémico y multiplicando por el valor monetario asignado a una unidad de superficie por unidad y tiempo, encontraron un valor económico para las dunas costeras de Baja California Sur de 299,156 dólares (2003)/unidad de área/año, para las dunas de Sinaloa un valor de 14,838 dólares (2003)/unidad de área/año, y para Nayarit, un valor de 3,760.5 dólares (2003)/unidad de área/año.

Las diferencias entre el valor económico obtenido en el presente trabajo y los estimados por otros autores, puede estar relacionado con la metodología utilizada, los servicios ecosistémicos evaluados, así como por las diferencias sociales, económicas y ambientales

entre cada área de estudio. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que la valoración económica, aunque tiene como objetivo cuantificar los beneficios derivados de los servicios ecosistémicos, no arroja el monto a pagar por dichos servicios, sino que sirve para establecer un rango de montos a pagar y como instrumento en la toma de decisiones (Rojas, 2010). Asimismo, los resultados obtenidos sólo son aplicables a nivel local ya que el valor económico de los servicios ecosistémicos de un sitio diferirá de otros dependiendo de las condiciones socioeconómicas de cada población (Brander *et al.*, 2006). A nivel práctico, los resultados obtenidos a través de la valoración contingente pueden tener implicaciones en la política pública (Ramajo-Hernández y del Saz-Salazar, 2012). Los resultados obtenidos pueden servir como referente para el desarrollo de instrumentos económicos que tengan como objetivo promover el cumplimiento del marco normativo de las dunas costeras. Lo anterior se podría llevar a cabo a través de la entrega de incentivos a quien realice acciones para la protección, conservación o restauración de las dunas, así como el establecimiento de sanciones para quienes dañen el ambiente, hagan un uso indebido de recursos naturales o alteren el ecosistema. Asimismo, a través de los instrumentos señalados previamente, se podría realizar una zonificación de protección y uso, dado el estado de conservación de cada zona de dunas. Dicha zonificación podría incluirse dentro de los programas de manejo de las Reservas existentes que colindan con el área de estudio.

9. Conclusiones

- Para los habitantes de Sisal las principales problemáticas ambientales son la basura, la erosión de playa y la construcción de casas e infraestructura y las causantes del deterioro de las dunas son el uso de cuatrimotos sobre las dunas, la construcción de casas y el pisoteo ocasionado por la visita de turistas.
- Los pobladores de Sisal reconocieron la importancia del ecosistema de dunas costeras en la protección contra eventos climáticos extremos e indicaron que los servicios ecosistémicos principales de las dunas costeras son la protección contra tormentas, sus valores estéticos y su función como almacén de arena.
- Las autoridades identificaron dos tipos de problemáticas que vulneran el ecosistema de dunas costeras, siendo estas de origen natural (eventos climáticos) y antropogénico (uso de motos, construcción de infraestructura y problemas asociados al turismo).
- Las autoridades señalaron que el principal beneficio que proveen las dunas es el de protección contra tormentas. Asimismo, fueron mencionados diversos servicios ecosistémicos como la provisión de plantas medicinales, regeneración de playa, hábitat de diversas especies y servicios culturales.
- Los pobladores de Sisal es su mayoría (68%) están dispuestos a pagar por los beneficios generados por los servicios ecosistémicos provistos por las dunas costeras, mientras que el resto (32%) expresaron que el monto es elevado y no poseen el dinero para pagarla, asimismo señalaron que es responsabilidad del gobierno u otras personas, incluyendo restauranteros o turistas, realizar dichos pagos, así como por los problemas de corrupción que impera en todos los órdenes de gobierno.
- Con base en el modelo seleccionado, las variables significativas para estimar la disponibilidad a pagar fueron el monto a pagar, el ingreso mensual, si el

encuestado considera que se deben proteger las dunas y si lleva a cabo alguna actividad con el fin de conservarlas.

- El valor de los servicios ecosistémicos provistos por las dunas costeras a la población de Sisal es de aproximadamente \$787 anuales por familia.
- En el análisis por estratos de ingreso, el valor económico observado en el estrato bajo es de \$656 anuales por familia, mientras que en el estrato alto es de \$1004 anuales por familia.
- El beneficio económico anual generado por los servicios ecosistémicos de las dunas costeras para las familias en Sisal es de \$325,031.

10. Perspectivas

Los resultados de este estudio permiten reconocer la importancia que tiene para los pobladores del puerto de Sisal el ecosistema de dunas costeras y, desde su punto de vista, la problemática que enfrenta. Del mismo modo, posibilita identificar las deficiencias que diferentes autoridades tienen sobre los servicios ecosistémicos y los instrumentos legales que norman las acciones sobre las dunas costeras. Por ello, se sugiere que el diseño de un plan de manejo de la zona costera considere estos resultados e incluya datos sobre la percepción y valoración por parte de turistas veraniegos y de segunda residencia. En cuanto a la valoración de los servicios ecosistémicos provistos por las dunas, los resultados obtenidos pueden servir como referente para el desarrollo de instrumentos económicos que tengan como objetivo promover el cumplimiento del marco normativo de las dunas costeras. Lo anterior se podría llevar a cabo a través de la entrega de incentivos a quien realice acciones para la protección, conservación o restauración de las dunas, así como el establecimiento de sanciones para quienes dañen el ambiente, hagan un uso indebido de recursos naturales o alteren el ecosistema. Finalmente, se propone realizar talleres y actividades de educación ambiental en donde participe la población junto con los tres órdenes de gobierno, las escuelas: jardín de niños “Juana Figueroa”, primaria “Amado Nervo”, secundaria “Escuela Secundaria No. 97”, la preparatoria “Telebachillerato Comunitario de Sisal” y la Universidad Nacional Autónoma de México; y asociaciones ambientales. Lo anterior con el fin de que todos los actores reconozcan la importancia de las dunas y se definan en conjunto acciones a seguir con el fin de conservar los ecosistemas.

11. Referencias

- Alcaraz F., Garre M., Sánchez P. (1985). Catálogo de la flora cormofítica de los sistemas de dunas litorales comprendidos entre Santa Pola y Calblanque (SE de España). *Anales de Biología*, 6: 79-87.
- Arreguín-Sánchez F., Arcos-Huitrón E. (2011). La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* 21 (3): 431-462.
- Azqueta D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill, Madrid.
- Azqueta D., Alviar M., Domínguez L., O’Ryan R. (2007). Introducción a la economía ambiental. MacGraw-Hill, Madrid.
- Azuz-Adeath I., Rivera-Arriaga E. (2009). Descripción de la dinámica poblacional en la zona costera mexicana durante el periodo 2000-2005. *Papeles de población*, 15: 75-107.
- Balvanera P. (2012). Ecosystem services supplied by tropical forests. *Ecosistemas* 21 (1-2): 136-147
- Barbier E. B., Hacker S. D., Kennedy C., Koch E. W., Stier A. C., Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs* 81: 169–193.
- Barbier E.B., Koch E.W., Silliman B.R., Hacker S.D., Wolanski E., Primavera J., Granek E.F., Polasky S., Aswani S., Cramer L.A., Stoms D.M., Kennedy C.J., Bael D., Kappel C.V., Perillo G.M., Reed D.J. (2008). Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science* 319: 321-323.
- Barzev R. (2002). Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Corredor biológico mesoamericano. Serie técnica núm. 4. Managua, Nicaragua. 149 p
- Bautista F., Balancán-Zapata A., Navarro-Alberto J., Bocco G. (2011). Percepción social de los problemas ambientales en Yucatán, México. Una visión desde la Geografía. *Teoría y Praxis* 9: 33-54.
- Benavides A. (2014). Estrategias para la protección del patrimonio cultural y natural de la Península de Yucatán, ante el avance de los desarrollos turísticos Premium. Tesis de doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Berroterán M. y González Y. (2010). Valoración económica del paisaje para la gestión sostenible del área de playa Puerto Viejo, Municipio Gómez, Estado Nueva Esparta, Venezuela. *Gestión turística* 13: 63-91.
- Botello A., Villanueva-Fragoso S. (2011). Introducción. En Botello A., Villanueva-Fragoso S., Gutiérrez J., Rojas J. (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el

cambio climático. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 754 pp.

- Braat L., de Groot R. (2012). The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem services* 1, issue 1, 4-15.
- Brander L., Florax R., Vermaat J. (2006). The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and meta-analysis of the literature. *Environmental & Resource Economics* 33: 223-250.
- Bravo L., Espejel I., Fermán J., Ahumada B., Leyva C., Bocco G., Imelda R. (2007). Evaluación ambiental estratégica, propuesta para fortalecer la aplicación del ordenamiento ecológico. Caso de estudio “La región Mar de Cortés”. *Gestión y Política Pública* 16: 147-170.
- Briceño J., Iñiguez V., Ravera F. (2016). Factores que influyen en la percepción de servicios de los ecosistemas de los bosques secos del sur del Ecuador. *Ecosistemas* 25: 46-58.
- Capurro L., Franco J., Castillo V. (2016). Debilidad científica y problemas de sostenibilidad en Yucatán. Fecha de consulta: abril 2016. Disponible en: <http://ciencias.jornada.com.mx/investigacion/ciencias-de-la-tierra/investigacion/debilidad-cientifica-y-problemas-de-sostenibilidad-en-yucatan>
- Cárdenas J., Castañeda J., Castillo D., Laverde C., Pereira M., Rodríguez L. (2013). Métodos complementarios para la valoración de la biodiversidad: una aproximación interdisciplinaria. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Universidad de los Andes. 168 pp.
- Cisneros G. (2012). Dotación de infraestructura básica y lotificación para un desarrollo inmobiliario turístico en Sisal, Hunucmá
- Clark J. (1996). *Coastal zone management handbook*. CRC Lewis Publishers, Nueva York.
- Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas. (2015). Política nacional de mares y costas de México: gestión integral de las regiones más dinámicas del territorio nacional. Fecha de consulta: abril 2018. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/pdf/A4_PNMC_actualizada_dic2015.pdf
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2017). Servicio Meteorológico Nacional, Normales Climatológicas. Fecha de consulta: diciembre 2017. Disponible en: <http://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=yuc>
- Constanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Naeem S., Limburg K., Paruelo J., O'Neill R.V., Raskin R., Sutton P., van den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253–260.
- Cristeche E., Penna J. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 55 pp.

- Cuevas M., Garrido A., Pérez J., Irujo D. (2010). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. En Cotler (coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. México. pp 96-103.
- Davy B., Breton Y. (2008). Descentralización y desarrollo sustentable: vinculación entre investigaciones y políticas públicas. En: Fraga J., Villalobos G., Dayon S., García A. (Coord), Descentralización y manejo ambiental, Gobernanza costera en México. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- De Groot R. (1987). Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *The Environmentalist* 7: 105–109.
- De Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Constanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem services* 1: 50-61.
- De Groot R., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemen L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7: 260-272
- 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: 393-408.
- De la Lanza G., Ruiz A., Fuentes P., Camacho V., Blanco M., Zamorano P., López A., Robles E., Ortiz M., Penié I., Arroyo R. (2013). Propuesta metodológica para la valoración económica en sistemas costeros de México. *Investigación Ambiental* 5(1): 7-32.
- De la Lanza G. (2004). Gran escenario de la zona costera y oceánica de México. *Ciencias* 76: 4-13.
- Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán. (2010). Decreto que establece el Área Natural Protegida denominada Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. Fecha de consulta: diciembre 2017. Disponible en: http://www.seduma.yucatan.gob.mx/areas-naturales/documentos/decreto_cienagas.pdf
- Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán. (2007). Decreto por el que se formula y expide el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán. Fecha de consulta: diciembre 2018. Disponible en: <http://www.bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx/documentos/index.php?IdOrdenamiento=6&IdUga=&Tipo=Ordenamiento#>
- Diario Oficial de la Federación. (2018a). Ley General de Bienes Nacionales. Fecha de consulta: diciembre 2018. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267_190118.pdf

- Diario Oficial de la Federación. (2018b). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Fecha de consulta: octubre 2018. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (2018c). Ley General de Vida Silvestre. Fecha de consulta: octubre 2018. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_190118.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (2016). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Fecha de consulta: octubre 2018. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_281116.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (2000). Decreto que establece el Área Natural Protegida la región denominada Ría Lagartos. Fecha de consulta: septiembre 2018. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2064037&fecha=31/12/1969
- Diario Oficial de la Federación. (1999). Decreto que establece el Área Natural Protegida la región denominada Ría Celestún. Fecha de consulta: septiembre 2018. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4949385&fecha=07/06/1999
- Diario Oficial de la Federación. (1991). Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar. Fecha de consulta: octubre 2018. Disponible en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3668/1/reglamento__zofemat.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Fecha de consulta: octubre 2018. Disponible en: http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/mexico/mexico_1988.pdf
- Durán R., Torres W., Espejel I. (2010). La vegetación de la duna costera del estado de Yucatán. En: Durán R., Méndez M. y Arellano J. (Eds.), *Diversidad biológica y desarrollo humano en Yucatán*. CICY, SEDUMA, PNUD, CONABIO.
- Espejel I. (1984). La vegetación de dunas costeras de la península de Yucatán. *Biótica* 9: 183-201
- Everard M., Jones L., Watts B. (2010). Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20: 476-487.
- Fernández L. (2006). ¿Cómo analizar datos cualitativos? *Butlletí LaRecerca* 7: 1-13.
- Fernández M. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*. 15(43): 179-202.
- Finkl C., Makowski C. (2015). *Environmental Management and Governance, Advances in Coastal and Marine Resources*. Springer. 472 pp.
- Fischer J., Gardner T., Bennett E., Balvanera P., Biggs R., Carpenter S., Daw T., Folke C., Hill R., Hughes T., Luthe T., Maass M., Meacham M., Norström A., Peterson G., Queiroz

- C., Seppelt R., Spierenburg M., Tenhunen J. (2015). Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 144-149.
- Flor G. (1990). Tipología de dunas eólicas. Procesos de erosión – sedimentación costera y evolución litoral de la Provincia de Huelva (Golfo de Cádiz Occidental, sur de España). *Estudios geológicos*, 46: 99-109.
 - Folke C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16: 253-267.
 - García de Fuentes A., Xool M., Euán J., Munguía A, Cervera M. (2011). La costa de Yucatán en la perspectiva del desarrollo turístico. Serie Conocimientos 9. CONABIO
 - Gómez-Baggethun E., de Groot R., Lomas P., Montes C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payments schemes. *Ecological Economics* 69: 1209-1218.
 - Guerra L. (2014). Valoración de servicios ecosistémicos de playas en San Andrés Isla, Caribe suroccidental. *Cuadernos del Caribe* 17: 37-49.
 - Guadarrama-Chávez P., Ramos-Zapata J., Salinas-Peba L., Hernández-Cuevas L., Castillo-Argüero S. (2012). La vegetación de dunas costeras y su interacción micorrícica en Sisal, Yucatán: una propuesta de restauración. En: Sánchez A.J., Chiappa-Carrara X., Brito R. (Eds.), *Recursos Costeros del Sureste de México*, UNACAR Cd. Del Carmen, Campeche, Fondo Mixto Conacyt-Gobierno del Estado de Yucatán, Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Académica Sisal. Pp. 159-181.
 - Herrera-Silveira J., Comín F., Capurro L. (2004). Los usos y abusos de la zona costera en la Península de Yucatán. En: Rivera E., Villalobos G., Azuz I., Rosado F. (Eds.), *El manejo costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 pp.
 - Hesp P., Walker I., (2013). Coastal Dunes. En: J.F. John F. Shroder (Editor), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press., San Diego, pp. 328-355.
 - Kates R., Clark W., Corell R., Hall J., Jaeger C., Loewe I., McCarthy J., Schellnhuber H., Bolin B., Dickson N. Faucheux S., Gallopin G., Grübler A., Huntley B., Jäger J., Jodha N., Kaspersen R., Mabogunje A., Matson P., Mooney H., Moore B., ORiordan T., Svedin U. (2001). *Sustainability Science*. *Science* 292: 641-642.
 - Labandeira X., León C., Vázquez M. (2007). *Economía ambiental*. Pearson Educación, Madrid.
 - Lamarque P., Tappeiner U., Turner C., Steinbacher M., Bardgett R., Szukics U., Schermer M., Lavorel S. (2011). *Regional Environmental Change* 11: 791-804.
 - Lara-Lara J., Arreola J., Calderón L., Camacho V., De La Lanza G., Escofet A., Espejel M., Guzmán M., Ladah L., López M., Meling A., Moreno-Casasola P., Reyes H., Ríos E.,

- Zertuche J. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En Soberón J., Halffter G., y Llorente J. (Eds.), *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 109-134). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Lárez J., Carrero A., García M. (2004). Las zonas costeras de Venezuela: Una aproximación a su definición conceptual y a sus principales problemas ambientales. *Revista de investigación* 56: 143-166.
 - Levin S., Xepapadeas T., Crépin A., Norberg J., De Zeeuw A., Folke C., Hughes T., Arrow K., Barrett S., Daily G., Ehrlich P., Kautsky N., Mäler K., Polasky S., Troell M., Vincent J., Walker B. (2012). Social-ecological systems as complex adaptive systems: modeling and policy implications. *Environment and Development Economics* 18: 111-132.
 - Ley C., Gallego J., Vidal C. (2007). *Manual de restauración de dunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas. Gobierno de España
 - Leyva C. (2007). La percepción social un camino para la divulgación de las ciencias ambientales. Fecha de consulta: enero 2018. Disponible en: http://www.dgdc.unam.mx/cienciapublica/Assets/pdfs/ponencia_leyva.pdf
 - Lithgow D., Martínez M., Gallego-Fernández J.B. (2015). The “ReDune index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration. *Ecological Indicators* 49: 178-187.
 - Lithgow D., Martínez M.L., Gallego-Fernández J.B., Hesp P.A., Gachuz S., Rodríguez-Revelo N., Flores P., Jiménez-Orocio O., Mendoza-González G., Álvarez-Molina L.L. (2013). Linking restoration ecology with coastal dune restoration. *Geomorphology* 199: 214-224.
 - Maass M. (2007). El manejo sustentable de socioecosistemas. En J. L. Calva (coord.), *Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable*, Tomo 14 de la colección *Análisis Estratégico para el Desarrollo*, Juan Pablos Editor-Consejo Nacional de Universitarios, México. Pp. 267-290.
 - Martín B., Iniesta-Arandia I., García-Llorente M., Palomo I., Casado-Arzuaga I., García del Amo D., Gómez-Baggethun E., Oteros-Rozas E., Palacios-Agundez I., Willaarts B., González J., Santos-Martín F., Onaindia M., López-Santiago C., Montes C. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS ONE* 7.
 - Martín-López B., González J.A., Vilardy S.P., Montes C., García-Llorente M., Palomo I., Aguado M. (2013). *Ciencias de la Sostenibilidad: Guía Docente*. Instituto Humboldt, Universidad del Magdalena, Universidad Autónoma de Madrid. Bogotá, Madrid.
 - Martínez M. (2014). Taller de playas y dunas costeras: Patrones y procesos para su conservación y manejo. Fecha de consulta: abril 2016. Disponible en: <http://www.iingen.unam.mx/es->

mx/BancoDeInformacion/MemoriasdeEventos/Tallerdeplayasydunascosteras/dia5diagnosticonunasmexico.pdf

- Martínez M., Moreno-Casasola P., Espejel I., Jiménez-Orocio O., Infante D., Rodríguez R. (2014). Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. 350 pp.
- Martínez M.L., Gallego-Fernández J.B., Hesp P. (Eds.) (2013). Coastal dune restoration. Springer Series on Environmental Management (SSEM). 347pp.
- Martínez M.L., Intralawan A., Vazquez G., Perez-Maqueo O., Sutton P., Landgrave R. (2007). The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics* 63, issue 2-3, 254-272.
- Mendoza-González G. (2009). Análisis de cambio de uso de suelo y sus implicaciones en la prestación de servicios ecosistémicos en la costa de Veracruz. Tesis de maestría en el Instituto de Ecología, A.C.
- Mendoza-González G., Martínez M., Lithgow D., Pérez-Maqueo 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.
- Micheli J. (2002). Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y sociedad*. Vol 14, núm. 23.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Washington, DC: World Bank.
- Miller T., Gornish E., Buckley H. (2010). Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery and succession. *Plantecology* 206: 97-104.
- Molina C., Rubinoff P., Carranza J. (1998). Normas prácticas para el desarrollo turístico de la zona costera de Quintana Roo, México. Programa de Manejo Integrado de los Recursos Costeros en Quintana Roo, México.
- Moreno-Casasola P. (2004). Las playas y dunas del golfo de México. Una visión de la situación actual. En: Caso M., Pisanty I., Ezcurra E. (ed.) *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología, A.C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 84 pp.
- Moreno-Casasola P., Infante D., Espejel I., Jiménez-Orocio O., Martínez M., Rodríguez-Revelo N., Monroy R. (2014). Diagnóstico de las dunas costeras de México. En Martínez M., Moreno-Casasola P., Espejel I., Jiménez-Orocio O., Infante D., Rodríguez-Revelo N. (ed.). CONAFOR. 350 pp.
- Moreno-Casasola P., Travieso-Bello A. (2006). Las playas y dunas. En: P. Moreno-Casasola (ed.). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A. C., Xalapa, pp. 205–220

- Moreno-Casasola P., Peresbarbosa E., Travieso A. (2006). Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología, A.C. – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. México. Volumen I.
- Nordstrom K. (2008). Beach and dune restoration. UK: Cambridge University Press.
- Nordstrom K. (2000). Beaches and Dunes on Developed Coasts. UK: Cambridge University Press.
- Novoa Z. (2011). Valoración económica del patrimonio natural: Las áreas naturales protegidas. Espacio y Desarrollo 23: 131-154.
- Ostrom E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. Science 325: 419-422.
- Palomo I., Martín-López B., López C., Montes C. (2012). El sistema socio-ecológico de Doñana ante el cambio global: Planificación de escenarios de Eco-futuros. Fundación González Bernáldez, Madrid. España
- Paré L., Fraga J. (1994). La costa de Yucatán: desarrollo y vulnerabilidad ambiental. Cuadernos de Investigación, Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Peduzzi P., Chatenoux B., Dao H., De Bono A., Herold C., Kossin J., Mouton F., Nordbeck O. (2012). Global trends in tropical cyclone risk. Nature Climate Change 2: 289-294.
- Pertúz A. (2018). Valoración de servicios ecosistémicos en tres playas turísticas del Departamento del Atlántico para la generación de estrategias de gestión que contribuyan a su preservación. Tesis de licenciatura en la Universidad de la Costa – CUC.
- Psuty N. (2004). The coastal foredune: a morphological basis for regional coastal dune development. En: M.L. Martínez, Psuty, N.P. and R.A. Lubke (Editor), Coastal dunes, ecology and conservation. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, pp. 11-27.
- Quétier F., Tapella E., Conti G., Cáceres D., Díaz S. (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. Gaceta Ecológica: 84-85.
- Quijas S., Schmid B., Balvanera P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. Basic and Applied Ecology, 11:582–593.
- Ramajo-Hernández J., del Saz-Salazar S. (2012). Estimating the non-market benefits of water quality improvement for a case study in Spain: A contingent valuation approach. Environmental Science & Policy 22: 47-59.
- Riera P. (1994). Manual de Valoración Contingente. Fecha de consulta: diciembre 2017. Disponible en: https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/0/35060/Manual_Evaluacion_Contingente.pdf
- Rincón-Ruiz A., Echeverry-Duque M., Piñeros A. M., Tapia C. H., David A., Arias-Arévalo, P., Zuluaga, P. A. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y los servicios

- ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia, 151 pp.
- Rojas E. (2010). Valoración contingente del servicio ecosistémico del agua en la Cuenca Cuitzmala, Jalisco. Tesis de licenciatura en la Universidad Nacional Autónoma de México.
 - SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (2013). Unidad de Microrregiones. Fecha de consulta: diciembre 2017. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=pdzp&ent=31&mun=038>
 - SEDUMA. (Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente). (2018). Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Yucatán. Fecha de consulta: abril 2018. Disponible en: <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/areas-naturales/sanpy.php>
 - SEMAR. (Secretaría de Marina). (2013). El Sisal, Yucatán. Fecha de consulta: diciembre 2017. Disponible en: <http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioSisal.pdf>
 - SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). Manejo de Ecosistemas de Dunas Costeras, Criterios Ecológicos y Estrategias. Fecha de consulta: mayo 2016. Disponible en: http://webfc.ens.uabc.mx/documentos/pdf/Manejo_de_ecosistemas.pdf
 - SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2001). Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales. Fecha de consulta: diciembre 2017. Disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/areas_naturales_vol.2.pdf
 - Stolk M., Verweij P., Stuij M., Baker C., Oosterberg W. (2006). Valoración socioeconómica de los humedales en América Latina y el Caribe. Wetlands International. Los Países Bajos.
 - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas, Fondo Mundial para la Naturaleza. (1991). Caring for the Earth: a Strategy for Sustainable Living. Gland, Switzerland: IUCN
 - 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 en la Universidad Nacional Autónoma de México.
 - Vázquez-González C., Moreno-Casasola P., Espejel I., Escamilla-Pérez B., Díaz S., Peralta L. (2016). Valor económico de los ecosistemas. En: Moreno-Casasola (ed). Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques costeros de Veracruz. INECOL – ITTO – CONAFOR – INECC. 360 pp.
 - Verón S., Jobbágy E., Gasparri I., Kandus P., Easdale M., Bilenca D., Murillo N., Beltrán J., Cisneros J., Lottici V., Manchado J., Orúe E., Thompson J. (2011). Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Capítulo 29. Ediciones INTA. República Argentina, pp. 661-669.

- Westman W. (1977). How much are nature's services worth. *Science* 197: 960-964.
- Yáñez-Arancibia, A. (2010). Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera. Instituto de Ecología A.C. Inecol, Texas Sea Grant Program Houston, INE-Semarnat, México DF. 180 pp.

12. Apéndices

12.1 Formato de las encuestas

Encuesta de servicios ambientales de las dunas costeras

Fecha: _____ No. de encuesta: _____ Encuestador: _____

1. ¿Sabe usted qué es una duna? En caso de que la respuesta sea negativa, explicar que las dunas son las acumulaciones de arena que tienen plantas y que están cerca de la playa.

2. ¿Considera usted que existe alguna problemática en las zonas con dunas? Si () No ()
¿Cuál?

3. En caso de ser afirmativa la respuesta, ¿cuándo comenzó dicha problemática?

1-10 años ()

21-30 años ()

11-20 años ()

Más de 30 años ()

4. De las siguientes actividades, ¿cuáles ha visto que se realizan en las dunas? ¿Cree que estas actividades las afectan? Indicar del 1 al 5 qué tan alta es la afectación, siendo 0 nula afectación y 5 alta afectación.

Actividades	Si/No	Valor
Uso de motos dentro de las dunas		
Plantación de especies no nativas		
Construcción de casas		
Visita de turistas		
Campamento tortuguero		
Renta de palapas junto al muelle		
Picnic en la playa		
Otro:		

5. ¿Quiénes o qué grupos se benefician de estas actividades?

Actividades	Pobladores	Autoridades	Turistas	Otros
Uso de motos dentro de las dunas				
Plantación de especies no nativas				
Construcción de casas sobre la duna				
Visita de turistas				
Campamento Tortuguero				
Renta de palapas junto al muelle				
Picnic en la playa				

6. ¿En qué estado considera que se encuentran las dunas? Bueno () Regular () Malo ()
 Explicar que “bueno” quiere decir que hay muchos tipos de plantas y no hay muchos espacios sin vegetación, “regular” quiere decir que sí hay vegetación pero ya hay caminos de motos y espacios sin vegetación, y “malo” quiere decir que hay pocas especies de plantas y la arena se mueve con el aire.

7. ¿En qué se han convertido los terrenos que antes eran de dunas? Casas () Caminos ()
 Otro:

8. ¿Usted sabe qué beneficios obtiene de conservar las dunas? Si () No () En caso de ser afirmativa la respuesta, ¿Puede mencionarlos?

9. De los siguientes beneficios, señale cuáles considera usted que ofrecen las dunas costeras a su comunidad. Indicar del 1 al 5 cuál le parece más importante, siendo 1 poca importancia y 5 alta importancia.

Tipo de Servicio	Servicios ambientales	Si/No	Valor
Soporte	Provisión de hábitat (sitios donde viven los animales)		
	Formación de suelo (la arena que viene del mar se acumula en la playa y gracias a la vegetación se va formando suelo)		
Regulación	Protección contra tormentas (las dunas y su vegetación amortiguan los vientos fuertes)		
	Depuración de aguas contaminadas		
	Almacén de arena para regeneración de playas		
Culturales	Estéticos		
	Recreación		
Provisión	Plantas o frutos como alimentos/medicina		
	Plantas de adorno		

10. ¿Sabe usted si existe algún proyecto para el cuidado de las dunas? Si () No () ¿Cuál?

¿Quién lo lleva a cabo?

11. ¿Cree que se deberían proteger las dunas? Si () No () En caso de que la respuesta sea afirmativa, ¿Qué actividades se deberían realizar para la conservación de las dunas? Creación de áreas protegidas () Reglamentos de uso () Plantación de especies nativas () Campañas de limpieza () Otra:

12. ¿Quiénes tendrían que estar a cargo de estas labores? Autoridades () Pobladores () Empresa privada () ¿Cuál? ONG () ¿Cuál? Escuelas () Otro:

13. ¿Le afectaría si las dunas desaparecieran? Si () No () ¿Por qué?

14. ¿Lleva usted a cabo alguna acción o actividad con el fin de cuidar las dunas? Si () No () ¿Cuál?

15. En caso de ser afirmativa la respuesta a la pregunta 14, ¿bajo qué programa o proyecto lleva a cabo esta actividad y desde cuándo la realiza?

16. Las dunas costeras proveen diversos beneficios, tanto a pobladores como a visitantes, como lo son la protección contra tormentas, actividades recreativas, belleza del paisaje, hábitat de diversas especies animales y vegetales, entre otros. Estos beneficios se han visto afectados debido a la disminución y degradación de las dunas a través de la construcción de casas y caminos. Una forma para ayudar a la conservación y a la recuperación de las dunas sería la aportación de una cuota anual, con la cual se establecerán programas de

limpieza de playas, protección de las dunas existentes, restauración de zonas degradadas, entre otros. Siendo así, ¿Estaría dispuesto a pagar una cuota anual de \$XXX para la recuperación y conservación de las dunas? Si () No ()

17. En caso de ser afirmativa la respuesta ¿Quién considera que debería administrar dicha cuota? Autoridades () ONG () ¿Cuál? Pobladores () Otro:

18. En caso de ser negativa la respuesta ¿Por qué no pagaría la cuota anual?

Datos generales

Sexo M () F ()

Edad:

Lugar de procedencia:

Ocupación:

Escolaridad: Ninguna () Primaria () Secundaria () Preparatoria () Universidad () Otra:

¿Pertenece a alguna asociación ambiental? Si () No () ¿Cuál?

¿Cuál de las siguientes categorías describe mejor su ingreso mensual?

Menos de \$1,000 al mes ()

Entre \$1,000 y \$2,500 al mes ()

Entre \$2,500 y \$5,000 al mes ()

Entre \$5,000 y \$7,500 al mes ()

Más de \$7,500 al mes ()

2. ¿Sabe qué actividades se realizan en las dunas y cree que las afectan? Indicar del 0 al 5 qué tan alta es la afectación, siendo 0 nula afectación y 5 alta afectación.

Problemática	Si/No	Valor
Uso de motos dentro de las dunas		
Plantación de especies no nativas		
Creación de asentamientos humanos		
Visita de turistas		
Campamento tortuguero		
Renta de palapas junto al muelle		
Picnic en la playa		
Otro:		

3. ¿En qué estado considera que se encuentran las dunas? Bueno () Regular () Malo ()
 Explicar que “bueno” quiere decir que hay muchos tipos de plantas y no hay muchos espacios sin vegetación, “regular” quiere decir que sí hay vegetación pero ya hay caminos de motos y espacios sin vegetación, y “malo” quiere decir que hay pocas especies de plantas y la arena se mueve con el aire.

4. ¿En qué se han convertido los terrenos que antes eran de dunas? Casas () Caminos ()
 Otro:

5. ¿Existe alguna reglamentación en torno a las dunas? (construcción de casas/hoteles, actividades de turismo, construcción de caminos)

6. ¿Sabe qué Reservas Estatales existen en el estado de Yucatán? Si () No () ¿Cuáles?

7. ¿Considera que la creación de las Reservas El Palmar y Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán ha sido exitosa para la protección de las zonas naturales? Si () No () ¿Por qué?

8. ¿Por qué cree usted que las dunas no han sido incluidas en la delimitación de las Reservas El Palmar y Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán?

9. ¿Cree necesario que las dunas deban incluirse dentro de las Reservas El Palmar y Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán? Si () No () ¿Por qué?

10. ¿Existe algún proyecto por parte del gobierno para la conservación/restauración de dunas? Si () No () De ser afirmativa, ¿Desde cuándo? ¿Cuál?

11. ¿Cree que deberían llevarse a cabo acciones para la protección, conservación y restauración de las dunas? Si () No () En caso de ser afirmativa la respuesta ¿cuáles? En caso de ser negativa se termina la encuesta.

12. ¿Qué institución es la que tendría que hacerse cargo de la protección de las dunas y por qué?

13. ¿Quién debería diseñar la política de planeación y conservación de dunas?