



EcoValor Mx

Proyecto Valoración de Servicios Ecosistémicos en Áreas Naturales Protegidas Federales en México

Fotografía: Archivo CONANP



Fotografía: Archivo CONANP

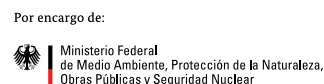


Fotografía: Archivo CONANP



Javier Garcia / Shutterstock.com

Valoración de Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel y del Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel



de la República Federal de Alemania

El presente documento fue elaborado en el marco del Proyecto Valoración de los Servicios Ecosistémicos de Áreas Naturales Protegidas Federales de México: una herramienta innovadora para el financiamiento de biodiversidad y cambio climático (EcoValor Mx), que implementa la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por conducto de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB), al amparo del Convenio de Cooperación Técnica entre el Gobierno de la República Federal de Alemania y el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, y su Acuerdo de Enmienda. El proyecto forma parte de la Iniciativa Internacional de Clima (IKI).

El BMUB apoya la Iniciativa por una decisión del Parlamento Alemán.

La coordinación y revisión técnica de este documento se realizó conjuntamente entre la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) y Conservación Estratégica (CSF) con la participación de:

Alejandro del Mazo Maza

Comisionado Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Laura Martínez Pepin Lehalleur

Directora General de Desarrollo Institucional y Promoción – CONANP

Andreas Gettkant

Director del Proyecto EcoValor Mx – GIZ México

Christopher González Baca, Itzel Arista Cárdenas, Blanca Quiroga García, Rosalinda García Márquez, Ivana Fernández Stohanzlova

(CONANP)

Talia Cruz Castañeda, Alonso Martínez Caballero, Octavio

Tolentino Arévalo, Lucía Ruíz Bustos, Anayeli Cabrera Murrieta
(Proyecto PNUD Sinergia)

Celia Pigueron Wirz, Federico Starnfeld, Lizzeth Moreno Islas, Gloria Pérez Vértiz, Marina Kosmus, María Fernanda Contreras del Valle
(GIZ)

Aaron Bruner, Ángela Mojica, José Alberto Lara, Cecilia Simón, Yuki Hueda, Felipe Vásquez
(Conservación Estratégica)

Trabajo editorial a cargo de:

Wendy González Montes de Oca, Nashieli González Pacheco, Armando Rodríguez Briseño y Concepción Velazco Samperio

La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH es una empresa federal que opera en todo el mundo. Asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sustentable; asimismo, actúa a nivel mundial en el ámbito educativo internacional. Las opiniones expresadas en el documento no reflejan necesariamente la opinión de los financiadores.

PARA CITAR:

CONANP-GIZ. 2017. *Valoración de los Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel y Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel*. Ciudad de México. Proyecto de Valoración de Servicios Ecosistémicos de Áreas Naturales Protegidas Federales de México: una herramienta innovadora para el financiamiento de biodiversidad y cambio climático (EcoValor MX). Ciudad de México, 2017



Contenido

Acrónimos y abreviaturas	5	4. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	37
Agradecimientos	6	4.1. Recreación.....	37
Prólogo.....	8	4.1.1. Enfoque metodológico	37
RESUMEN EJECUTIVO.....	10	4.1.2. Recolección de datos.....	42
1. INTRODUCCIÓN	17	4.1.3. Resultados	47
2. ÁREAS DE ESTUDIO.....	23	4.2. Información existente sobre los valores de mangle y arrecifes coralinos.....	55
3. SELECCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A VALORAR	26	4.2.1. Enfoque metodológico.....	55
3.1. Conceptos generales.....	26	4.2.2. Resultados.....	56
3.2. Selección de servicios ecosistémicos para el complejo de las ANP de Cozumel.....	29	4.3. Protección de costas	63
		4.3.1. Enfoque metodológico	63
		4.3.2. Recolección de datos.....	64
		4.3.3. Resultados	69
		5. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	71
		6. BIBLIOGRAFÍA.....	78
		Anexo 1. Modelo Logit Mixta.....	89

**INSTRUMENTOS
DE FINANCIAMIENTO**

**DESARROLLO
DE CAPACIDADES**



TRANSVERSALIDAD

**CONOCIMIENTO
Y METODOLOGÍAS**

**COMUNICACIÓN
Y DIFUSIÓN**



Acrónimos y abreviaturas

ANP – Área natural protegida

APFFIC – Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel

BMUB – Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear

CONANP – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

DAA – Disposición a aceptar

DAP – Disposición a pagar

EE – Experimento de elección

GIZ – Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)

ha – hectárea

HR – Healthy Reefs for Healthy People

INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía

km² – kilómetro cuadrado

m – metro

MEA – Millennium Ecosystem Assessment

MIA – Manifestación de Impacto Ambiental

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

PEDIEQROO – Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo

PNAC – Parque Nacional Arrecifes de Cozumel

PROFEPA – Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

QROO – Quintana Roo

SAM – Sistema Arrecifal Mesoamericano

SE – Servicios ecosistémicos

SECTUR – Secretaría de Turismo

SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

UAEH – Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

UQROO – Universidad de Quintana Roo

UIA – Universidad Iberoamericana

VC – Valoración contingente

VET – Valor económico total



Agradecimientos

El Proyecto EcoValor Mx desea agradecer al personal del complejo de Áreas Naturales de Isla Cozumel: Parque Nacional Arrecifes de Cozumel (PNAC) y Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel (APFFIC), en especial a Cristopher González Baca (Director de Áreas Protegidas Federales en Cozumel), Itzel Arista (Analista de ANP), Rosalinda García Márquez (Jefa de Departamento) y Blanca Quiroga (Monitoreo Biológico y Vinculación Académica) por su gran disposición a compartir su conocimiento y perspectivas. Asimismo a todo el equipo de guardaparques, comunicación y administración de

CONANP en Cozumel. A Ricardo Gómez, Director Regional de la Península de Yucatán de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

A los Presidentes e integrantes de los Consejos Asesores de las áreas naturales protegidas federales en Cozumel.

A las autoridades de la Presidencia Municipal, Secretaría Técnica, Dirección de Ecología y Dirección de Turismo del Municipio de Cozumel.

A los estudiantes Jesús López Ruiz, Mondelin Lawson, Erick Omar Chan y Víctor Manuel González de la Universidad de Quintana Roo (UQROO), Camilo Árias Martelo de la Universidad Iberoamericana (UIA) y a Arely Rosquero



y Paulina García de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEl) por el apoyo brindado para la recopilación de la información en campo. Al Dr. Romano Segrado (Coordinador y docente de la Maestría en Gestión Sustentable del Turismo) por su apoyo en la coordinación logística con los estudiantes para el trabajo de campo.

Se quiere agradecer a todas las instituciones y organizaciones que colaboraron otorgando los permisos de acceso al equipo de encuestadores para acceder a los espacios públicos y privados en Cozumel donde se llevaron a cabo las entrevistas a los turistas: C. Víctor Vivas Gonzáles (Representante de la Administración Portuaria Integral de Quintana Roo, Terminal Marítima Muelle Fiscal),

Jorge del Águila Murphy (Gerente General, Plaza Punta Langosta), Francisco Javier Sáenz Carillo (Gerente General, Terminal Marítima Punta Langosta), Jesús Méndez Rodríguez (Gerente General, Terminal Marítima Puerta Maya), Juan González Castellán (Director, Dirección de Turismo, H. Ayuntamiento de Cozumel), P. A. Rolando Tovar Leal (Comandante del Aeropuerto de Cozumel) y Juan Pablo García-Luna Gutiérrez (Administrador del Aeropuerto de Cozumel). Asimismo a Pablo Aguilar del Fideicomiso de Promoción Turística de Cozumel y Riviera Maya.

A Alfonso Malky y a Cristian Vallejo de Conservación Estratégica por todo su apoyo en la fase de diseño, análisis y redacción de este estudio.

Prólogo


Las áreas naturales protegidas competencia de la Federación tienen por misión conservar los ecosistemas más representativos del país y su biodiversidad, fomentando el desarrollo sustentable de las comunidades asentadas en su entorno. Más allá de su importancia para las comunidades y usuarios locales, su riqueza biológica y cultural, las áreas naturales protegidas son generadoras de beneficios que rebasan todas las fronteras y favorecen el bienestar humano. A estos beneficios se los denomina *servicios ecosistémicos*, y son el sustento para garantizar la calidad de vida de la sociedad y los insumos esenciales para el desarrollo productivo del país. Algunos de estos servicios son la provisión de alimentos, fibras e insumos para la producción, procesos de regulación del clima, el control natural de plagas, la protección contra eventos climáticos, la belleza escénica y el ciclo de nutrientes, entre muchos otros.

Conscientes de la dificultad de visibilizar la importancia de estos servicios, desde 2013, en un esfuerzo de cooperación técnica entre los gobiernos de México y Alemania, surge el Proyecto Valoración de Servicios Ecosistémicos en Áreas Natura-

Fotografía: Archivo CONANP



les Protegidas Federales en México: una herramienta innovadora para el financiamiento de biodiversidad y cambio climático. Este proyecto, implementado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear de Alemania, representa una iniciativa pionera que busca valorar y difundir la importancia de las áreas naturales protegidas a nivel nacional y su contribución global.



En este contexto, y ante la necesidad de contar con datos y valores propios generados en las áreas naturales protegidas, decidimos desarrollar estudios de valoración de los servicios ecosistémicos de tres de ellas. Estamos orgullosos de este informe, que no sólo incluye la selección de las metodologías y modelos econométricos, sino que también resume largas sesiones de trabajo, talleres de análisis, visitas de campo, revisiones documentales y reuniones con actores clave, entrevistas y encuestas que se realizaron con la participación de personal de las áreas naturales protegidas, de Oficinas Centrales y Regionales de nuestra institución y de asesores de la GIZ que participan en los Proyectos EcoValor Mx y ValuES.

Desde un principio, el proyecto decidió impulsar estos análisis en un formato participativo, que incluyera las reflexiones y necesidades de información orientadas a la toma de decisiones y considerando la agenda de colaboración con otras instancias del gobierno federal y de los gobiernos estatales y locales, representantes de comunidades locales y científicos. Estos análisis contribuirán sin duda a visibilizar la aportación de las áreas naturales protegidas al desarrollo sustentable de México.

En particular, la presente publicación se enfoca en el complejo de

áreas naturales protegidas piloto de la Isla de Cozumel, que incluye el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel y el Área de Protección de Flora y Fauna porción norte y franja costera oriental terrestres y marinas de la Isla de Cozumel. Estas dos áreas son Humedales de importancia internacional (Sitios Ramsar) y forman parte de la Reserva de la Biosfera Isla Cozumel, del Programa del Hombre y la Biosfera (MaB) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Estas dos áreas naturales protegen ecosistemas que proveen importantes servicios para habitantes y para las casi 5 millones de personas que visitan la isla al año. Por ejemplo, sus manglares son el refugio de especies pesqueras, protegen a la gente ante tormentas y sus arrecifes son conocidos mundialmente por ser ideales para buceo y esnórquel; que es la actividad turística de la Isla.

Sin embargo, nunca se había valorado estos servicios presentados por la naturaleza. Por esta razón, con esta publicación buscamos aportar una nueva luz sobre el valor de los servicios ecosistémicos de estas áreas naturales protegidas, joyas del patrimonio natural de los mexicanos y verdadera inversión para las futuras generaciones.

Resumen ejecutivo

Las áreas naturales protegidas en México representan una de las estrategias más importantes del país para lograr la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos. La valoración económica de estos servicios permite asignarles valores monetarios, revelando información sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas para el bienestar humano con el fin de promover una toma de decisiones informada sobre el uso y manejo sostenible de los recursos naturales de estas áreas.

La Isla Cozumel, localizada en el estado de Quintana Roo, cuenta con dos áreas naturales protegidas a nivel federal: el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, ubicado al sur de la isla, con un área principalmente marina de 11,987.87 hectáreas, y el Área de Protección de Flora y Fauna Isla, en la región norte de la parte insular del municipio de Cozumel, con una extensión de 37,829.17 hectáreas. Este complejo de áreas protegidas, principalmente compuesto por arrecifes coralinos, lagunas costeras y bosques de manglar, alberga una gran biodiversidad marino-costera, la cual genera importantes servicios ecosistémicos para la sociedad. Algunos de los valores más



significativos incluyen servicios de regulación y mantenimiento (p. ej., regulación del flujo hídrico, filtración y retención de sedimentos, secuestro de carbono y protección de costas contra inundaciones), valores de aprovisionamiento (p. ej., biomasa de peces) y valores culturales (p. ej., de recreación, científicos, educacionales y de existencia).

Ambas áreas naturales protegidas enfrentan amenazas, muchas de las cuales se derivan del desarrollo costero no ordenado y masivo, acompañado de una limitada visión de desarrollo económico en relación con la sustentabilidad. En el Parque Nacional, el gran número de turistas tiene un impacto importante sobre la integridad de los



arrecifes, principalmente a través de las prácticas no adecuadas de turismo relacionadas con el buceo y el esnórquel, la contaminación del agua y la modificación del paisaje natural en la línea de costa por la construcción e instalación de infraestructura turística. Para el área de protección de flora y fauna, las principales amenazas incluyen la contaminación del acuífero que provee de agua dulce a la isla, la pérdida de mangle debida a la expansión del desarrollo costero no planeado, y en menor medida la extracción ilegal de flora y fauna silvestre. Adicionalmente, es necesaria la congruencia y coordinación entre los diferentes instrumentos de ordenamiento territorial para el efectivo manejo de las áreas protegidas, así

como presupuesto suficiente para su manejo.

El presente estudio busca generar información relevante y argumentos sólidos para apoyar la toma de decisiones de los distintos actores que inciden, de manera directa o indirecta, en la conservación y uso sostenible de los ecosistemas de ambas áreas naturales protegidas. Se espera que los resultados generen lecciones y capacidades para otras áreas naturales protegidas gestionadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Para el caso de Cozumel se desarrollaron tres ejercicios relacionados con diferentes elementos del valor

económico de las áreas naturales protegidas. En particular, se analizó:

1. el vínculo entre la calidad de los arrecifes del Parque Nacional y el valor de recreación que sustenta la economía turística de la isla;
2. el valor económico generado por la gama más amplia de servicios ecosistémicos proveídos por los bosques de manglar y los arrecifes dentro de ambas áreas, y
3. de forma espacialmente explícita, el papel biofísico que juegan los ecosistemas naturales de la isla en la protección de costas contra inundaciones y eventos climáticos.

Estos elementos apuntan a demostrar la importancia económica de invertir en el efectivo manejo de las áreas naturales protegidas federales de Cozumel, asegurando que el desarrollo costero sea compatible con los objetivos de conservación y manejo sostenible de las mismas. La información generada en el estudio también visibiliza las razones económicas por las que a los beneficiarios de algunos de estos SE valorados, tanto turistas como el sector privado, les convendría invertir en su conservación y manejo.

El servicio de recreación se cuantificó a través de un estudio primario. Para ello se realizó un Experimento de Elección (*choice experiment*),



a través del cual se cuantificaron, en términos monetarios, las preferencias de los turistas relacionadas con el estado de conservación de los arrecifes. Este valor se estimó en términos de la disposición del visitante para pagar, a fin de mantener los atributos deseables o evitar cambios no deseables. Los datos se recopilaron a través de encuestas personales en puntos estratégicos de la isla, abordando a excursionistas y turistas. La encuesta permitió distinguir valores relacionados con la biodiversidad, la transparencia del agua y la congestión. En total se recopilaron 750 encuestas.



J.S. Lamy / Shutterstock.com

Se encontró que los turistas que hacen uso directo del arrecife para buceo o esnórquel estarían dispuestos a pagar, en promedio, los siguientes montos por cada viaje realizado: 1,826 pesos (USD 101) por evitar que la biodiversidad disminuya de alta a media, y 1,226 pesos (USD 68) para evitar que la transparencia del agua decrezca de alta a media,¹ los cuales suman un total de 3,052 pesos (USD 142). Los valores totales del servicio de recreación del arrecife bien conservado se calcularon teniendo en cuenta una visitación a Cozumel de tres millones de personas por año,

de los cuales aproximadamente 2.7 millones son excursionistas (aquellos que pasan menos de un día en la isla, generalmente provenientes de los cruceros y pasajeros que llegan en el *ferry* provenientes de Playa del Carmen) (SEDETUR, 2013 en Palafox *et al.*, 2014) y 0.3 millones son turistas (aquellos que pernoctan en la isla y cuyo destino es Cozumel) (DATATUR, 2016). Considerando las tasas de buceo y esnórquel por tipo de visitante reportadas en el presente estudio (turistas 78% y excursionistas 58%), al menos 1.8 millones de personas al año se consideran usuarios directos del arrecife. Estos resultados indican que mantener el arrecife en su mejor estado de conservación respecto de los atributos evaluados tiene un valor para los turistas de 5,493 millones de pesos (USD 304 millones) al año.

Poniendo en contexto estos resultados, dejar degradar el arrecife del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel causaría una pérdida muy seria en el bienestar de los turistas, con un valor monetario equivalente a más de la tercera parte del valor de la derrama económica local que deja la industria de los cruceros (12,590 millones de pesos [USD 693 millones]) (SEDETUR, 2013 en Palafox *et al.*, 2014). Por otro lado, aumentar la contribución de los turistas a las acciones que garanti-

¹ Se analizó también el efecto de la congestión en el arrecife, pero no fue posible obtener conclusiones inequívocas.



zan la conservación del ecosistema arrecifal sería para ellos una inversión costo-efectiva. A su vez, si se permite que esta degradación ocurra, se espera que el número anual de turistas disminuya en 12%. Considerando la derrama económica actual, se podría tener una pérdida de 1,510 millones de pesos (USD 83 millones) al año en la economía local.

El valor económico generado por los amplios servicios ecosistémicos provenientes de los manglares y los arrecifes coralinos se analizó a través del método de transferencia de beneficios con base en información existente en la literatura. Se estimó el valor económico de los servicios

ecosistémicos de los manglares de la Isla Cozumel mediante el método de transferencia del valor a partir de una función econométrica (*function transfer*). En el modelo utilizado se incluyeron los servicios ecosistémicos forestales, de recreación, protección costera, secuestro de carbono y valores de no uso (p. ej., existencia). Se estimó que el valor económico de una serie de servicios ecosistémicos provistos por los manglares de Cozumel es de 22,546 pesos (USD 1,242) por hectárea por año. Considerando estos valores y la extensión de los manglares de Cozumel dentro de las dos áreas naturales protegidas federales de la isla (3,654 hectáreas), el valor económico de una serie de SE

de los manglares asciende a 82.4 millones de pesos (USD 4.5 millones) al año. Este monto es un valor conservador, ya que se basa únicamente en seis de los muchos servicios que los manglares generan para la sociedad.

Para el caso de los arrecifes de Cozumel, se desarrolló una transferencia directa del valor (*value transfer*) con base en una búsqueda y revisión exhaustiva de la literatura disponible en la Base de Datos de Servicios Ecosistémicos (Ecosystem Services Valuation Database – ESVD; ESP, 2010). Considerando la extensión de los arrecifes de coral dentro de ambas áreas naturales protegidas (3,966 hectáreas), y en el supuesto de que los valores en Cozumel son parecidos a los promedios globales, el valor económico provisto por los arrecifes de las áreas naturales federales de Cozumel, en términos de la protección contra eventos climáticos extremos y el ciclo de nutrientes, es de 596 millones de pesos (USD 32.8 millones) al año.

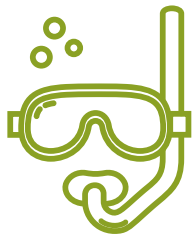
Finalmente, se exploró, de forma espacialmente explícita, el servicio de protección de costas contra inundaciones y eventos climáticos que los ecosistemas funcionales proveen de manera sinérgica a la población humana y a la infraestructura instalada

en la isla. Este servicio fue modelado a través del modelo de Vulnerabilidad de Costas de la plataforma InVest,² la cual genera un índice relativo de exposición en un rango del 1 al 5 (siendo 1 una exposición muy baja y 5 una exposición muy alta). Se encontró que la presencia de los ecosistemas marino-costeros disminuye la vulnerabilidad a inundaciones y eventos climáticos para 52 mil personas (65 % de los habitantes de la isla). Dentro de este grupo de residentes beneficiados, actualmente casi 80% se encuentran en los rangos de riesgo bajo a muy bajo de vulnerabilidad a inundaciones y eventos climáticos. Sin embargo, si se perdieran estos hábitats, la gran mayoría (80.23%) de esta población se encontraría en riesgo moderado y alto.

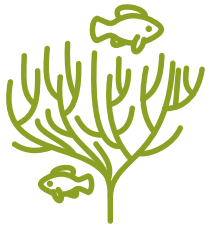
Se concluye que las áreas naturales protegidas federales de Cozumel, a través de los servicios ecosistémicos que proveen, generan un valor económico muy importante para la isla y los millones de turistas que recibe al año. Estos valores se mantienen siempre y cuando se proteja la calidad de los ecosistemas dentro de las áreas protegidas. Los resultados justifican acciones en tres campos:

Primero, incrementar el presupuesto para el manejo de las dos áreas pro-

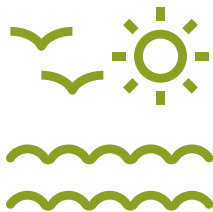
² InVEST utiliza modelos espaciales explícitos para valorar económicamente los servicios ecosistémicos o para cuantificar los procesos biofísicos que generan valor económico. Todos los módulos son de uso público y han sido desarrollados con software "open source".



El servicio de recreación que ofrecen los arrecifes y que sustenta el turismo en la isla



El valor económico de los servicios ambientales que proveen los manglares y los arrecifes



El servicio de protección de la población contra eventos climáticos como tormentas y huracanes.

tegidas, de manera que se asegure que la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas tenga la capacidad necesaria para administrar y manejar las áreas de manera efectiva y así mantener el alto valor económico que proveen los servicios ecosistémicos para los habitantes de la isla. Los fondos complementarios al presupuesto actual pueden originarse en el erario público o en fuentes externas, como organizaciones donantes u otros mecanismos innovadores.

Segundo, generar información para que las diferentes secretarías de

Estado y los tres niveles de gobierno asimilen la importancia de las dos áreas como componentes indispensables de la economía local y regional. En particular, el valor de los servicios ecosistémicos debe informar y enriquecer el Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo, el Plan Municipal de Desarrollo, así como la toma de decisiones acerca de las manifestaciones de impacto ambiental (MIA). Finalmente, los valores encontrados justifican una aplicación más efectiva de las leyes ambientales existentes.

Tercero, promover que el sector turismo de Cozumel (hoteles, restaurantes, *tour* operadores de actividades de recreación acuática, entre otros) tome medidas apropiadas en su gremio hacia la implementación de buenas y mejores prácticas para la efectiva conservación y protección de las áreas protegidas. Más allá del compromiso con la conservación en sí, estas acciones se justifican para no perjudicar los bienes y servicios ecosistémicos de los cuales dependen sus negocios. También es indispensable el aporte político del sector privado para fomentar la efectiva aplicación de la ley. En caso contrario, estarían poniendo en riesgo el capital natural en el cual se fundan sus actividades empresariales y gran parte de la economía local.



1. Introducción

Fotografía: Archivo CONANP



Las áreas naturales protegidas (ANP) benefician a toda la sociedad a través de los servicios ecosistémicos (SE) que proveen (MEA, 2005; TEEB, 2011). Los SE se definen como aquellos bienes y servicios, tangibles e intangibles, que se obtienen de la naturaleza para beneficio del ser humano (Valdez y Luna, 2012), entre los que se encuentran los servicios de provisión (p. ej., madera y pescado), regulación (p. ej., purificación de agua), sustento (p. ej., procesos ecológicos básicos como los ciclos de nitrógeno) y valores estéticos, espirituales y culturales (p. ej., belleza escénica y turismo) (Balvanera y Cotler, 2009; García-Frapolli y Toledo, 2008).

Los SE son esenciales para la sociedad, sin embargo, muchas veces son

poco visibles o se consideran gratuitos e infinitos. Esto se debe a que, por lo general, no se intercambian directamente en los mercados, son parte de procesos complejos de provisión de bienes y/o generan valores espirituales que típicamente no se consideran en términos monetarios. Es por eso que las ANP pueden ser asociadas más a los costos directos que representan para el Estado (p. ej., costos de manejo y mantenimiento), que a los beneficios que generan para la sociedad. Esto promueve un posicionamiento débil de las instancias gubernamentales responsables de las áreas protegidas en la toma de decisiones sobre la protección, conservación, uso y manejo de los ecosistemas, generando una asignación ineficiente de recursos y políticas

públicas que se contraponen entre sí (Watson *et al.*, 2014).

En México existen actualmente 182 ANP de carácter federal (que representan cerca de 10.78% de la superficie terrestre y 22.05% del mar territorial del país), las cuales son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (CONANP, 2016). Siendo un país megadiverso, las ANP representan una de las estrategias más importantes en México para lograr la conservación de la biodiversidad y la provisión de SE para la sociedad (Bezaury-Creel, 2009). Sin embargo, las ANP del país enfrentan numerosos retos, como recursos presupuestales escasos y personal insuficiente para una gestión adecuada. En el último año (2015-2016), por ejemplo, se recortó el presupuesto en un 26% (Ecosfera, 2015). También es necesario crear capacidades institucionales para consolidar las estrategias de desarrollo sostenible (Bezaury-Creel *et al.*, 2011), mejorar la gestión inter-institucional y promover la alineación de políticas públicas (Pinkus *et al.*, 2014).

Una estrategia para enfrentar los retos aquí descritos y promover una toma de decisiones informada respecto a las ANP consiste en cuantificar el valor económico de algunos SE clave para entender y comunicar

los beneficios que éstos proveen a la sociedad, así como los costos en los que se podría incurrir como consecuencia de la degradación de los ecosistemas (Watson *et al.*, 2014). La valoración económica permite asignar valores monetarios a los SE, revelando información sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas para el bienestar de la sociedad, lo que permite tomar decisiones más informadas y generar políticas para un uso sostenible de los recursos (Amirnejad *et al.*, 2006). Aunque en la literatura varios artículos hacen referencia al valor económico de algunos SE proporcionados por ecosistemas en México (Barbier y Strand, 1998; Bezaury-Creel, 2009; Ordoñez, 1999; Conservation International, 2008; Sanjurjo y Carrillo, 2006; entre otros), todavía es necesario que se cuantifiquen muchos valores clave (GIZ, 2015).

Desde el año 2013, el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de Alemania, apoya el proyecto EcoValor Mx, el cual es implementado conjuntamente por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ) y la CONANP. El objetivo principal del proyecto es dar a conocer el valor de los servicios ecosistémicos claves generados

por las ANP, a fin de fortalecer su posicionamiento, consolidar su manejo efectivo y aportar insumos para incrementar los recursos disponibles y las capacidades necesarias para la conservación y el bienestar social (Ecovalor Mx, 2015). En el marco del proyecto EcoValor Mx se llevó a cabo el presente estudio de valoración de SE para el complejo de Áreas Naturales Protegidas Federales de Cozumel: Parque Nacional Arrecifes de Cozumel (PNAC) y Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel (APFFIC), las cuales proveen importantes servicios ecosistémicos para la población local, así como para los 3 millones de turistas que visitan la isla cada año. El objetivo del estudio es generar información relevante y argumentos sólidos que puedan influir en la toma de decisiones en ambas áreas protegidas, promoviendo su conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

El PNAC se encuentra ubicado en el municipio de Cozumel, en el estado de Quintana Roo. Su superficie marítima y terrestre es de 11,987.87 ha (CONANP, 1998). El PNAC cuenta con una gran biodiversidad marina que incluye especies identificadas en peligro de extinción, en peligro, o amenazadas (CONANP, 1998); también posee una de las formaciones arrecifales más particulares del país, debido a la variedad de condiciones





estructurales presentes, incluyendo taludes entre los 40 y 400 m de profundidad (CONANP, 1998).

Los arrecifes del PNAC son importantes criaderos de especies marinas, proveen protección costera contra inundaciones y eventos climáticos, capturan carbono de la atmósfera y proporcionan servicios culturales importantes como las actividades recreativas asociadas al arrecife (principalmente buceo y esnórquel). Es por esto que además de su importancia biológica y ecológica, el PNAC juega roles económicos y sociales importantes en la región (Álvarez-Filip y Nava-Martínez, 2006 en Saucedo, 2008).

El APFFIC se encuentra ubicada en la región norte y oriente de la parte insular del municipio de Cozumel y posee una extensión de 37,829.17 ha (CONANP, 2012). El área está compuesta, entre otros ecosistemas, por humedales y lagunas costeras, constituidos principalmente por manglares, que juegan un papel indispensable en la filtración y el mantenimiento de la calidad del agua a través de procesos de filtración y retención de sedimentos, contribuyendo a la protección de los ecosistemas costeros como pastos marinos y arrecifes. Su capacidad de regulación del flujo hídrico también brinda protección a las poblaciones costeras, así como a la infraestruc-



tura instalada, reduciendo el impacto de los daños causados por tormentas y huracanes. Los humedales del APFFIC son el hábitat principal para una gran riqueza de especies (muchas de éstas endémicas), proveen un área de alimentación y crianza para especies con importancia pesquera y generan productos maderables (CONANP, 2012).

Existen varias amenazas que afectan a ambas ANP, muchas de las cuales se derivan del desarrollo costero espontáneo masivo, con insuficiente gestión política en el ámbito del gobierno local (González y Palafox, 2006).

En el PNAC, el gran número de turistas que visitan la isla anualmente genera un impacto elevado sobre la integridad del ecosistema marino (CONANP, 1998). Las causas principales de esta degradación, relacionadas con la alta visitación, incluyen las prácticas inadecuadas de turismo en las actividades de buceo y esnórquel, la contaminación del agua, la sobreexplotación pesquera de algunas especies (CONANP, 1998) y la modificación del paisaje natural en la línea de costa debida al desarrollo de infraestructura turística y de apoyo para satisfacer la creciente demanda (Saucedo, 2008). Todo esto tiene como resultado la reducción de la biodiversidad y la pérdida de ecosistemas.

Las amenazas que afectan el APFFIC incluyen la contaminación del acuífero que provee de agua dulce a la isla por intrusión de agua marina, lo que es consecuencia de los cambios en los niveles freáticos por la sobreexplotación del recurso hídrico, lo cual podría eventualmente reducir el aporte de agua dulce para la población. Las reservas de agua dulce de la isla están amenazadas también por la contaminación procedente de aguas residuales no tratadas, provenientes de una planta de tratamiento ubicada dentro de una ANP estatal en las cercanías del acuífero, la cual no opera de manera óptima. Adicionalmente, la pérdida de mangle a causa de lotificaciones ilegales y la expansión del desarrollo costero no planeado, también debilita la capacidad de filtración y recarga del acuífero. Otras actividades que afectan al área incluyen la extracción no regulada de leña y la caza y recolección ilegal de fauna silvestre (CONANP, 2007).

El presente estudio pretende generar información que esté disponible para los múltiples actores clave y tomadores de decisiones de Cozumel en los ámbitos local, estatal y federal involucrados en la conservación de los ecosistemas de las ANP de la isla y los SE que éstas proveen. En particular, se desarrollaron tres ejercicios relacionados con diferentes elementos del valor económico de las ANP,

buscando demostrar la importancia económica de invertir en el efectivo manejo de las ANP federales de Cozumel para el bienestar de la población y de los turistas y para asegurar que el desarrollo costero sea compatible con los objetivos de conservación y manejo sostenible de las mismas. La información generada en el estudio también visibiliza la oportunidad y posible interés de que los beneficiarios de algunos de estos SE valorados inviertan en su conservación y manejo.

Primero se cuantificó, con un estudio primario, la contribución de la calidad de los arrecifes al valor de recreación del PNAC para el turismo, principal actividad económica de la isla.

Segundo, se estimó, a partir de la información existente en la literatura, el valor económico generado por la gama más amplia de servicios ecosistémicos provistos por los bosques de manglar y los arrecifes, como ecosistemas clave de ambas ANP.

Finalmente, se exploró de forma espacialmente explícita el servicio de protección de costas contra inundaciones y eventos climáticos que los ecosistemas funcionales proveen de manera sinérgica a la población humana y a la infraestructura instalada en la isla.



La estructura de este documento se organizó de la siguiente manera: la información general acerca de las áreas de estudio se encuentra en la Sección 2, seguida por una descripción de la selección de los servicios ecosistémicos que se estudiaron (Sección 3). En la Sección 4 se incluye el proceso y las fases desarrolladas en los estudios de valoración económica; en la Sección 5 se presenta la discusión de los resultados y las recomendaciones.



2. Áreas de estudio

El PNAC se encuentra ubicado en el municipio de Cozumel, en el estado de Quintana Roo (QR00), a unos 16.5 km al este de la península de Yucatán (Figura 2.1). El área dentro del polígono del Parque cuenta con una superficie marítima y terrestre de 11,987.87 ha (CONANP, 1998) y se caracteriza por su alta biodiversidad, pues alberga gran número de especies marinas, muchas de ellas identificadas en peligro de extinción, en peligro o amenazadas (CONANP, 1998).

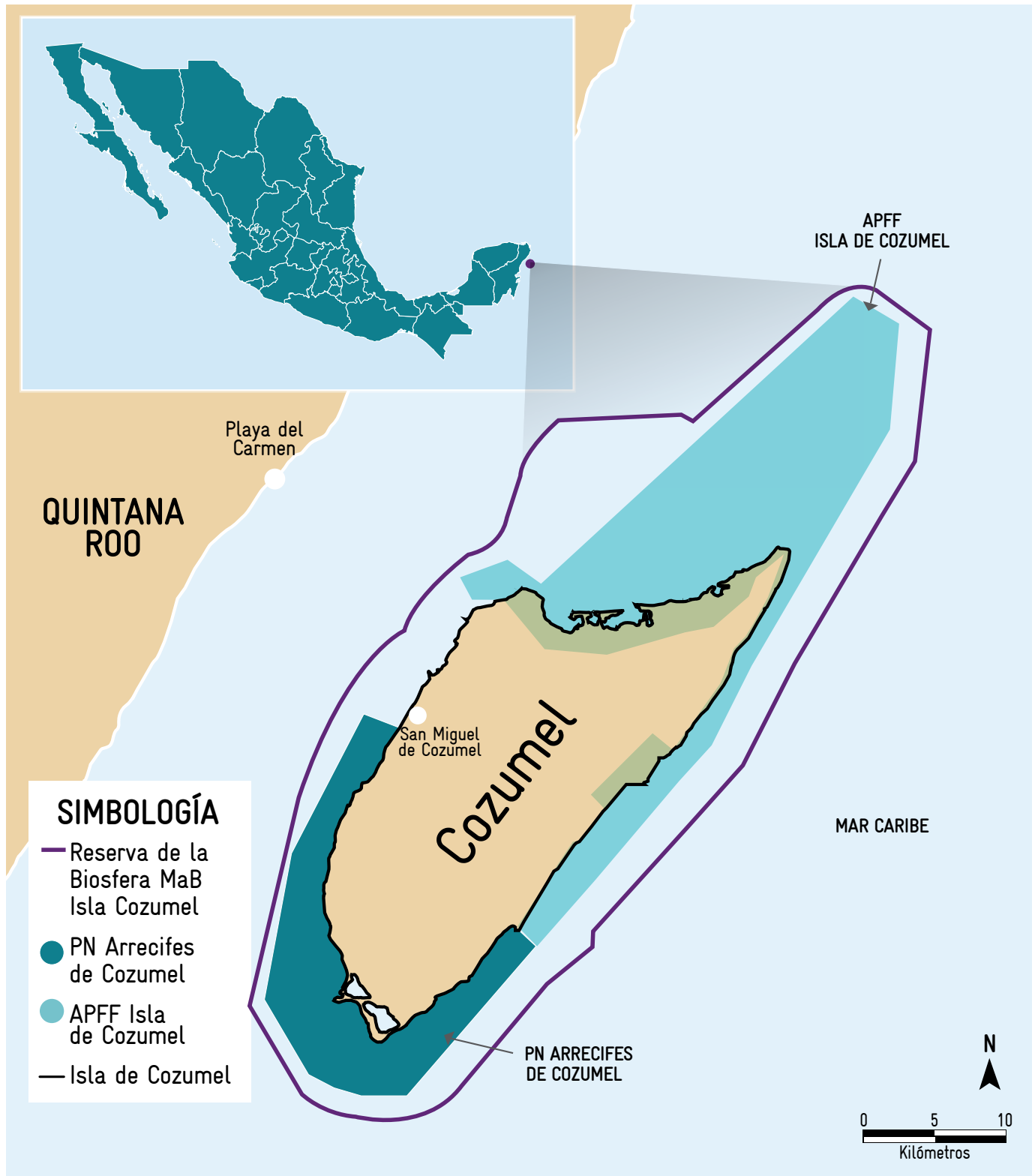
La estructura arrecifal del PNAC es considerada, dentro de los distintos tipos de arrecifes coralinos del Caribe mexicano, una de las más particulares debido a la variedad de condiciones estructurales que presenta, incluyendo taludes (algunos verticales) entre los 40 y 400 m de profundidad (CONANP, 1998). Los monitoreos sinópticos que evalúan las condiciones de salud del arrecife en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) indican que, aunque el estado actual de los arrecifes en Cozumel es saludable (HRI, 2015), el sobreuso del ecosistema compromete el valor biológico del ecosistema en el mediano y largo plazos.

El APFFIC se encuentra en la región norte de la parte insular del municipio de Cozumel. Posee una extensión de 37,829.17 ha (CONANP, 2012) (Figura 2.1). El área se caracteriza por ser hábitat de una gran riqueza de especies, en especial aquellas endémicas, las cuales dependen de la diversidad de ecosistemas presentes en la franja costera como los humedales y las lagunas costeras. La mayor parte de estos humedales están constituidos por bosques de manglar.

Cabe destacar que dentro de la Isla Cozumel existen además tres ANP estatales: el Parque Natural de la Laguna de Chankanaab, la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Refugio Estatal de Flora y Fauna Laguna Colombia



FIGURA 2.1 Ubicación del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel y Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel.



Fuente: Elaboración propia.

y la Reserva Estatal Selvas y Humedales de Cozumel. La isla también cuenta con los siguientes reconocimientos internacionales: los Sitios Ramsar 1449 “Parque Nacional Arrecifes de Cozumel” y 1921 “Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel”, de la lista de Humedales de Importancia Internacional de la Convención Ramsar, designados en los años 2005 y 2008 respectivamente; es considerada un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) y fue nombrada como Reserva de la Biosfera, del Programa MaB de la UNESCO.

La principal actividad económica del municipio de Cozumel es el turismo, como lo nota el Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo (PEDIEQR00) 2000-2025 (PEDIEQR00, 2000). Recientemente, la creciente capacidad de movilidad en el sector turístico ha generado un incremento notorio de turistas a través de los cruceros (Segrado *et al.*, 2008). Cozumel es actualmente el destino número uno de cruceros en México y uno de los predilectos en el Caribe, con registros de hasta 894 cruceros al año (2013) y unos 2.7 millones de pasajeros, actividad que genera una derrama en la economía local de 12,590 millones de pesos (USD 693.4 millones) (SEDETUR, 2013 en Palafox *et al.*, 2014). La venta de servicios turísticos (p. ej., hotelería, restaurantes, prestadores de servi-



cios dirigidos al buceo y el esnórquel dentro de la ANP) y la comercialización de productos artesanales generan la mayor parte de los empleos.

Además de esto, dentro del APFF Isla Cozumel se practica la pesca deportiva extractiva y de captura y liberación (CONANP, 2007). Así mismo, se realiza la pesca comercial de escama y langosta, que representa un importante sustento económico para la población local, en especial para los pescadores. Dentro del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, particularmente en las zonas de mayor desarrollo arrecifal, está prohibida la pesca.

3. Selección de servicios ecosistémicos a valorar

3.1. Conceptos generales

En la teoría económica existen dos maneras para desagregar los SE generados por un ecosistema. La primera es por el tipo de servicio, con

base en la categorización de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005; Figura 3.1), o con base en propuestas ajustadas a ésta.

FIGURA 3.1 Categorización de servicios ecosistémicos según la Evaluación de Ecosistemas del Milenio

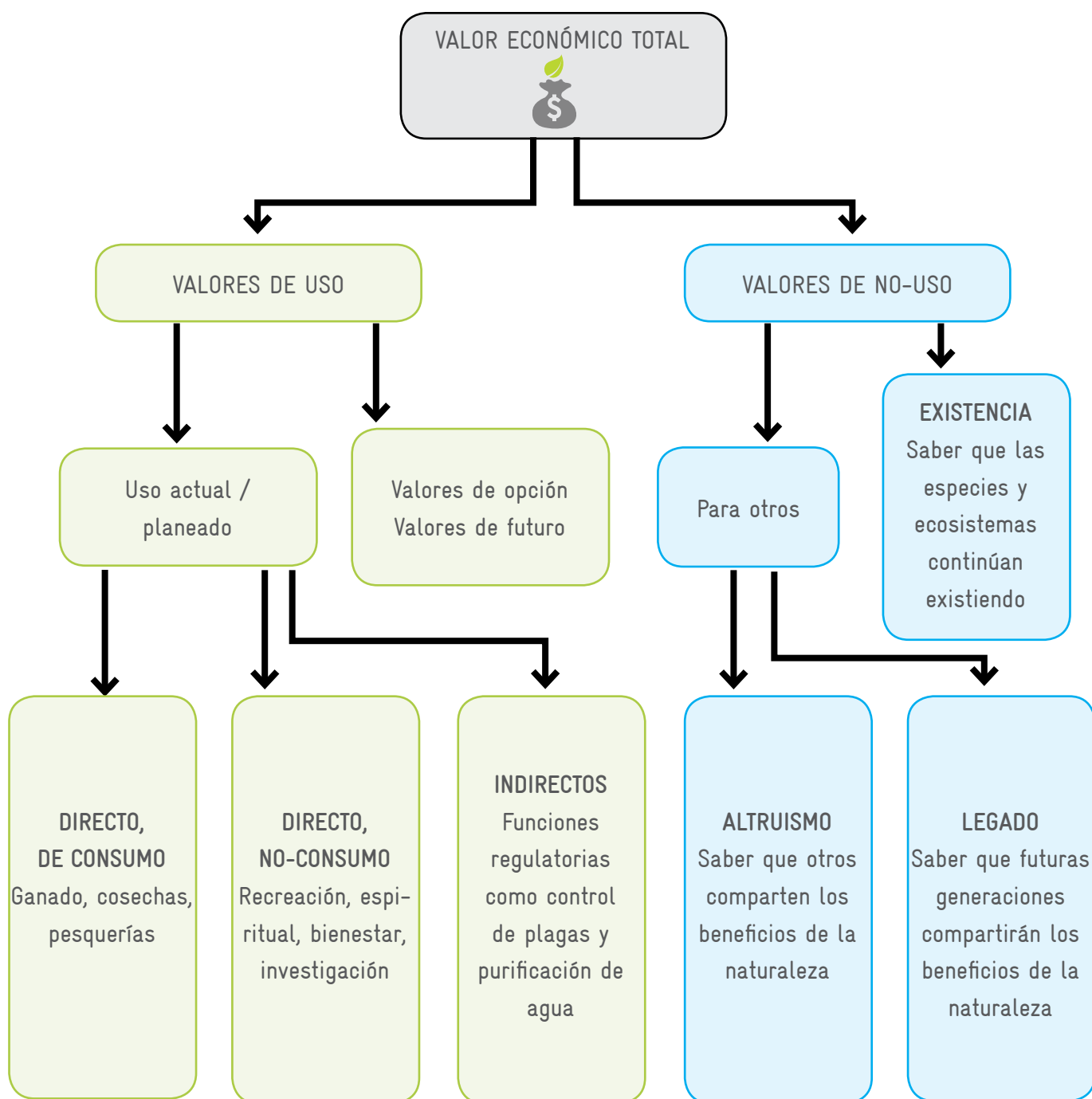


Fuente: Adaptado de MEA (2005)

La segunda manera de desagregar los SE es por los componentes del valor económico total (VET) que re-

ciben los seres humanos de la naturaleza (Krutilla, 1967). La Figura 3.2 muestra el marco conceptual del VET.

FIGURA 3.2. valor económico total (VET)



Fuente: Adaptado de DEFRA (2007) y Brander *et al.* (2010)

En este documento se usan ambas terminologías, dependiendo del tema. Frecuentemente, cuando se discuten los valores provistos por la naturaleza, la terminología de los servicios ecosistémicos se ajusta mejor. Por otro lado, algunos valores que las personas perciben y algunas metodologías de valoración son más fáciles de discutir desde la perspectiva del VET. Para mayor claridad, empezamos la discusión de cada valoración notando el tipo de servicios ecosistémicos y el elemento del VET bajo consideración.

El valor de los SE o elementos del VET se pueden estimar tanto a través de estudios primarios, como a través de estudios secundarios. Los métodos de estudio primario se dividen en los siguientes enfoques:

1. Enfoque directo o de mercado, que utiliza datos existentes que reflejan los valores de transacción en el mercado (p. ej., los precios de los pescados).
2. Enfoque de preferencias reveladas, que utiliza observaciones de mercados existentes relacionados, pero donde no hay transacciones directas de los SE en cuestión (p. ej., la diferencia en el valor de las casas ya sea que estén cerca o lejos de una ANP).
3. Enfoque de preferencias declaradas, que utiliza encuestas para



obtener el valor que la gente le da a cambios hipotéticos en la provisión de los SE (p. ej., el valor de prevenir que desaparezca una rana endémica).

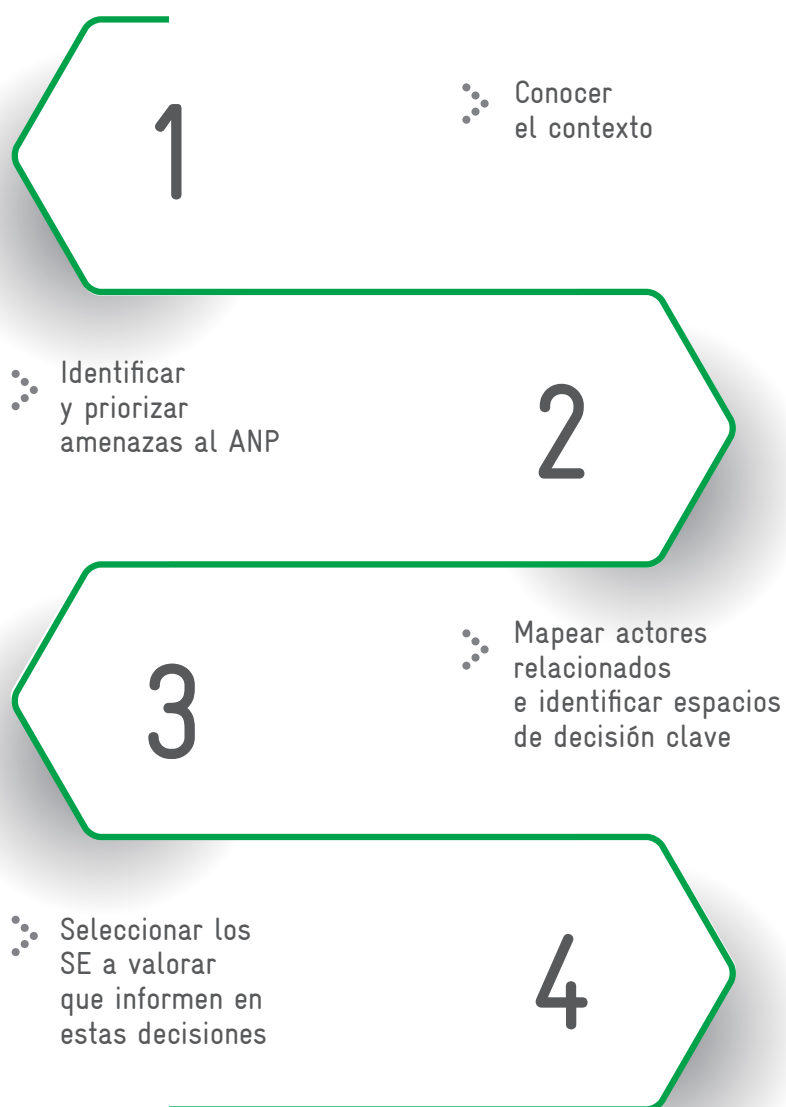
En el contexto de este proyecto, un estudio secundario es aquel en el que no se colecta información directa de campo y puede realizarse a través de una transferencia de beneficios (extrapolando valores de SE de sitios donde se han llevado a cabo estudios primarios al sitio de interés) o a través de la recopilación de la mejor información disponible (bibliográfica o de comunicaciones personales).



3.2. Selección de servicios ecosistémicos para el complejo de ANP de Cozumel

Para seleccionar los SE más importantes a valorar, se llevó a cabo un proceso de cuatro pasos, tal como se resume en la Figura 3.3.

FIGURA 3.3. Pasos identificados para la selección de SE a valorar



Primero, se realizó una caracterización de la zona de estudio con base en una revisión bibliográfica e información proporcionada directamente por el personal de ambas ANP. Esta etapa permitió aterrizar los pasos siguientes.

Segundo, a través de un taller con actores clave, entrevistas y revisión de la literatura se identificaron las principales amenazas que afectan la provisión de SE que genera el complejo de ANP. Se encontró que tanto el PNAC como el APFFIC enfrentan amenazas de diferentes tipos: externas (aquellas que ocurren fuera de los límites geográficos del polígono, pero que afectan directa o indirectamente a las ANP), internas (aquellas que ocurren dentro de los límites geográficos del polígono) y finalmente algunas que afectan la capacidad de la CONANP para incidir en procesos internos dentro de las ANP así como en procesos más amplios. Se destacan las siguientes:

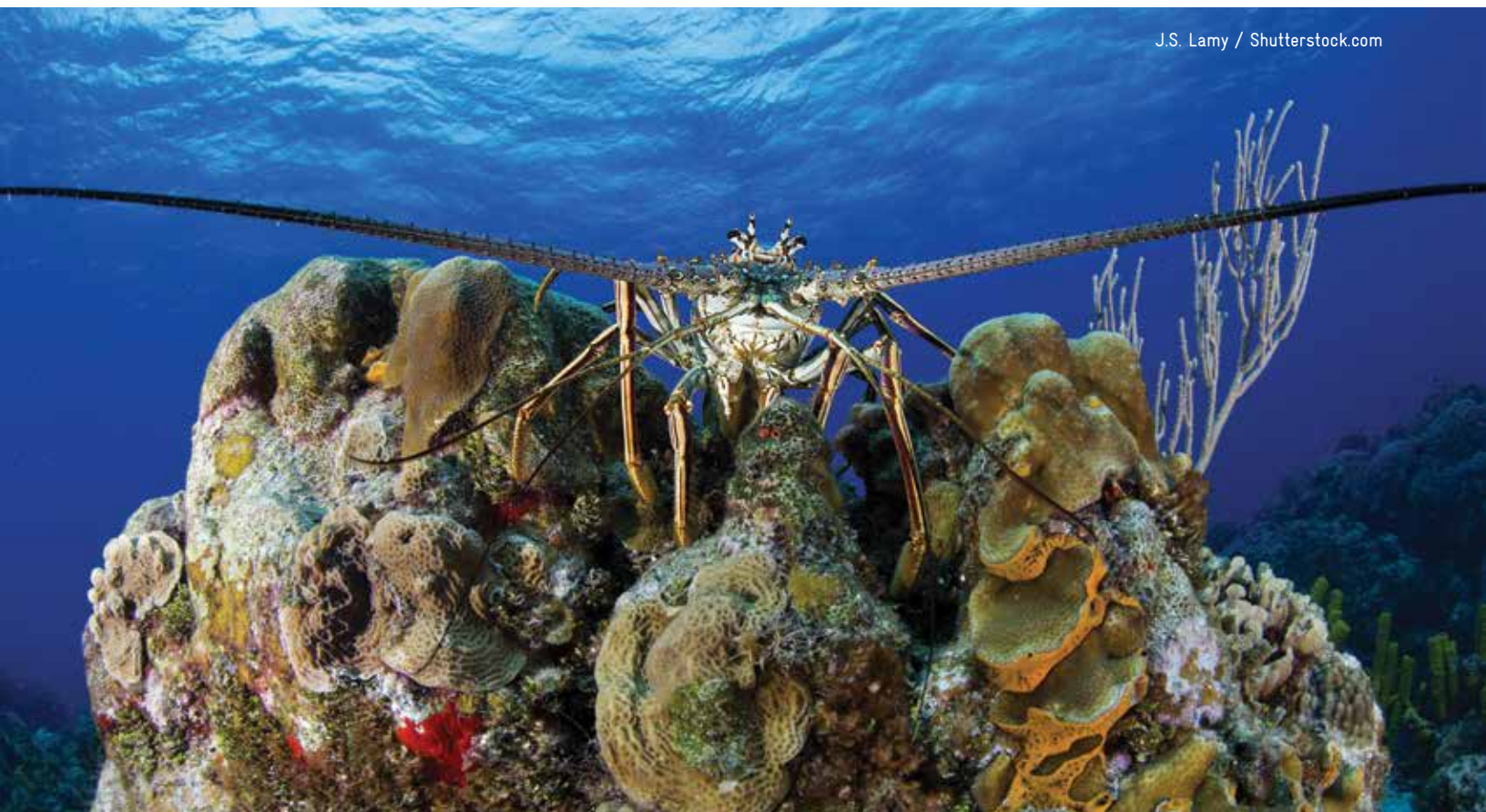
1. Externas: la presión respecto al cambio de uso de suelo en las áreas adyacentes a las ANP, resultado del desarrollo costero no planeado y el aumento poblacional, que en conjunto siguen modelos de turismo y desarrollo no sostenibles que acarrearán la pérdida de cobertura vegetal. Junto con el crecimiento poblacional perma-

nente y flotante, hay un aumento en la demanda de recursos y la generación de desechos. Aproximadamente unas 10 ha de la isla se usan como tiraderos a cielo abierto.

Otra amenaza es la degradación de la calidad del agua marina por contaminación de aguas residuales y grises, también resultado del crecimiento urbano y poblacional no planeado, así como de la presión por un desarrollo masivo proveniente de los cruceros. El declive de la calidad del agua afecta de manera directa la biodiversidad marina y la funcionalidad de los ecosistemas, así como los SE que generan para la sociedad.

Finalmente, si no se toman medidas adecuadas para controlar los impactos del turismo, el tipo de mercadeo actual, el segmento de turistas que visita la isla y la percepción pública del turismo como un destino de fiesta y una parada indispensable en la ruta de cruceros internacionales, puede resultar incompatible con los esfuerzos de conservación, así como la importancia biológica y cultural de Cozumel.

2. Internas: En el PNAC, los elevados niveles de visitación, acompañados de una falta de implementa-



ción de buenas prácticas por parte del sector turismo, promueven la degradación de los arrecifes por daños directos a las colonias de coral. Esto pasa, por ejemplo, cuando se golpea el coral con las aletas desprendiendo algunos fragmentos, al fijar instrumentos sobre los corales, al anclar inadecuadamente las embarcaciones, al contaminar el agua por los motores y por verter en ella desechos sólidos (CONANP, 1998). Adicionalmente, existen prestadores de servicios que ingresan al Parque Nacional de manera ilegal, sin contar con autorización para operar, contribuyendo a sobrepasar la

capacidad de carga del área (CONANP - PNAC, comunicación personal, noviembre 2015). Aunque el estado actual del arrecife es saludable (HRI, 2015), el sobreuso del ecosistema compromete el valor biológico y socioeconómico de los arrecifes en el mediano y largo plazos.

Dentro del APFFIC la contaminación del agua y el desarrollo costero constituyen las principales amenazas a la conservación de sus principales ecosistemas y los SE que éstos generan. El manejo inadecuado e inefectivo de una planta de tratamiento de aguas re-

siduales situada dentro de un ANP estatal tiene un impacto directo en la calidad del agua del manto acuífero de Cozumel y del agua costera (salobre y marina), amenazando la principal y única fuente de agua dulce, la salud humana de la población local y los turistas, así como la biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas. Debido a que el tipo de suelo de la isla es kárstico y, por lo tanto, altamente permeable, y dado que el manto acuífero se recarga únicamente a través de la lluvia, es vital la preservación, recarga y adecuado uso del agua para abastecer a la creciente población de Cozumel (SEMARNAT, sin fecha). Por otro lado, el cambio de uso de suelo, en gran medida impulsado por un desarrollo costero no sostenible dentro o en las inmediaciones del ANP, fomen-

ta la disminución de la cobertura vegetal natural de humedales costeros. De esta manera, su función como reguladores del flujo hídrico se pone en riesgo, reduciendo su capacidad como amortiguadores contra inundaciones y eventos climáticos, disminuyendo la protección que brindan a la población humana, la infraestructura construida y su potencial en la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

Las actividades pesqueras ilegales (dentro del PNAC) y no sostenibles (dentro del APFFIC) son otra problemática común que impacta la biodiversidad y funcionalidad de los sistemas marinos costeros, comprometiendo el rol que tienen las ANP como refugios pesqueros y potenciales fuentes de ingreso en los planos local y regional, a





través de la pesca deportiva dentro del APFFIC y la pesca de subsistencia, artesanal y comercial fuera de ambos polígonos.

Adicionalmente, en ambas ANP el deseo de replantar las playas turísticas con arena ha generado una amenaza constante para las dunas costeras dentro y fuera de las ANP. Su destrucción pone en riesgo las múltiples funciones ecológicas que generan, así como el papel que cumplen en la conectividad del hábitat marino costero.

A las anteriores amenazas que afectan las ANP de Cozumel, se suman los efectos del cambio climático como una amenaza a la biodiversidad y la población humana de la isla. La causa del cambio climático está fuera del control de los habitantes

locales, sin embargo, la degradación y pérdida de ecosistemas marino-costeros disminuyen el potencial de resiliencia, mitigación y adaptación que las ANP ofrecen a los efectos producidos por el cambio climático.

3. Capacidad: La CONANP en Cozumel necesita información adicional que evidencie el valor económico de los SE que depende del buen manejo de las ANP, para continuar y mejorar el nivel de incidencia en la toma de decisiones en la política pública y en el ordenamiento territorial local. También carece de un presupuesto suficiente para el manejo efectivo de ambas ANP. La falta de personal y recursos para mantener un sistema de control y vigilancia más efectivo (presencia limitada de la CONANP), la limitada presencia de la Procuraduría Federal de Protec-



Ramunas Bruzas / Shutterstock.com

ción al Ambiente (PROFEPA) y la debilidad del sistema judicial para monitorear y procesar las denuncias ambientales, ocasionan una constante violación de las regulaciones y leyes que sustentan el marco legal de la conservación.

Tercero, se realizó un mapeo de actores claves relacionados con las amenazas priorizadas, con el fin de definir las decisiones críticas que podrían beneficiarse de una mejor información sobre los SE que proveen las ANP. La hipótesis planteada indica que, si se demuestra que un manejo efectivo de las ANP protege valores importantes a escalas locales y nacionales, entonces sería importante y necesario tomar decisiones que fortalezcan el rol de las ANP. Por lo anterior, se consideró que para el PNAC y el APFFIC sería importante generar información para los siguientes procesos o decisiones:

1. El proceso de asignación de presupuesto del PNAC y el APFFIC, para mejorar su gestión a través de las acciones de control y vigilancia, investigación y monitoreo, educación ambiental, regulación de uso y aprovechamiento de los ecosistemas, emisión de opiniones técnicas para las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) y acompañamiento de procesos relevantes.



2. Las decisiones respecto a la aplicación del ordenamiento territorial correspondiente para evitar el cambio de uso de suelo que resulte en la degradación y eliminación de la cobertura de mangle, manteniendo sus funciones para la protección costera y la disminución de la vulnerabilidad de la región frente a eventos climáticos extremos.

3. El comportamiento de actores del sector privado, como prestadores de servicios turísticos (permisionarios, operadores de esnórquel/buceo, clubs de playa y hoteles) y usuarios directos dentro del PNAC, respecto al uso de los arrecifes. Son relevantes para este grupo los comportamientos propios, la potencial acción colectiva dentro de cada subsector y el aporte para la aplicación de las leyes existentes.

Cuarto, con base en lo anterior se seleccionaron los siguientes SE a valorar:

1. **Recreación:** La recreación es un valor de uso directo en el que los usuarios disfrutan de la naturaleza practicando algunas actividades o mediante la simple contemplación del paisaje (Clough, 2013). Una buena parte de los servicios de recreación que proporciona Cozumel están relacionados con actividades acuáticas dentro del PNAC. Por lo anterior, se decidió estudiar el va-

lor económico que los turistas le dan a la calidad del arrecife del PNAC. Este SE se eligió a partir de la hipótesis de que genera valores tangibles y significativos en el ámbito local, y su cuantificación puede establecer el vínculo entre el estado de conservación de los arrecifes y la economía local. A su vez, el estado de los elementos claves de los arrecifes se encuentra bajo la influencia directa del sector turístico. Al cuantificar este SE, se espera influir en los procesos 3 (comportamiento del sector privado) y 1 (el presupuesto de la CONANP), anteriormente mencionados.

2. Una gama de SE más amplios generados por los arrecifes y bosques de mangle: aquí se incluyeron los servicios de regulación (control de cambio climático, protección contra inundaciones, purificación del agua y aire), culturales (existencia) y de soporte (ciclo de nutrientes). Se consideró importante para los tres procesos identificados incluir un análisis amplio, aunque grueso, de estos valores, dada la extensión de ambos ecosistemas y que varios de los múltiples valores que proveen son poco visibles. Se espera que esto genere información relevante para los procesos 1 (el presupuesto de la CONANP) y 2 (ordenamiento territorial).

3. Aspectos espaciales de la protección costera: la protección costera es un servicio de regulación que beneficia a la población local. Esta valoración explora, de manera espacial, los procesos biofísicos de protección de costas (p. ej., retención y absorción del flujo hídrico, disminución de vientos y oleaje, entre otros) contra inundaciones y eventos climáticos, a través de la generación de un índice cualitativo del riesgo para la población. La protección que los ecosistemas proveen al mantenerse funcionales y en un buen estado forja argumentos acerca de la necesidad de invertir en la conservación del capital natural de Cozumel

a corto, mediano y largo plazos. El estudiar este SE proporciona información importante para los procesos 2 (ordenamiento territorial) y 3 (comportamiento del sector privado).

Con este conjunto de valoraciones se espera demostrar el gran valor de las ANP para que puedan adquirir un espacio merecido en los planes de desarrollo costero y los modelos y prácticas de turismo actuales. Se pretende demostrar también los valores locales concretos que sean de utilidad para varias instancias en la toma de decisiones a esta escala. Los detalles de las valoraciones llevadas a cabo se describen a continuación.



Brent Barnes / Shutterstock.com

4. Valoración económica

4.1. Recreación

4.1.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

La recreación se considera un servicio ecosistémico de carácter cultural (uso físico del paisaje). Según el enfoque del VET, la recreación es un valor de uso directo, de no consumo. Su valor se deriva de las preferencias de los turistas, las cuales en el presente caso están ligadas en algún nivel a los atributos naturales y el estado de conservación de los arrecifes. Para conocer el valor económico que tienen para el turismo los distintos atributos de conservación del arrecife del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, se realizó un Experimento de Elección (EE; *choice experiment* en inglés).

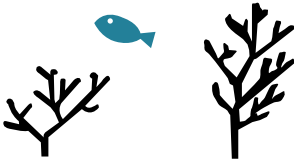




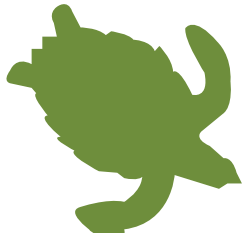
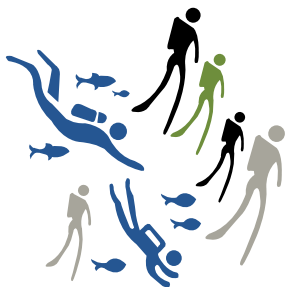
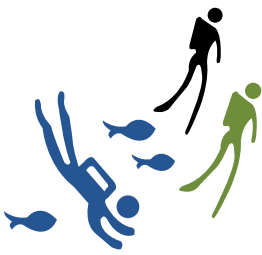
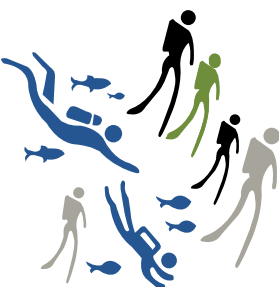


Los EE son parte de los métodos de valoración económica de preferencias declaradas, que consisten en la construcción de mercados hipotéticos que permiten identificar el valor económico en términos monetarios que los individuos otorgan a determinados recursos o programas que afecten su bienestar. Los EE, en particular, permiten desagregar un bien en las diferentes características específicas que posee y analizar el cambio en el



bienestar de los beneficiarios ocasionado por cambios en las características del bien (Espinal y Gómez, 2011).

El método se caracteriza por presentar una encuesta a los usuarios del recurso, en la que deben elegir la alternativa que prefieran entre las opciones compuestas por diferentes niveles de un grupo de atributos, tal como se muestra en el ejemplo de la Figura 4.1. Durante la aplicación del método se presentan variadas alternativas de elección (Vázquez y Prada, 2003) para lograr estimar la disposición a pagar (DAP) por un incremento en el bienestar, o la disposición a aceptar (DAA) por una pérdida en el bienestar, por cada atributo considerado. Es posible estimar el valor que se le da a un cambio en el estado de los atributos, o a un cambio en el manejo de los mismos (Reid *et al.*, 2016)

FIGURA 4.1. Ejemplo de una tarjeta para elección de atributos, donde el encuestado tiene que indicar su preferencia por la opción a, b, o c.

ATRIBUTO	POSIBLE ESTADO EN 10 AÑOS		
	OPCIÓN A	OPCIÓN B	OPCIÓN C
Biodiversidad	 <p>Baja</p>	 <p>Baja</p>	 <p>Alta</p>
Transparencia del agua	 <p>Hasta 7 metros</p>	 <p>Hasta 7 metros</p>	 <p>Hasta 30 metros</p>
Concurrencia	 <p>Muy concurrido</p>	 <p>Algo concurrido</p>	 <p>Muy concurrido</p>
Tarifa adicional	<p>MXN \$ 0</p>	 <p>MXN \$ 100</p>	 <p>MXN \$ 200</p>
Elección	Elijo A	Elijo B	Elijo C

Fuente: Elaboración propia.

Una ventaja del método del EE es que logra adaptarse óptimamente a cambios multidimensionales, permitiendo así valorar por separado los distintos atributos de un bien, en lugar de obtener sólo un valor combinado. En el presente caso, esto permite generar mensajes más relevantes para la toma de decisiones. Por ejemplo, la salud de los corales cae dentro del control de un permisionario de manera más directa que el conjunto de variables que colectivamente afectan el valor turístico del ANP (el cual incluye también distancia, costo, y contaminación de varias fuentes), de tal forma que es útil conocer el valor específico generado por mantener la calidad del arrecife.

Uno de los principales desafíos para aplicar bien el método consiste en la complejidad de la información presentada al entrevistado, lo que pudiera afectar la validez de su respuesta. Esto puede ser manejado con un buen diseño del instrumento de recolección de información, a través del uso de herramientas claras y prácticas para facilitar la comprensión de la problemática por el encuestado. Algunas de estas herramientas incluyen fotografías, una definición clara de los atributos y sus niveles, una descripción concisa de los escenarios que se plantean en el experimento, un número razonable de niveles y atributos, y la presen-

tación de un número razonable de escenarios a través de las tarjetas de elección. Además del diseño de la herramienta, el entrenamiento de los encuestadores es clave, de manera que, aunque extensa, la entrevista sea guiada de manera clara, efectiva y sistemática asegurando la calidad de los datos recabados.

En cuanto al número de escenarios, el número de combinaciones posibles puede llegar a ser muy alto. Por ejemplo, tal y como ocurre en el presente experimento, si tres atributos tienen tres posibles niveles, y el cuarto atributo tiene 10 niveles, entonces el número máximo de combinaciones sobre las que es posible preguntar a cada encuestado es:

$$3 \times 3 \times 3 \times 10 = 270.$$

Si el participante tuviera que elegir una opción entre 270 posibles combinaciones, es evidente que sería un instrumento imposible de aplicar. Por ello, se selecciona un subconjunto de las posibles combinaciones considerando algún criterio de optimalidad (Carías-Vega y Alpízar, 2011). Uno comúnmente utilizado es el criterio de eficiencia de diseño (D-eficiencia), el cual adquiere el valor de entre cero y 100%, y toma el valor más alto cuando el subconjunto de combinaciones seleccionadas es ortogonal y balanceado; lo cual quiere decir que ningun-

na combinación se repite (ortogonal), y los niveles de los atributos aparecen el mismo número de veces (balanceado) (Kuhfeld, 2010). Adicionalmente, el grupo óptimo de combinaciones se puede dividir (p. ej., en dos) para que la mitad de la muestra vea la mitad de las combinaciones y la otra mitad de la muestra vea el resto.

Finalmente, estas operaciones no impiden que se generen combinaciones dominantes, las cuales tienden a ser elegidas repetidamente por los encuestados por poseer las mejores alternativas al menor costo, en comparación con una combinación de elecciones donde los atributos muestran su peor condición a un costo elevado. Esto representa un problema en términos estadísticos, pues todo modelo econométrico descansa sobre la base de que los datos tienen variabilidad, y por ende un conjunto de elección en el que siempre es elegida la misma alternativa no genera esta condición (Johnson *et al.*, 2013). Por lo tanto, hay que examinar las combinaciones para eliminar conjuntos donde hay una opción dominante.

Una vez levantadas las encuestas, se emplea un modelo econométrico para el análisis de los datos. El método empleado en la estimación de las preferencias es un logit mixto, el cual se aplica cuando la variable dependiente es una elección discre-



ta entre un conjunto de alternativas. Para la valoración realizada, la elección es la alternativa elegida en cada conjunto de elección y las características de las alternativas son los valores que toman los atributos.

La fórmula para calcular la DAP es la siguiente:

$$E(DAP^k) = \frac{E(\beta^k)}{\beta_{precio}}$$

Donde DAP significa disposición a pagar, k representa cierto atributo (p. ej., biodiversidad), β el coeficiente para este atributo estimado a partir del modelo Logit Mixto, y la función $E(.)$



es el promedio de una variable (en este caso, es el promedio de los coeficientes de cada atributo de todas las personas en la muestra - en un modelo Logit Mixto cada persona tiene un coeficiente asociado a cada atributo).

Los resultados permiten estimar la DAP promedio con sus límites inferior y superior, así como la DAP para cada atributo, incluso para distintos tipos de personas (p. ej., turistas, distintos niveles de ingreso, educación, etc.) si la muestra es de tamaño suficiente. Para hacer el cálculo se usó el comando *wtp* del programa *Stata*³ (para

más detalles veáse el Anexo 1). Una vez obtenida la DAP/DAA por visitante, se multiplica por el número total de turistas para generar valores económicos totales.

Para pronosticar el efecto que tendría un cambio de nivel en los atributos en la decisión de visitar o no Cozumel, a partir de la misma función se calculan los *efectos marginales*. Primero se ordenan las diferentes alternativas dentro de cada tarjeta de manera aleatoria. Al parámetro de interés (biodiversidad, transparencia, congestión o precio) se le asigna el

³ Este comando estima la DAP de cada atributo al dividir el coeficiente de cada atributo entre el coeficiente asociado al precio de la alternativa. Para calcular los intervalos de confianza se utiliza el método delta, que es el más preciso de acuerdo con Hole (2007).

valor de cero. A continuación, se estima el modelo n veces (en este caso 10) y se predice la probabilidad de elegir cierta alternativa. Posteriormente, se reemplaza el parámetro de interés con un valor de uno y se estima nuevamente el modelo n veces (en este caso 10) y se predice nuevamente la probabilidad de elegir cierta alternativa. Luego se obtiene la diferencia entre la probabilidad antes y después del incremento en el nivel del atributo. Finalmente, se obtiene el promedio de estas diferencias (efectos marginales). Los errores estándar se estiman a partir del método de *bootstrap* (tomar submuestras aleatorias dentro de la misma muestra).

4.1.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

La encuesta que se aplicó contuvo los siguientes atributos: 1) biodiversidad (riqueza y diversidad de especies en el arrecife), 2) transparencia del agua (visibilidad dentro del agua en metros), 3) congestión (número de personas realizando actividades de buceo o esnórquel al mismo tiempo en el mismo lugar), y una tarifa adicional que tendría que pagarse por tener acceso al bien. Los tres primeros atributos presentaron tres niveles (bajo, medio y alto), y la tarifa para estimar la DAP tuvo 10 niveles distintos, tal como se resume en la Tabla 4.1.



En cada conjunto de elección se incluyó un escenario base, en el cual se consideraron los valores más bajos de los atributos (poca biodiversidad, poca transparencia, alta congestión y tarifa de entrada al Parque Nacional igual a cero), que representa un escenario posible a 10 años, en caso de que las activi-



Fotografía: Archivo CONANP

no influye en la importancia que asigna el entrevistado a cambios en cada atributo.

A través del programa DCREATE de Stata se generaron 16 conjuntos de elección iniciales. Después se revisaron para asegurar la inexistencia de combinaciones dominantes. Los procesos de generación de diseños, revisión y modificación de alternativas dominantes se repitieron aproximadamente 50 veces, evaluando la D-eficiencia del mismo. El diseño final mostró una D-eficiencia de 89%, la cual fue la mejor de todas las opciones, considerándose aceptable.⁴

Para que la duración y complejidad de la encuesta fuera razonable y el modelo permitiera la aplicación en campo de la herramienta, el número de conjuntos de elección por encuestado se limitó a ocho, lo cual requirió repartir la encuesta en dos bloques que contenían ocho conjuntos de elección diferentes cada una, para un total de 16 conjuntos de elección diferentes. A la mitad de los encuestados se les aplicó la encuesta del bloque uno y a la otra mitad el bloque dos (según Johnson *et al.*, 2013).

El diseño final utilizado en la recolección de la información se presenta en la Tabla 4.1.

dades de conservación decrecieran o se discontinuaran y las amenazas identificadas continuaran su curso. El uso de un escenario base negativo sirvió para establecer un punto de partida en el diseño del experimento, pero se debe notar que

⁴ La D-eficiencia es una medida relativa, es decir, que debe compararse respecto a distintos diseños en una misma situación, tal y como se llevó a cabo en las comparaciones de los distintos diseños, con los mismos atributos y niveles (Kuhfeld, 2010).

TABLA 4.1. Diseño de conjuntos de elección, experimento de elección

Conjunto de elección	Atributos			Tarifa adicional (pesos)	Alternativa	Bloque
	Biodiversidad	Transparencia	Congestión			
1	Baja	Baja	Media	100	A	2
	Alta	Alta	Mucha	150	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2
2	Alta	Media	Mucha	100	A	2
	Media	Alta	Poca	1,700	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2
3	Media	Media	Media	0	A	2
	Baja	Alta	Mucha	200	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2
4	Alta	Media	Poca	200	A	1
	Baja	Baja	Mucha	110	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
5	Baja	Baja	Poca	800	A	2
	Media	Alta	Media	2,000	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2
6	Baja	Alta	Media	2,000	A	2
	Alta	Baja	Mucha	500	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2
7	Media	Media	Mucha	800	A	1
	Alta	Alta	Poca	1,400	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
8	Alta	Media	Media	100	A	2
	Media	Alta	Poca	110	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2
9	Alta	Alta	Media	800	A	2
	Media	Media	Poca	150	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2



TABLA 4.1. Diseño de conjuntos de elección, experimento de elección (*continuación*)

Conjunto de elección	Atributos			Tarifa adicional (pesos)	Alternativa	Bloque
	Biodiversidad	Transparencia	Congestión			
10	Media	Alta	Poca	500	A	1
	Alta	Baja	Media	110	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
11	Media	Media	Mucha	500	A	1
	Alta	Baja	Media	1,700	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
12	Baja	Alta	Media	1,400	A	1
	Media	Baja	Mucha	150	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
13	Baja	Media	Poca	2,000	A	1
	Media	Baja	Media	200	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
14	Alta	Alta	Mucha	2,000	A	1
	Baja	Baja	Poca	100	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
15	Baja	Media	Mucha	150	A	1
	Media	Baja	Media	1,700	B	1
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	1
16	Baja	Media	Media	500	A	2
	Alta	Baja	Poca	1,400	B	2
	Baja	Baja	Mucha	0	Base	2

Antes del levantamiento formal, se realizó una prueba piloto en la isla con el fin de probar la herramienta, evaluar los sitios preseleccionados, ajustar detalles en el proceso del levantamiento de datos y establecer el rango de montos. Se recolectaron

70 entrevistas completas para esta prueba piloto. A raíz de este ejercicio, se decidió modificar la tarifa máxima, en un principio de 3,000 pesos, a 2,000 pesos como máximo monto, dadas las escasas elecciones de montos mayores o cercanos a este

valor. También se hicieron cambios menores en la redacción del texto para mejorar la fluidez de los encuestadores durante el ejercicio.

Para llevar a cabo la aplicación de las encuestas, se conformó un equipo de encuestadores de campo entrenados, los cuales recopilaban 750 entrevistas personales durante los meses de mayo y junio de 2016. Previo trámite de los permisos requeridos, las entrevistas se realizaron en puntos estratégicos de la isla, seleccionados con anterioridad, en los cuales se tuvo acceso a los diferentes tipos de turistas que visitan la isla: a) aquellos identificados como "excursionistas" por pasar menos de

un día completo en Cozumel (incluyeron a los pasajeros de los cruceros y aquellos provenientes de Playa del Carmen y Cancún que no pernoctan en la isla) y b) a los "turistas" que visitan Cozumel como uno de sus destinos principales y se hospedan una noche o más en la isla. A través de esta estrategia se obtuvo también una buena muestra de extranjeros y nacionales.

En números absolutos los excursionistas son muchos más; sin embargo, se buscó una muestra representativa de ambos grupos (en lugar del turista promedio, quien simplemente sería un excursionista), porque tienen diferentes usos, y por lo tanto sospe-



Chepe Nicoli / Shutterstock.com

chamos *a priori* que también tienen diferentes preferencias con respecto al medio ambiente.

Para evitar los posibles sesgos respecto a las preferencias dentro de cada grupo, se seleccionaron cuidadosamente los espacios donde llevar a cabo las entrevistas para no favorecer ningún tipo de público, balanceando el posible número de encuestados según su origen (muelles de cruceros, aeropuertos) e incluyendo sitios neutros (parque central, malecón).

Las entrevistas se realizaron tanto en inglés como en español, según el idioma de preferencia del encuestado.

Según las buenas prácticas para el diseño de encuestas para la valoración contingente (Carson y Hanemann, 2005), la encuesta empezó con una muy breve introducción que estableció el contexto, anonimato, y legitimidad del ejercicio. Posteriormente incluyó preguntas respecto al uso que los encuestados le dan al Parque Nacional, sus opiniones, conocimiento y actitudes hacia el medio ambiente. Para la parte de la valoración, se inició con una descripción y fotos del estado actual del PNAC y las amenazas que enfrenta, seguido de una descripción de los atributos del arrecife incorporados en el experimento y un ejemplo del ejercicio. Después de que el encuestado se-

leccionó sus preferencias entre las ocho diferentes tarjetas de elección, se le preguntó directamente la importancia asignada a cada uno de los atributos. Finalmente, la encuesta concluyó con preguntas respecto a las características sociodemográficas de los participantes. Se usaron tarjetas plastificadas con las fotografías, los atributos, los escenarios y las tarjetas de elección para la aplicación de la encuesta, mismas que se proporcionaron a los encuestados para que ellos mismos eligieran sus respuestas.

4.1.3. RESULTADOS

4.1.3.1. Estadística descriptiva

Del total de las encuestas llevadas a cabo (750), en 10 casos no se completaron las respuestas sobre los conjuntos de elección. Por lo tanto, la muestra total para la estadística descriptiva fue de 750 y la usada para la estimación del modelo econométrico fue de 740 turistas. Para interpretar la estadística descriptiva, cabe recalcar que, a través de la estrategia de estratificación, se buscó tener números representativos tanto de excursionistas como de turistas; los promedios reportados no representan el turista promedio o "típico", porque en números absolutos los excursionistas son diez veces más numerosos. Por otro lado,

se aclaran varias cosas respecto a los dos tipos de turistas. Para facilitar la interpretación, se desagregan por grupo en varias partes del estudio para presentar los datos de manera más clara.

El 59% de los encuestados manifestó que su estancia en Cozumel sería mayor a un día de duración, mientras que el resto indicó que sólo estaba de excursión (incluye a pasajeros de cruceros y personas que viajan desde Playa del Carmen o Cancún a pasar el día). Para los turistas, la duración de la estancia promedio en Cozumel fue de 5.78 días y la duración total del viaje fue de 10.99 días. El 68% de los encuestados realizaron actividades de buceo o esnórquel (Tabla 4.2). De este 68%, considerando por separado a los turistas y los excursionistas, 78% de

los turistas realizaron actividades de buceo o esnórquel, mientras que 58% de los excursionistas realizaron estas actividades.

Se encontró también que, en promedio, los encuestados habían visitado Cozumel 2.5 veces, lo cual indica una muy alta incidencia de venir múltiples veces, especialmente cuando se considera que 59% sólo había visitado la isla una vez (durante la cual fueron entrevistados). La gran mayoría de los turistas provinieron de México (45%) y de Estados Unidos (45%) y sólo un 10% de otras partes del mundo como Argentina, Canadá, España, Colombia, Israel, Chile y el Reino Unido, entre otros. Trece por ciento de la muestra pertenece o apoya a una organización ambiental (véase la Tabla 4.2).

4.1.3.2. Modelo econométrico

A partir del análisis econométrico para toda la muestra (véase la Sección 4.1.1), se encontró que las personas prefieren mayores niveles de biodiversidad, mayor transparencia del agua, menores niveles de congestión y tarifas más bajas (véase la Tabla 4.3, primeras cuatro filas; los valores negativos indican una relación negativa).

También se analizó la variación en las preferencias individuales de cada atributo (Tabla 4.3, filas 5-7) y la co-





TABLA 4.2. Estadística descriptiva

VARIABLE	UNIDAD	OBS	PROMEDIO	DESV. EST.	MÍN.	MÁX.
Turistas	Porcentaje	750	0.59	0.49	0	1
Número de visitas	Número	750	2.49	4.28	1	50
Estancia en Cozumel	Días	750	5.78	20.92	1	360
Duración del viaje	Días	750	10.99	41.24	1	730
Incluye buceo o esnórquel	Porcentaje	750	0.68	0.47	0	1
Buzos	Porcentaje	750	0.33	0.47	0	1
Apoyo a organizaciones ambientales	Porcentaje	750	0.13	0.33	0	1
Dependientes	Número	748	2.15	1.59	0	21
Edad	Años	749	36.24	13.58	13	74
Género (Mujer)	Porcentaje	750	0.46	0.50	0	1
Años educación	Años	750	15.55	2.65	0	18
Ingreso (mexicanos)	Pesos/mes	257	13,124.42	12,489.9	2,000	48,000
Ingreso (extranjeros)	Pesos/mes	285	145,106.00	90,527.83	15,416.67	308,333.3
Casado	Porcentaje	733	0.49	0.50	0	1
Trabaja	Porcentaje	750	0.70	0.46	0	1

Fuente: Elaboración propia.

relación que existe entre las preferencias sobre los atributos (Tabla 4.3, filas 7-9). Se observó que la mayor variación entre preferencias se da en los atributos de biodiversidad y congestión, es decir, el gusto o preferencia por estos atributos es más heterogénea entre personas, en comparación con la preferencia por la transparencia del agua. En otras palabras, el gusto por la transpa-

rencia del agua es más similar entre personas, que el gusto por la biodiversidad y por la congestión. Por otro lado, existe una correlación positiva entre los atributos de biodiversidad y transparencia, es decir, que a las personas a las que les gusta la biodiversidad, también les gusta la transparencia. No se encontró una relación entre la congestión y la biodiversidad o la transparencia.

TABLA 4.3. Resultados del modelo Logit Mixto

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE EXPLICATIVA	VALOR DEL COEFICIENTE
Atributo de la visita al arrecife	Tarifa	-0.000529*** (-12.95)
	Biodiversidad	1.034*** (22.51)
	Transparencia	0.706*** (18.61)
	Congestión ^a	-0.897*** (-9.80)
Varianza en las preferencias	Var(Biodiversidad)	0.847*** (18.35)
	Var(Transparencia)	0.473*** (12.49)
	Var(Congestión)	0.861*** (11.52)
Covarianza en las preferencias	Cov(Biodiv,Transp)	0.118*** (2.57)
	Cov(Biodiv,Conges)	-0.052 (-0.58)
	Cov(Transp,Conges)	0.066 (0.56)

Estadístico *t* en paréntesis; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; $N = 17760^5$ / ^a coeficientes sensibles a la especificación del modelo. Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos resultados y la fórmula para calcular la DAP expuesta anteriormente, se estimaron las siguientes DAP promedio: *para evitar que la biodiversidad disminuya de alta a media se pagarían 1,954 pesos (USD*

108); ⁶ *y para evitar que la transparencia decrezca de alta a media se pagarían 1,334 pesos (USD 73)*. En el caso de la congestión, si bien encontramos un coeficiente negativo en la regresión, este efecto no es suficien-

5 $N = 8$ tarjetas x 3 alternativas x 740 encuestados = 17,760

6 Tipo de cambio utilizado: 18.1527 pesos por dólar americano; promedio de tasa de cambio entre enero y agosto de 2016 (www.banxico.org.mx).



TABLA 4.4. Disponibilidad a pagar (DAP) por atributo por visita (en pesos)

	BIODIVERSIDAD	TRANSPARENCIA	SUMA
DAP	1,954.56	1,334.28	3,288.84
Límite inferior	1,674.52	1,167.88	2,842.40
Límite superior	2,234.59	1,500.69	3,735.28

Fuente: Elaboración propia

temente robusto (es sensible a cambios en la especificación del modelo) y por tanto omitimos realizar inferencias estadísticas sobre este atributo (Tabla 4.4).⁷ Así, sumando los montos de las DAP, preservar (para biodiversidad y transparencia) la calidad de la experiencia de buceo y esnórquel en los arrecifes tiene un valor de 3,289 pesos (USD 181) por turista por visita. Como punto de comparación, un tour promedio de buceo cuesta 1,815 pesos (USD 100).

Con base en estos resultados, se estimó nuevamente el modelo para distintos grupos de encuestados descritos en la Tabla 4.5. Las principales observaciones acerca de las DAP según los distintos perfiles se indican a continuación:

i. Se observó una marcada diferencia entre las preferencias indicadas por mexicanos y extranjeros, siendo la DAP de los mexicanos mucho mayor que la de los extranjeros.

Esto probablemente esté relacionado a que los mexicanos tienen una mayor disposición a conservar algo que sienten como "suyo".

ii. Las personas que han visitado Cozumel más veces indicaron una mayor DAP por la biodiversidad y la transparencia, lo cual probablemente esté asociado a un sentido de pertenencia respecto a la isla, como en el caso anterior.

iii. No se observó una diferencia significativa entre la DAP de los turistas y la de los excursionistas para los atributos de biodiversidad y transparencia. Este resultado fue inesperado según la hipótesis *a priori*, pues el supuesto era que los turistas, más comúnmente buzos o esnorquelistas con experiencia, tendrían una DAP más alta.

iv. Los buzos y esnorquelistas experimentados tienen menor DAP en comparación con otros tipos de tu-

⁷ Este comando estima la DAP de cada atributo al dividir el coeficiente de cada atributo entre el coeficiente asociado al precio de la alternativa. Para calcular los intervalos de confianza se utiliza el método delta, que es el más preciso de acuerdo con Hole (2007).



Mantener el arrecife en su mejor estado de conservación tiene un valor de 5,493 millones de pesos (304 millones de dólares) al año en promedio para los 1.8 millones de turistas, que visitan la isla.

ristas, lo cual podría estar asociado a la utilidad marginal decreciente de la experiencia de buceo y esnórquel. Este resultado es otro que va en contra de la expectativa *a priori*.

- v. Las personas que pertenecen a una organización ambiental tienen una DAP asociada a la biodiversidad más alta que las personas que no contribuyen.
- vi. Los mexicanos con ingresos menores al promedio presentaron una DAP mayor asociada a la transparencia. Éste es un resultado que no se esperaba, el cual posiblemente esté vinculado con un sobrerreporte de ingresos durante la entrevista por motivos de desconfianza.
- vii. Para los extranjeros, las personas de mayores ingresos tienen una DAP ligeramente mayor, lo cual, al contrario del caso mexicano, era de esperarse.

Para conocer los valores totales se parte de que 3 millones de personas visitan Cozumel cada año (Administración Portuaria Integral de Quintana Roo, 2016), de los cuales aproximadamente 2.7 millones son excursionistas (SEDETUR, 2013 en Palafox *et al.*, 2014), lo cual deja 0.3 millones de turistas (DATATUR, 2016). De estos, considerando las tasas de buceo y esnórquel por tipo de visitante reportados en este estudio (78 y 57% por excursionistas y turistas, respectivamente), 1.8 millones son usuarios directos del arrecife. Los valores promedio de la DAP por persona del grupo que usa el arrecife son de 1,826 pesos (USD 101) para evitar que la biodiversidad disminuya de alta a media y 1,226 pesos (USD 68) para evitar que la transparencia decrezca de alta a media. Sumando ambos atributos resulta en una DAP de 3,052 pesos (USD 169). Multiplicando esta DAP por el número de usuarios directos nos da que *mantener el arrecife en su mejor estado de conservación en términos de biodiversidad y transparencia del agua tiene un valor para los turistas de 5,493 millones de pesos (USD 304 millones) al año.*

Para contextualizar, dejar degradar el arrecife del PNAC causaría una pérdida en la experiencia turística equivalente a más de la tercera parte del valor de la derrama econó-

TABLA 4.5. Disponibilidad a pagar (DAP) por perfiles (en pesos)

PERFILES	ATRIBUTOS DEL ARRECIFE EVALUADOS		
	N	Biodiversidad	Transparencia
Todos	740	1,954	1,334
Los que usan el arrecife (esnórquel o buceo)	505	1,826	1,226
Turistas	439	1,982	1,300
Excursionistas	301	1,872	1,389
Buzos experimentados	61	1,396	948
Esnorquelistas experimentados	179	1,694	1,145
Personas sin experiencia en buceo o esnórquel	233	2,453	1,703
Escolaridad arriba del promedio	411	1,956	1,378
Escolaridad abajo del promedio	329	1,991	1,296
Mexicanos	331	2,509	1,842
Extranjeros	409	1,671	1,080
Más de 2.5 visitas a Cozumel	156	2,308	1,591
Menos de 2.5 visitas a Cozumel	584	1,889	1,285
Pertenece a organización ambiental	94	2,371	1,137
No pertenece a organización ambiental	646	1,923	1,380
Edad mayor a 36 años	319	1,911	1,316
Edad menor a 36 años	421	2,029	1,408
Ingreso menor al promedio (mexicanos)	139	2,486	2,124
Ingreso mayor al promedio (mexicanos)	73	2,557	1,497
Ingreso menor al promedio (extranjeros)	162	1,463	951
Ingreso mayor al promedio (extranjeros)	180	1,574	1,021

Fuente: Elaboración propia.

mica local que deja la industria de los cruceros. Por otro lado, desde la perspectiva de los turistas, toda contribución de su parte que garantice la conservación del arrecife y que sea

menos costosa que el valor estimado de su conservación será una inversión costo-efectiva, ya que protegería un valor económico mayor al costo de obtenerlo.



12% de turistas dejarían de visitar Cozumel de continuar la degradación de los arrecifes, provocando una pérdida para la economía local de 1,500 millones de pesos (83 millones de dólares) por año.



4.1.3.3. Efectos marginales

Los efectos marginales representan el cambio en la probabilidad de aceptar una alternativa dado que hay una disminución en un nivel del atributo (p. ej., pasar de alto a medio). Se encontró que éstos fueron de 6% para biodiversidad y de 6% para transparencia. En relación con el precio, el efecto marginal fue de 0.7%, lo que representa el cambio en la probabilidad de aceptar una alternativa dado que hay un incremento de 100 pesos en el precio (p. ej., a través de un incremento en la tarifa de entrada). En ambos casos podemos interpretar que el cambio en la probabilidad es un cambio en la visitación. Si la biodiversidad y

transparencia disminuyen en un nivel, se estima que la visitación disminuirá en 12% por año. Considerando una derrama económica de 12,590 millones de pesos (SEDETUR, 2013 en Palafox et al., 2014), se podría tener una pérdida de 1,510 millones de pesos al año. Los resultados de los efectos marginales se presentan en la Tabla 4.6.

TABLA 4.6. Efectos marginales por atributo

BIODIVERSIDAD	$mfx = 0.069197$ Intervalo de Confianza 95%: (0.06464, 0.073754)
TRANSPARENCIA	$mfx = 0.0658545$ Intervalo de Confianza 95%: (0.0604517, 0.0712573)
PRECIO	$mfx = -0.00706$ Intervalo de Confianza 95%: (-0.0082, -0.00592)

Nota: el efecto reportado para un cambio de precio es para un cambio de 100 pesos.

4.2. Información existente sobre los valores de mangle y arrecifes coralinos

4.2.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

Esta sección considera múltiples SE a través del método de transferencia de beneficios. Como su nombre lo indica, este método se basa en “transferir” al sitio de interés los resultados de estudios de ecosistemas similares ya realizados. En particular, se usan valores monetarios de bienes ambientales de un contexto estudiado para estimar los beneficios de servicios similares dentro de un contexto diferente, pero donde no se conoce su valor (Desvougues *et al.*, 1992). Esta metodología se eligió con el fin de ofrecer una visualización del valor económico de algunos de los SE más importantes proveídos por los ecosistemas marino-costeros más importantes de Cozumel, como complemento al estudio primario del SE de recreación de los arrecifes. Se usaron tanto la 1) *transferencia directa del valor (value transfer)*, en la cual se reporta de forma simple el valor obtenido por estudios similares al contexto de interés, como la 2) *transferencia del valor a partir de una función econométrica (function*



transfer), que se hace a través de calibrar una estimación existente a las condiciones particulares del sitio de interés (Kaul *et al.*, 2013).

4.2.1.1. Valoración económica de SE prestados por los manglares

Se estimó el valor económico de los servicios ecosistémicos de los manglares de Cozumel a partir del método de transferencia de funciones, utilizando los resultados de Salem y Mercer (2012), quienes realizaron un meta-análisis del valor económico de los servicios ecosistémicos de los manglares considerando 44 es-

tudios, que en total concentran 145 observaciones sobre distintos SE. Dicho meta-análisis incluye estudios con diversas metodologías, servicios y áreas geográficas; para América se incluyen 18 observaciones (12% del total de los estudios incorporados).

En el modelo econométrico los autores incluyen los siguientes SE: forestal, recreación, protección costera, secuestro de carbono y valores de no uso (p. ej., existencia). En cuanto a la posibilidad de ajustar las estimaciones al contexto, el usuario puede ingresar valores particulares del sitio de interés para especificar la extensión del manglar, región del mundo y producto interno bruto (PIB) per cápita.

4.2.1.2. Valoración económica de SE prestados por los arrecifes coralinos

Para los arrecifes de Cozumel, se desarrolló una transferencia de valores con base en una búsqueda y revisión exhaustiva de la literatura disponible en la Base de Datos de Servicios Ecosistémicos (Ecosystem Services Valuation Database – ESVD), desarrollada por la Ecosystem Services Partnership (ESP, 2010), que fue utilizada para desarrollar los informes de la iniciativa Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB por sus siglas en inglés). Esta base comprende

1,310 registros de valores económicos de distintos servicios ecosistémicos de distintos ecosistemas.

4.2.2. RESULTADOS

4.2.2.1. Servicios ecosistémicos generados por manglares

Para la transferencia de beneficios a través del modelo de Salem y Mercer (2012), se ajustaron las variables de contexto de la siguiente forma:

1. *Extensión del manglar*: la CONANP reporta una cobertura de manglar de 3,760 hectáreas para el APFFIC y 13.34 hectáreas dentro del PNAC (Herrera *et al.*, 2008). Una estimación propia usando datos de la CONABIO (2013) indica una cobertura total de 3,654 hectáreas de manglares dentro de ambas ANP federales en Cozumel. Los siguientes análisis se realizaron usando la medición propia.
2. *Variables categóricas que indican la región del mundo*: se asignó el valor de 1 a la región de América y 0 a otras regiones.
3. *PIB per cápita*: se asignó un valor de 142,298 pesos (USD 7,839) por persona, que se obtuvo de dividir el PIB del estado de QROO (INEGI, 2014) entre la población total del estado (INEGI, 2015).

TABLA 4.7. Ecuación de transferencia de beneficios para bosques de manglar.

VARIABLE	UNIDADES	COEFICIENTE	VALOR USADO
Estimación por hectárea	Categórica (1=Sí)	-1.066	0.260
Función de producción estática	Categórica (1=Sí)	-0.437	0.014
Función de producción dinámica	Categórica (1=Sí)	1.148	0.068
Otro tipo de regresión	Categórica (1=Sí)	3.705	0.034
Factor de ingreso neto	Categórica (1=Sí)	-0.618	0.192
Costo de reemplazo	Categórica (1=Sí)	-0.791	0.212
Valoración contingente	Categórica (1=Sí)	-2.421	0.068
Ln(área)	Ln (ha)	-0.0774	7.480
Importancia de turistas extranjeros en el valor	Categórica (1=Sí)	0.674	0.000
Asia (excl. Tailandia)	Categórica (1=Sí)	-0.833	0.000
África y Oriente Medio	Categórica (1=Sí)	1.043	0.000
América	Categórica (1=Sí)	-0.581	1.000
Otro continente	Categórica (1=Sí)	0.977	0.000
Protección legal ^a	Categórica (1=Sí)	0.845	0.486
Forestería	Categórica (1=Sí)	-0.455	0.240
Recreación	Categórica (1=Sí)	-0.263	0.096
Protección costera	Categórica (1=Sí)	2.059	0.197
Secuestro de carbono	Categórica (1=Sí)	1.342	0.048
Valor de no uso	Categórica (1=Sí)	5.809	0.041
Calidad de aire y agua	Categórica (1=Sí)	3.027	0.027
Ln(PIB)	USD por persona	0.866	8.948

Fuente: Elaboración propia con información de Salem y Mercer (2012), INEGI (2014), INEGI (2015) y Vázquez-Lule (2009).

^a. Es un sitio Ramsar o tiene algún grado de protección por el gobierno.

Los Sitios Ramsar son designaciones internacionales que reconocen el gran valor ecológico y biológico de un humedal, sin embargo, la designación no le confiere un estatus de protección legal del territorio. Los Sitios Ramsar que cuentan con estatus de protección legal del territorio son los que coinciden total o parcialmente con algún instrumento nacional (ANP de los tres niveles, ADVIC, Acuerdos de Destino, entre otros), estando protegidas sólo las porciones del sitio que coincidan con los instrumentos.

En un principio, y con el fin de estimar el valor total de los manglares para todas las demás variables del modelo, se utilizaron los promedios de la muestra que reportan los autores. Con estas

adaptaciones, se obtuvo que *el valor económico de un grupo de los SE provistos por los manglares de Cozumel es de 22,546 pesos por hectárea por año (USD 1,242 por ha/año) (Tabla 4.7).*



El valor económico de las 3,654 hectáreas de manglares dentro de estas ANP federales asciende a 82.4 millones de pesos (4.5 millones de dólares) al año.

Considerando estos valores y la extensión de los manglares de Cozumel dentro de las ANP (3,654 ha), *el valor económico total de los manglares dentro de las áreas protegidas federales asciende a 82.4 millones de pesos al año (4.5 millones de dólares), lo cual se debe considerar conservador por estar basado*

en solo cuatro SE. En la Tabla 4.8 se presentan estos resultados desagregados por servicio.

Considerando los SE de manera específica, el modelo no identificó un efecto significativo acerca de la contribución de los servicios forestales y de recreación, es decir, no es posible distinguir su contribución individual al VET de los manglares. Para los demás servicios ecosistémicos (protección costera, secuestro de carbono, valor de no uso, calidad del aire y agua) sí fue posible identificar su contribución marginal, asignando a este servicio un valor

TABLA 4.8. Valor económico por servicio ecosistémico para los manglares de Cozumel

Servicio	Valor marginal (pesos/ha/año)	Valor marginal (USD/ha/año)	% del valor total	Valor dentro de ANP federales	
				(MM\$/año)	(MMUS\$/año)
Protección costera	7,520	414	33.3%	27.5	1.5
Secuestro de carbono	1,407	77	6.2%	5.1	0.3
Valor de no uso	4,780	263	21.1%	17.5	1
Calidad del aire y agua	1,770	97	7.8%	6.45	0.4
Subtotal	15,466	852	68.4%	56.5	3.1
TOTAL	22,546	1,242	100%	82.4	4.5

Fuente: Elaboración propia con información de Salem y Mercer (2012), INEGI (2014), INEGI (2015) y Vázquez-Lule (2012).



de 0 en la ecuación de transferencia de beneficios, y después restando la diferencia entre el valor de “antes” (de 22,546 pesos/ha/año) y de “después” (el valor obtenido al asignar el número 0 al servicio correspondiente). Con esta operación se encuentra que los servicios mencionados tienen un aporte marginal de 15,466 pesos por hectárea por año (USD 852 por ha/año).

4.2.2.2. Servicios ecosistémicos generados por arrecifes de coral

A partir de la base de datos de la ESVD se seleccionaron todos aquellos registros relacionados con los arrecifes (categoría *coral reef* en la base de datos) que estuvieran expresados en USD por ha por año. Con esta selección se encontraron 125 valores relacionados con arrecifes. Todos los valores se transformaron a dólares de 2015 a partir del Índice de Precios al Consumidor (CPI por sus siglas en inglés), elaborado por el Buró de Estadísticas Laborales del Gobierno de los Estados Unidos (CPI, 2015). En la Tabla 4.9 se presenta el número de observaciones por país que se consideró en el análisis. Debido a que ninguna observación proviene de México, el análisis se complementó con valores del meta-análisis de estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos para México (Lara y Guevara, 2016).

TABLA 4.9. Número de observaciones por país

PAÍS	OBSERVACIONES
Australia	8
Belice	3
Caribe	7
Ecuador	12
Polinesia Francesa	13
Guadalupe	1
India	7
Indonesia	2
Jamaica	10
Kenia	4
Malasia	2
Antillas Holandesas	2
Filipinas	8
Santa Lucía	3
Sudeste Asiático	2
Sri Lanka	4
Tailandia	1
Trinidad y Tobago	3
Islas Turcas y Caicos	1
EUA	17
Vietnam	4
Mundo	11
TOTAL GENERAL	125

Fuente: Elaboración propia con información de ESP (2010).

Los registros seleccionados de la base de ESP (2010) se muestran en la Tabla 4.10, la cual incluye el número de observaciones por SE, el promedio, desviación estándar, un intervalo de confianza (al 95%) y una prueba de significancia estadística (al 95%). En la última columna se denota con un asterisco si la información disponible sobre los valores de los servicios es suficiente para estimar con confianza el valor promedio de los mismos. Se encuentra un estimado significativo para los servicios de protección contra eventos extremos, provisión de nutrientes, provisión de bienes ornamentales y para el total de valores seleccionados en la base en conjunto. Los servicios que no presentan un asterisco en la última columna indican que la información disponible no es suficiente para estimar este promedio. En este estudio sólo se estimó el valor de los servicios de protección contra eventos extremos y la provisión de nutrientes, porque hay suficiente información para estimarlo; se excluyó el caso de recursos ornamentales porque la extracción de este tipo de productos no está permitida en las ANP (bajo el supuesto de que la extracción de este recurso compromete los otros SE).

La CONANP reporta una superficie de 76.94 ha de arrecifes para una por-



TABLA 4.10. Estadística descriptiva de los valores económicos de servicios ecosistémicos de arrecifes

Servicio	Observaciones	Promedio (pesos/ha/año)	Promedio (USD/ha/año)	Desv. Est. (USD/ha/año)	Intervalo de confianza (95%) (USD/ha/año)		Significancia
Valor estético	3	242,138.68	13,338.99	15,755.88	-4,490.46	31,168.44	
Regulación del clima	1	1,982.64	109.22				
Valor cognitivo	8	17,819.4	981,64	2,588.02	-811.76	2,775.05	
Provisión de energía	1	50.28	2,77				
Control de la erosión	2	1,965,841	108,294.71	153,151.07	-103,961.85	320,551.26	
Protección contra eventos extremos	13	142,536.08	7,852.06	11,908.47	1,378.54	14,325.58	*
Nutrientes	26	7,729.41	425.80	931.79	67.64	783.97	*
Protección de la biodiversidad	9	218,600.8	12,042.33	23,354.83	-3,216.17	27,300.82	
Recursos genéticos	2	214,656.58	11,825.05	16,311.24	-10,781.17	34,431.27	
Inspiración	2	16.34	0.90	0.70	-0.08	1.87	
Criadero de especies	1	2.36	0.13				
Ornamental	5	3,309.96	182.34	182.53	22.34	342.34	*
Materiales (arena, rocas, etc.)	5	98,394.17	5,420.36	11,910.05	-5,019.26	15,859.98	
Recreación	35	1,306,247.4	71,958.85	266,224.10	-16,241.32	160,159.02	
Valores espirituales	1	17.06	0.94				
Asimilación de desechos	1	1,909.3	105.18				
Valor Económico Total (VET)	10	4,938,799.8	272,069.71	547,825.14	-67,475.83	611,615.25	
TOTAL GENERAL	125	838,963.88	46,217.03	216,695.77	8,228.58	84,205.47	*

Fuente: Elaboración propia con información de ESP (2010). * significancia estadística al 5%

NOTA: La diferencia entre el renglón Valor Económico Total y el renglón Total General es que el primero se refiere a estudios donde se valoró el Valor Económico Total (VET) de acuerdo a la definición de TEEB (2010); el renglón Total General se refiere al promedio de todos los servicios enlistados en la tabla.

TABLA 4.11. Valor total de dos servicios que generan los arrecifes de las dos ANP

SERVICIO	VALOR POR HECTÁREA/AÑO		VALOR TOTAL/AÑO	
	PESOS	USD	MM\$/AÑO	(MMUS\$/AÑO)
Protección contra eventos extremos	\$142,535	\$7,852	\$579	\$31.9
Nutrientes	\$7,733	\$426	\$31.5	\$1.7
TOTAL	\$150,268	\$8,278	\$596	\$32.8

Fuente: Elaboración propia con información de ESP (2010) (ver apartado de referencias para los estudios considerados).

ción del PNAC (Arroyo *et al.*, 2014); sin embargo, no existe un estimado de superficie para los arrecifes del APFFIC. En términos de la protección contra eventos extremos y el ciclo de nutrientes, nuestras estimaciones indican que Isla Cozumel cuenta con 4,068.90 ha de arrecifes y ecosistemas asociados que brindan este servicio. De esta superficie, 97.5%

(3,966.26 ha) se encuentra dentro de las ANP de administración federal: 46.2% en el PNAC (1,880 ha) y 51.3% en el APFFIC (2,086 ha), tomando como referencia los datos del proyecto de UNEP-WCMC (2006). Considerando esta extensión, y con el supuesto de que los valores en Cozumel son parecidos a los promedios globales, *el valor económico provisto por los arrecifes y los ecosistemas asociados dentro del PNAC y el APFFIC, en términos de la protección contra eventos extremos y el ciclo de nutrientes, es de 596 millones de pesos al año (32.8 millones de dólares al año)*. La Tabla 4.11 presenta los resultados, desagregando la contribución de cada servicio.



El valor económico provisto por los arrecifes dentro de ambas ANP federales, en términos de protección contra eventos climáticos extremos y aporte al ciclo de nutrientes, es de 596 millones de pesos (32.8 millones de dólares) al año.



4.3. Protección de costas

4.3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

El servicio de protección a las zonas costeras proveído por los ecosistemas marino-costeros ante inundaciones y eventos climáticos es un servicio de regulación. Desde la perspectiva del VET, se considera un valor de uso indirecto (Mumby *et al.*, 2014). Los servicios de regulación son a menudo más complejos de valorar que los servicios de provisión, debido a que la relación entre los SE generados y los beneficiarios no siempre es clara o tangible, y con frecuencia no existe un mercado directo, es decir, no se paga un valor monetario por acceder al servicio (Mumby *et al.*, 2014).

En términos biofísicos, el valor de protección que proveen los ecosis-

temas costeros, especialmente los arrecifes de coral y los manglares, consiste en disolver la energía producida por el oleaje (arrecifes de coral) y en regular el flujo hídrico (manglares), moderando los efectos de tormentas tropicales y huracanes en las áreas más próximas a las costas (Bravo de Guenni *et al.*, 2005; Agardy *et al.*, 2006; Mumby *et al.*, 2014). El estado de conservación del ecosistema está directamente ligado a su integridad y, por ende, a la calidad del servicio que proveen en prevenir daños físicos a la población y a la infraestructura construida en áreas vulnerables.

La utilización de programas de modelaje que permiten crear y comparar escenarios del nivel de protección contra eventos climáticos proveído

por el capital natural (manglares y arrecifes en este caso) ante distintos modelos de desarrollo costero es una herramienta útil para informar la toma de decisiones respecto a las trayectorias futuras. Para el presente estudio, se utilizó el módulo de Vulnerabilidad Costera (Coastal Vulnerability) versión 3.3.0 de la plataforma InVEST, la cual utiliza modelos espaciales explícitos para valorar económicamente los SE, o para cuantificar los procesos biofísicos que generan valor económico (Sharp *et al.*, 2016). En específico, se usó el modelo para proporcionar una estimación cualitativa de la exposición costera a tormentas e inundaciones debidas a la alteración del medio ambiente.

Se seleccionó esta metodología debido a que proporciona un complemento útil a los dos análisis previos, considerando que la recopilación en campo de

información biofísica y económica para estimar este SE a través de un estudio primario trasciende los alcances de este estudio. Los autores del modelo destacan lo siguiente respecto a sus limitaciones (cursivas añadidas): “los resultados no se pueden utilizar para *cuantificar* la exposición a la erosión y la inundación de una ubicación costera específica... está diseñado para ser utilizado en una escala relativamente grande. Más importante aún, el modelo no predice la respuesta de una región a las tormentas, a las características del oleaje, y no considera las rutas de transporte de sedimentos”. (Sharp, Chaplin-Kramer *et al.*, 2016).

4.3.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de información para este análisis se enfocó en incorporar la información cartográfica disponible de la zona, alimentando los requerimientos técnicos del modelo, para así generar los diferentes escenarios. La información para correr el modelo se muestra en la Tabla 4.12.

Se utilizaron las siguientes capas cartográficas (véase la Figura 4.2):

1. Límite terrestre (*Land polygon*): se generó una capa de información con base en INEGI (2016). Los límites del territorio nacional elaborados por INEGI son límites geoestadísticos, es decir, “que se





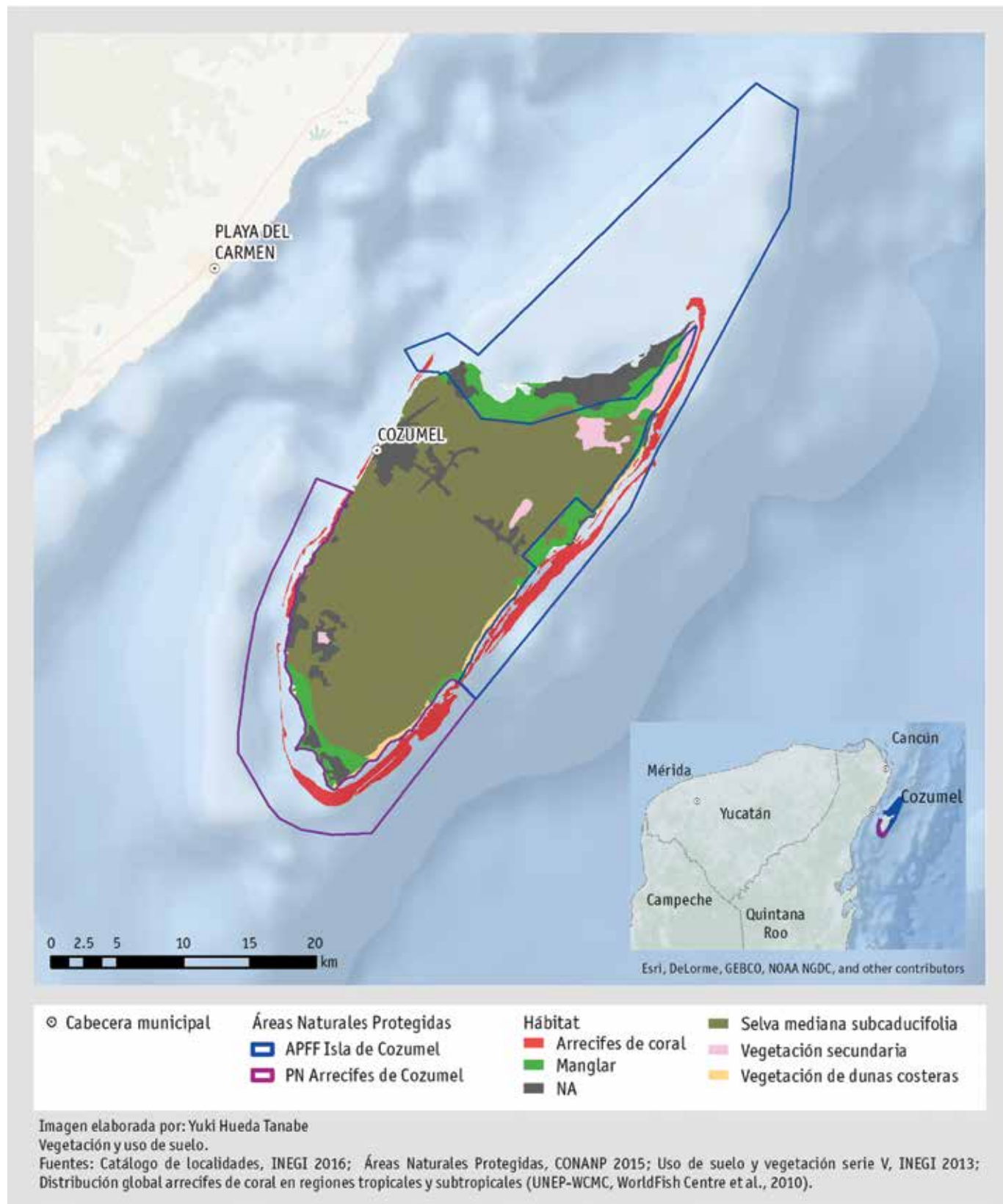
TABLA 4.12. Requerimientos de información

INFORMACIÓN	FORMATO	REQUERIDA/ OPCIONAL
Área de estudio	Polígono <i>shapefile</i>	Requerida
Límite terrestre	Polígono <i>shapefile</i>	Requerida
Batimetría	<i>Raster</i>	Requerida
Modelo digital de elevación	<i>Raster</i>	Requerida
Población (densidad)	<i>Raster</i>	Requerida
Geomorfología de la línea costera	Polilínea <i>shapefile</i>	Opcional
Hábitat (tipos de vegetación)	Polígono <i>shapefile</i>	Opcional
Tabla de hábitat	CSV	Opcional
Retícula de forzadores climáticos (información altura de olas y velocidad del viento)	Puntos <i>shapefile</i>	Opcional
Incremento del nivel del mar	Polígono <i>shapefile</i>	Opcional
Plataforma continental	Polígono <i>shapefile</i>	Opcional
Estructuras (ubicación de estructuras rígidas a lo largo de la línea costera)	Polígono <i>shapefile</i>	Opcional

Fuente: Sharp *et al.*, 2016.

- apegan, en la medida de lo posible a los límites político-administrativos” (INEGI, 2016), y no a los límites naturales. Es por ello que se generó el polígono a partir de la capa de uso de suelo y vegetación serie V, eliminando los cuerpos de agua de la parte marítima-costera.
2. Batimetría: se utilizó el raster ETOPO2v2 con una resolución de 1,000 m de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés).
 3. Modelo digital de elevación: se utilizó el modelo del INEGI (2000) con una resolución de 100 m.
 4. Población y localidades urbanas: se utilizó el último Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010).
 5. Hábitat: se utilizaron los datos de la serie V de uso de suelo y vegetación del INEGI (2013), los cuales incluyen clases de Manglares, Bosque Costero y Dunas. Para la cobertura de arrecifes de coral se utilizó PNUMA (sin fecha).

FIGURA 4.2. Hábitats presentes en la Isla Cozumel



Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI (2013) y UNEP-WCMC, WorldFish Centre et al. (2010).

Con esta información se modelaron los siguientes índices de vulnerabilidad de la población y el efecto de la vegetación natural a ella:

1. *Exposición costera (coastal exposure)*. Para generar el índice, el modelo toma en cuenta variables biofísicas en cada segmento de la línea de costa. Los rangos varían entre 1 (exposición muy baja) y 5 (exposición muy alta). Para definir estos rangos, el modelo se basa en métodos propuestos por Gornitz *et al.* (1990) y Hammar-Klose y Thiebler (2001). Este índice reúne varias fuentes de exposición e incluye los hábitats presentes en el área de interés, integrando su rol en la disminución de los impactos provocados por las tormentas. Los rangos se presentan en la Tabla 4.13.
2. *Exposición social (social exposure)*. El modelo calcula la población ubicada en la línea de costa y que estaría expuesta a los impactos de eventos climáticos y de inundación. El grado de riesgo por exposición se dividió en 4 categorías basadas en los valores del índice de exposición costera.
3. *Para ambos índices, se calcula el Rol del hábitat (habitat role)*, que se refiere al aporte de cada tipo de hábitat como generador de protección costera, y se obtiene al res-

TABLA 4.13. Índice de Exposición Costera

ÍNDICE	RANGO
1	Muy bajo
$1 \leq EC < 2$	Bajo
$2 \leq EC < 3$	Moderado
$3 \leq EC < 4$	Alto
$4 \leq EC < 5$	Muy alto

Fuente. Elaboración propia con base en la tabla 4.1 de la guía de InVEST (Sharp, Chaplin-Kramer *et al.*, 2016).

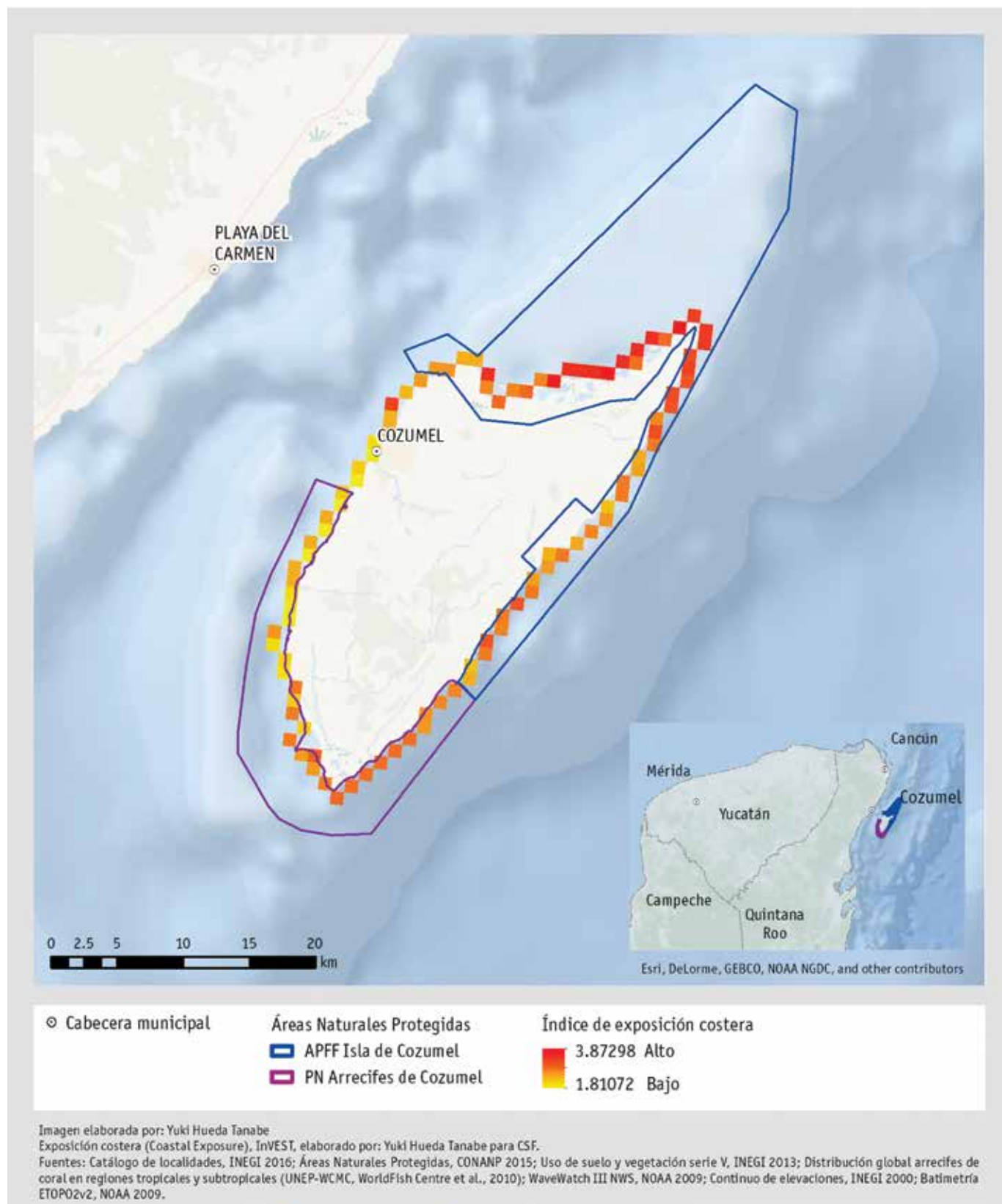
tar el índice de exposición costera con el hábitat actual al índice de exposición costera sin hábitat.

Cada uno de estos índices se calculó seis veces, una vez por cada uno de los cinco tipos de hábitat, para ver cuál era el aporte de cada uno, y una adicional con todos los tipos de vegetación juntos. Se utilizó una resolución del modelo a 1,000 m; con-



Fotografía: Archivo CONANP

FIGURA 4.3. Índice de exposición costera para Cozumel



Fuente: Elaboración propia.

sistente con la medida de densidad de población.

4.3.3. RESULTADOS

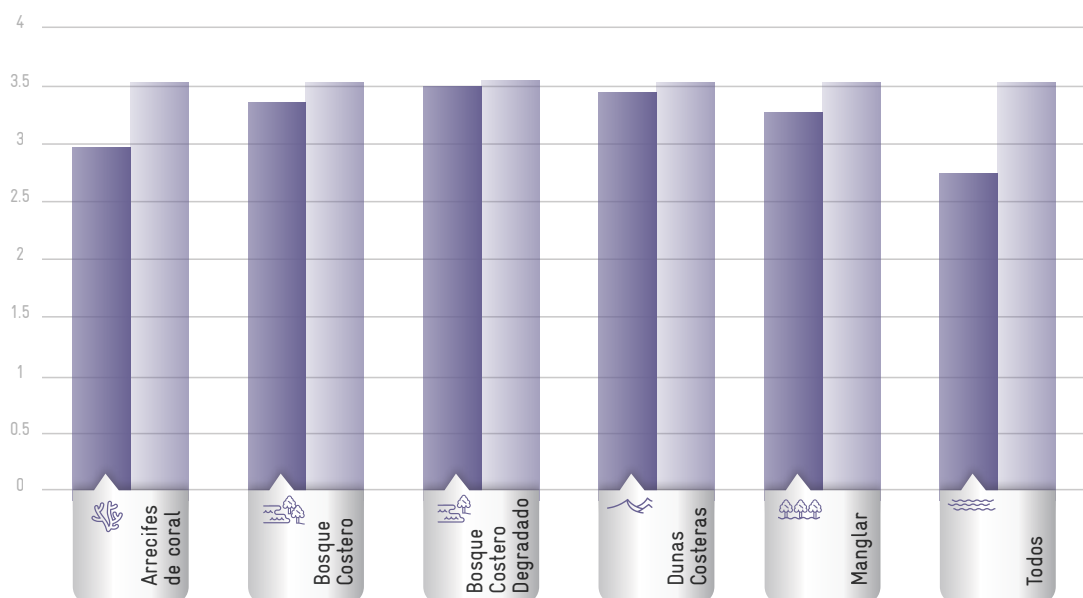
Los resultados obtenidos son una estimación cualitativa de la vulnerabilidad costera a tormentas y a inundaciones. La Figura 4.3 muestra el índice de exposición costera actualmente. Se observa que la zona norte de la Isla Cozumel tiene un índice de exposición costera alto (en color naranja fuerte y rojo). Esto se relaciona con la ausencia de estructuras arrecifales de gran tamaño, en conjunto con los manglares, juegan un papel importante de mitigación de los impactos provocados por las tormentas.

La Figura 4.4 muestra la comparación entre el índice de exposición costera promedio con (en azul) y sin (en rojo) la presencia del hábitat natural existente. Se observa que la exposición costera disminuye con la presencia de los distintos ecosistemas.

Se observa que el servicio colectivo de estos ecosistemas provee la mayor protección, reduciendo el índice de vulnerabilidad en casi una unidad, lo que significa que se puede pasar de un riesgo moderado a uno alto al perder los ecosistemas naturales.

La exposición de la población local a efectos de eventos climáticos como inundaciones o tormentas se calculó a

FIGURA 4.4. Índice de exposición costera promedio con los ecosistemas intactos (morado) y sin su presencia (lila)



Índice de exposición costera promedio

Índice de exposición costera promedio

Fuente. Elaboración propia.



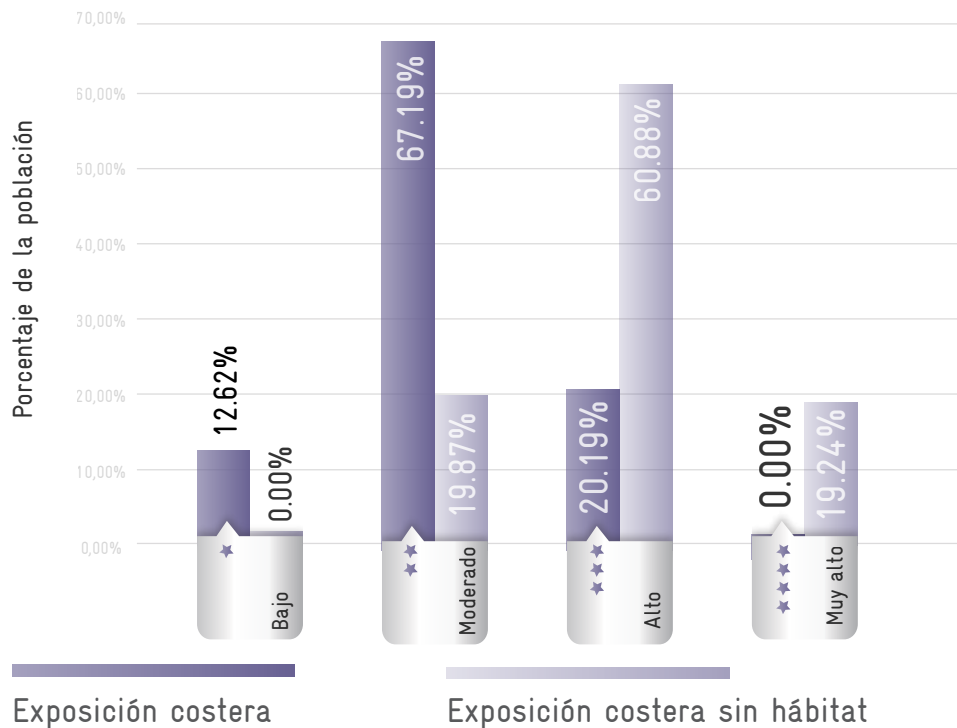
65% de la población de Cozumel es menos vulnerable a inundaciones y eventos climáticos como tormentas y huracanes; gracias a la presencia de ecosistemas marino-costeros (arrecifes y manglares).

estas 62,094 personas, 83.86% se beneficia directamente por la presencia de los ecosistemas marino-costeros de la isla. *En otras palabras, la presencia de los ecosistemas marino-costeros disminuye la vulnerabilidad a inundaciones y eventos climáticos para 65% de los habitantes de la isla (52 mil personas).*

través del índice de exposición social, en el cual se calcula aquella parte de la población más cercana a la línea de costa o en ella y que estaría expuesta a los impactos. Los resultados mostraron que en Cozumel 62,094 personas serían vulnerables a los impactos de tormentas e inundaciones, lo cual representa 78.01 % de la población total de la isla (INEGI, 2016). De

Dentro de este grupo de residentes beneficiados, actualmente casi el 80% se encuentran en los rangos de riesgo bajo a muy bajo de vulnerabilidad a inundaciones y eventos climáticos. Sin embargo, si se perdieran estos hábitats, la gran mayoría (80.23%) de esta población se encontraría en riesgo moderado y alto (Figura 4.5).

FIGURA 4.5. Relación entre la población y el índice de exposición costera



Fuente. Elaboración propia.



5. Discusión y recomendaciones



Fotografía: Archivo CONANP

Los análisis llevados a cabo en este estudio demuestran que tanto el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel como el Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel proporcionan un valor económico importante para la sociedad, a través de los servicios ecosistémicos que proveen.

El estudio indicó que los arrecifes del PNAC generan un valor considerable para la economía local de la isla, a través del servicio de recreación que proveen a turistas nacionales e internacionales. Se estimó que, en promedio, el preservar la calidad del arrecife en términos de su biodiversi-

dad y transparencia del agua tiene un valor de 3,052 pesos (USD 169) por turista por año; valor bastante mayor al precio promedio de un *tour* de buceo (1,815 pesos [USD 100]).

El valor total del servicio de recreación se calculó incluyendo las proporciones específicas de los excursionistas y turistas que visitan la isla anualmente para hacer actividades de buceo o esnórquel. Teniendo en cuenta la disposición a pagar de estos usuarios directos del servicio de recreación, se estimó que el valor de mantener la calidad del arrecife para todos los turistas es de 5,493 millo-

nes de pesos (USD 304 millones) al año. La pérdida en la experiencia turística (por pérdida de biodiversidad y transparencia) sería equivalente a más de la tercera parte del valor de la derrama económica local generada por los cruceros.

Además, si la biodiversidad y transparencia disminuyen en un nivel, se estima que la visitación disminuirá en 12% por año. Considerando una derrama económica de 12,590 millones de pesos, se podría tener una pérdida de 1,510 millones de pesos al año. La degradación del PNAC, como consecuencia de un modelo de turismo no sostenible y una insuficiente inversión en su manejo, tendría entonces impactos significativos en el bienestar económico local, ya sea por una disminución de la visitación, o por la presión para disminuir los precios de los servicios ofrecidos. A su vez, la pesca furtiva compromete la biodiversidad marina y el estado de salud de los arrecifes, los cuales son el atractivo más valorado por los millones de turistas que llegan a la isla.

Otra forma de considerar este resultado es el gran potencial de que los turistas paguen una tarifa más alta por entrar al Parque Nacional, a fin de fortalecer el manejo y la incidencia política del ANP. Se determinó que las acciones de conservación que contribuyan al mantenimiento del Parque



Nacional son vistas positivamente, aun cuando esto signifique un mayor costo. Algunas opciones de mecanismos para aumentar la recaudación incluyen contribuciones voluntarias, impuestos directos a las actividades que hacen uso del Parque Nacional, o incrementar la tarifa de entrada a través del sistema actual de brazaletes, asegurando que cierto porcentaje de los fondos adicionales recaudados sean devueltos a la CONANP para asegurar el buen manejo de los ecosistemas que generan el ingreso.

Se evaluaron también los valores más amplios de varios de los servicios ecosistémicos generados por los manglares y los arrecifes de coral de la isla. Los resultados indican que



estos ecosistemas contribuyen significativamente a la economía y el bienestar de la población de Cozumel, más allá de la recreación. El valor de las 3,654 hectáreas de manglares dentro de las dos ANP federales de la isla se estimó en 82.4 millones de pesos al año (USD 4.5 millones). El valor económico de un grupo de los SE provistos se estimó en 22,546 pesos (USD 1,242 dólares) por hectárea por año, de los cuales 68% proviene de los servicios de protección de costas, secuestro de carbono, valor de no uso y calidad de agua y aire. En el caso de los arrecifes de coral, cuya cobertura dentro de las ANP se estimó en 3,966 hectáreas, su valor económico total asciende a los 596 millones de pesos al año (USD 32.8

millones), calculado solamente con base en los servicios de protección de costas y generación de nutrientes.

Finalmente, se estudió el servicio de protección de costas que el conglomerado de ecosistemas marino-costeros (arrecifes de coral, manglares, bosques inundables, dunas y playas) en su conjunto provee a la población de Cozumel y a la infraestructura instalada. Se encontró que la presencia de los ecosistemas marino-costeros disminuye la vulnerabilidad a inundaciones y eventos climáticos para 52 mil personas (65% de los habitantes de la isla). Dentro de este grupo de residentes beneficiados, actualmente casi 80% se encuentran en los rangos de riesgo bajo a muy bajo de vul-

nerabilidad a inundaciones y eventos climáticos. Sin embargo, si se perdieran estos hábitats, la gran mayoría (80.23%) de esta población se encontraría en riesgo moderado y alto.

Estos resultados justifican acciones en tres campos:

Primero, incrementar el presupuesto de las dos ANP, lo que se justifica por los importantes valores económicos que dependen del buen manejo de las áreas. Con el presupuesto actual, la CONANP en Cozumel no puede hacer lo necesario para manejar efectivamente el Parque Nacional y el Área de Protección de Flora y Fauna. En particular, no hay suficientes recursos económicos, materiales, ni humanos para supervisar el cumplimiento de la legislación por parte de los usuarios de las áreas. Va más allá de los alcances del presente estudio sugerir las acciones necesarias para lograr un manejo efectivo y eficiente, pero actividades de control y vigilancia más constantes, aumentar el monitoreo de pago por entrada, identificar prácticas ilegales dentro y alrededor de las ANP y aumentar la educación ambiental tanto del sector turismo como del altísimo volumen de turistas que llegan a la isla anualmente, tienen un costo claro.

Los fondos adicionales al presupuesto actual pueden originarse del era-

rio público, o bien de institucionalizar algún mecanismo para captar la evidente disposición de los turistas a contribuir para la conservación de las ANP. Algunas opciones podrían ser las siguientes:

- Homologar el cobro de derechos a la tarifa más alta de acuerdo al artículo 198-I de la Ley Federal de Derechos.
- Implementar un mecanismo de recaudación de fondos por contribuciones voluntarias en puntos estratégicos de la isla (por ejemplo, aeropuerto, muelles, clubs de playa, etc.).
- Promover un cobro adicional implementado por los *tour* operadores, que se maneje a través de un organismo local para la conservación de los ecosistemas.

Segundo, generar información para que las diferentes secretarías federales (como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Secretaría de Marina y la Secretaría de Turismo), así como los gobiernos estatal y local, asimilen la importancia de las dos áreas como componentes indispensables de la economía local y regional con base en los



múltiples beneficios económicos que proveen para los pobladores y los turistas que visitan la isla. Se propone la integración de esta información en los procesos de planeación urbana, zonificación costera y modelos de turismo de la isla, lo cual es vital para asegurar un desarrollo sostenible que mantenga los servicios de protección costera proveídos por la infraestructura natural.

Se espera en particular que con estos insumos se puedan influir, informar y enriquecer los siguientes procesos:

- El Plan Municipal de Desarrollo.
 - El Programa de Ordenamiento Ecológico Local.
 - La toma de decisiones acerca de las manifestaciones de impacto ambiental (MIA), promoviendo la integración de aspectos ambientales y de sostenibilidad compatibles con los complejos de las ANP.
 - El establecimiento de criterios específicos para el tratamiento de aguas con un enfoque en ecosistemas marinos y suelos kársticos.
 - Aplicación más efectiva de las leyes ambientales existentes, teniendo en cuenta el valor económico puesto en riesgo de perderse los servicios ecosistémicos. Entre
- El Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo.

otras acciones, se deberá verificar el cumplimiento de la legislación aplicada al manejo de aguas de las plantas de tratamiento municipal y particulares.

Tercero, considerando los valores económicos obtenidos en el ámbito local, en particular a través del turismo, así como el riesgo para los mismos si continúan las tendencias actuales, los operadores turísticos deberán tomar medidas apropiadas en sus gremios para la implementación de buenas y mejores prácticas para la efectiva conservación y protección de las áreas protegidas. Estas medidas podrían incluir, por ejemplo, que los permisionarios regulen mejor entre ellos mismos las prácticas de los buzos y esnorquelistas,, así como que respe-

ten las regulaciones diseñadas para no sobrepasar la capacidad de carga de sitios populares, que los hoteles den un correcto tratamiento a sus desechos, y que los cruceros implementen un plan de educación ambiental adecuado para informar a sus pasajeros de las medidas de conservación y comportamiento correcto durante sus actividades acuáticas en el arrecife. En caso contrario, estarían poniendo en riesgo el capital natural en el cual se fundamentan sus negocios. Más allá de las prácticas propias, el aporte político del sector privado para la buena aplicación de la ley es indispensable. Si estas acciones se implementan de forma colectiva, el sector privado puede garantizar la fuente de sus ingresos sin privilegiar a aquellos negocios que no hagan su parte.





Algunas acciones puntuales se describen a continuación:

- Diferenciar los precios de los *tours* de buceo y esnórquel según los diferentes sitios, para disminuir y repartir la presión sobre el ecosistema sin comprometer los ingresos.
- Incrementar el precio de los *tours* de buceo, destinando un porcentaje a una estrategia de vigilancia comunitaria, lo que provocaría una disminución en la carga turística, manteniendo o incluso aumentando los ingresos.

A través del presente estudio se han demostrado los importantes valores que proveen las ANP federales de Cozumel. En conclusión, se reitera que la buena información es

uno de varios insumos para la toma de mejores decisiones. Se hace un llamado directo a los tomadores de decisiones de todos niveles y a los usuarios a que consideren a las áreas naturales protegidas como un elemento importante de la economía de Cozumel y a entender que merece la inversión adecuada, no sólo por sus valores biológicos y de protección del patrimonio natural, sino también por sus servicios ecosistémicos. A su vez, los resultados de este estudio piloto generaron resultados y lecciones aprendidas que se podrán aplicar para procesos de toma de decisiones a nivel federal, estatal y local no solamente para Cozumel, sino también para aquellas ANP con características similares.

Kevin Siroka / Shutterstock.com



Bibliografía

- Amirnejad, H., Khalilian S., Assareh, M. H., Ahmadian M. (2006) Estimating the existence value of north forests of Iran by using a contingent valuation method. *Ecological Economics*, 58(4), 665-675.
- Arroyo, L., Martínez, O. F., Amador, K., Segrado, R. G., Moon, M. D., Thomas, I. (2014) *Estudio de límite de cambio aceptable del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas – Universidad de Quintana Roo.
- Balvanera, P., y Cotler H. (2009) Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 185-245.
- Barbier, E. B., y Strand, I. (1998) Valuing mangrove-fishery linkages: a case study of Campeche, Mexico. *Environmental and Resource Economics*, 12(2), 151-166.
- Brander, L., E. Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B. y Verma, M. (2010) Chapter 5: The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. En TEEB (2010) *Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Londres: Earthscan. Disponible en: <http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=JUukugYJHTg%3d&tabid=1018&language=en-US>
- Bezaury-Creel, J. E. (2009). *The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. México.
- Bezaury-Creel, J. E., S. Rojas-González de Castilla y J. M. Makepeace (2011) *Brecha en el Financiamiento de las Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Fases I y II*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México.
- Bolt, K., Ruta, G., y Sarraf, M. (2005) *Estimating the Cost of Environmental Degradation: A training manual in English, French and Arabic*. The World Bank.



- Bureau of Labor Statistics (2015). CPI Detailed Report, Data for December 2015. Washington, D.C.: Bureau of Labor Statistics. Disponible en: <http://www.bls.gov/cpi/cpid1512.pdf>
- Carson, R. y Hanemann, M. (2005) Chapter 17 Contingent Valuation, en *Handbook of Environmental Economics*, 2, pp. 821–936.
- CONANP (1998) Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel.
- CONANP (2007) Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel, Quintana Roo, México. México.
- CONANP (2015). Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna: la porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel.
- CONANP (2016) Áreas Protegidas Decretadas. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/ Revisado: 2016).
- Conservation International (2008) *Economic Values of Coral Reefs, Mangroves and Seagrasses: A Global Compilation*. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Arlington, VA, USA.
- DATATUR (2016). "Actividad Hotelera". Sitio web del Sistema Nacional de la Información Estadística del Sector Turismo de México - DATATUR. Recuperado de <http://www.datatur.sectur.gob.mx/sitepages/actividad-hoteleras.aspx> Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2016.
- DEFRA (2007) *An Introductory Guide to valuing Ecosystem Services*. Londres: Department for Environment, Food and Rural Affairs..
- Ecoosfera (2015) El desarme de la CONANP (Entrevista a Luis Fueyo Mac Donald). Disponible en: <http://ecoosfera.com/2015/10/conanp-cronica-de-una-caida-no-anunciada-entrevista-a-luis-fueyo-mac-donald/> (Consulta: 5 de agosto, 2016).

- EcoValor Mx (2015) Valoración de Servicios Ecosistémicos en Áreas Naturales Protegidas Federales en México. Disponible en: http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/Mexico_2015_eea/Session%204%20-%20GIZ.pdf (Consulta: 4 de agosto, 2016)
- ESP (2010) *Ecosystem Services Valuation Database*. Sitio web. Disponible en: <http://es-partnership.org/services/data-knowledge-sharing/ecosystem-service-valuation-database/> (Consulta: 24 de agosto, 2016).
- García-Frapolli, E. y Toledo, V. M. (2008) Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica, *Argumentos*, 21(56), 103–116.
- GIZ (2015) Valoración de los servicios ecosistémicos en áreas naturales protegidas. Disponible en: <https://www.giz.de/en/worldwide/32951.html> (Consulta: 5 de agosto, 2016).
- González, M. y Palafox, A. (2006) Producción del espacio turístico en ambientes sensibles. Isla de Cozumel, México y Cayo Las Brujas, Cuba. *Estudios y perspectivas del turismo*, vol. 15, 149–178.
- Gornitz, V. (1990). Vulnerability of the east coast, U.S.A. to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 9, pp. 201–237.
- Hammar-Klose y Thieler, E. R. (2001). Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: A Preliminary Database for the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf of Mexico Coasts. U.S. Geological Survey, Digital Data Series DDS-68, 1 CD-ROM en <http://pubs.usgs.gov/dds/dds68/htmldocs/project.htm>
- Hensher, D. A. y Greene, W. H. (2002) *The Mixed Logit Model: The State of Practice and Warnings for the Unwary*, Sydney: University of Sydney. Institute of Transport Studies.
- Herrera-Silveira, J. A., Zaldívar, A., Teutli, C., Pérez-Ceballos, R. (2008) *Caracterización y monitoreo de comunidades de manglar en la Isla Cozumel*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas – Centro de Investigación Mexicano Unidad Mérida.

- Hole, A. R. (2007) A comparison of approaches to estimating confidence intervals for willingness to pay measures, *Health Economics*, 16(8): 827-840.
- INE (1997) *Conservación y uso sustentable de los arrecifes en México: Logros y compromisos*. México: INE.
- INEGI (2014) PIB por entidad federativa, anual, Sitio web del INEGI. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibe/default.aspx> (Consulta: 23 de agosto, 2016).
- INEGI (2015) Información por entidad, Sitio web Cuéntame con datos de la *Encuesta Intercensal 2015*. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/default.aspx?tema=-me&e=23> (Consulta: 23 de agosto, 2016).
- Johnson, F. R., Lancsar, E., Marshall, D., Kilambi, V., Mühlbacher, A., Regier, D. A., Bresnahan, B. W., Kanninen, B. y Bridges, J. F. P. (2013). Constructing Experimental Designs for Discrete-Choice Experiments: Report of the ISPOR Conjoint Analysis Experimental Design Good Research Practices Task Force, *Value in Health*, 16(1): 3-13.
- Krutilla, P. (1967) Conservation Reconsidered. *Am. Econ. Rev.* 57:77-86.
- Kuhfeld, W. F. (2010) Experimental design: efficiency, coding, and choice designs, *SAS Technical Paper*, MR-2010C.
- Lara, J. A. y Guevara, A. (2016) Visible Values of Invisible Values: the economics of ecosystem services in Mexico. *Documento de trabajo*. México: Universidad Iberoamericana.
- Lopez-Feldman, A. (2012) Introduction to contingent valuation using Stata, *MPRA Paper* (No. 41018).
- Millenium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press.

- ➔ Mitchell, R. y Carson, R. T. (2013). *Using Surveys to Value Public Goods*. Routledge.
- ➔ Ordóñez, J. A. B. (1999) Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología, Semarnap. México.
- ➔ Palafox, A., Aguilar, A. y Escalera, A. (2014) El Turismo de Cruceros en la Región del Caribe. *Revista Iberoamericana de Turismo – RITUR*, Penedo, 4(2). 40-53.
- ➔ PEDIEQR00 (2000) Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo 2000-2025.
- ➔ Pinkus, J., Pinkus, M. A., y Ortega-Rubio, A. (2014) Recomendaciones para el manejo sustentable en las áreas naturales protegidas de México, *Investigación y Ciencia* 22(60), 102-110, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- ➔ Risa-Hole, A. (2013) Mixed logit modelling in Stata, UK Stata Users Group meeting, University of Sheffield, September.
- ➔ Salem, M. E. y Mercer, D. E. (2012) The economic value of mangroves: a meta-analysis. *Sustainability* 4(3): 359-383.
- ➔ Sanjurjo, E. y Carrillo, Y. (2006) Beneficios económicos de los flujos de agua en el Delta del Río Colorado: consideraciones y recomendaciones iniciales. *Gaceta Ecológica* 88: 57-62.
- ➔ Saucedo, P. (2008) Parque Nacional Arrecifes de Cozumel. Informe Final. RARE/PNUD.
- ➔ SEDETUR (2013) Indicadores turísticos, Secretaría de Turismo del estado de Quintana Roo, México. Disponible en: <http://sedetur.qroo.gob.mx/index.php/estadisticas/indicadores-turisticos>
- ➔ Segrado, R., Palafox, A. y Arroyo, L. (2008) Medición de la capacidad de carga turística de Cozumel. *El Periplo Sustentable*, 13.



- ➔ Sharp, R., Chaplin-Kramer, R. *et al.* (2016) Coastal Vulnerability Model. *InVEST +VERSION+ User's Guide*, The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy and World Wildlife Fund. Disponible en http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/coastal_vulnerability.html. (Consulta: 18 de julio, 2016).
- ➔ TEEB (2010) *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations*. TEEB. Disponible en: <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/D0-Chapter-5-The-economics-of-valuing-ecosystem-services-and-biodiversity.pdf>
- ➔ TEEB (2011) *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making*. (ed. Patrick ten Brink). Earthscan, Londres y Washington.
- ➔ Train, K. (1993) *Qualitative Choice Analysis: Theory, Econometrics, and an Application to Automobile Demand*, Cambridge: The MIT Press.
- ➔ Valdéz, C. y Luna, R. (2012) Marco Conceptual y Clasificación de los Servicios Ecosistémicos, *Revista BioCiencias*, 1(4), 3–5.
- ➔ Vázquez-Lule, A. D., Díaz-Gallegos, J. R. y Adame, V (2009). Caracterización del sitio de manglar Cozumel, en CONABIO, *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. CONABIO: México.
- ➔ Vega, D. C. y Alpízar, F. (2011). Choice experiments in environmental impact assessment: the case of the Toro 3 hydroelectric project and the Recreo Verde tourist center in Costa Rica, Environment for Development Discussion Paper Series, Efd DP 11-04.
- ➔ Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B. y Hockings, M. (2014) The performance and potential of protected areas, *Nature*, 515(7525), 67–73.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA LA TABLA 4.9. EXTRAÍDAS DE ESP (2010).

- Access Economics (2008) The economic contribution of GBRMP - Report 2006-2007. Access Economics PTY Ltd. For Great Barrier Reef Marine Park Authority, Australia.
- Ahmed, M., Umali, G. M., Chong, C. K., Rull, M. F. y Garcia, M. C. (2007) Valuing recreational and conservation benefits of coral reefs: the case of Bolinao, Philippines. *Ocean & Coastal Management* 50(2): 103-118.
- Aubanel, A. (1993) Socioeconomic values of coral reef ecosystems and of its resources: a case study of an oceanic island in the South Pacific (Moorea, Society Islands). University Michel de Montange, Burdeos.
- Ayob, A., Rawi, S., Ahmad, S. A. y Arzem, A. (2000) Preferences for outdoor recreation: The case of Pulau Payar Visitors.
- Berg, H., Ohman, M. C., Troeng, S. y Linden, O. (1998) Environmental economics of coral reef destruction in Sri Lanka. *Ambio* 27(8): 627-634.
- Brander, L. M., Beukering, P. y Cesar, H. S. J. (2007) The recreational value of coral reefs: a meta-analysis. *Ecological Economics* 63(1): 209-218.
- Burke, L. y Maidens, J. (2004) Reefs at risk in the Caribbean. World Resources Institute, Washington, D. C.
- Burke, L., Selig, E. y Spalding, M. (2002) Reefs at risk in Southeast Asia. World Resources Institute, Washington, D. C., ISBN 1-56973-490-9.
- Burke, L., Greenhalgh, S., Prager, D. y Cooper, E. (2008) Economic valuation of coral reefs in Tobago and St. Lucia. Final report. World Resources Institute, Washington, D. C.
- Carr, L. y Mendelsohn, R. (2003) Valuing coral reefs: a travel cost analysis of the Great Barrier Reef. *Ambio* 32(5): 353-357.



- Cesar, H. y Chong, C. K. (2004) Economic valuation and socioeconomics of coral reefs: methodological issues and three case studies. Worldfish Center Contribution No. 1721.
- Cesar, H. y P. van Beukering (2004) Economic valuation of the coral reefs of Hawaii. *Pacific Science* 58(2), 231-242
- Cesar, H., van Beukering, P., Pintz, S. y Dierking, J. (2002) Economic valuation of the coral reefs of Hawaii. Report for NOAA. Cesar Environmental Economics Consulting, Arnhem, Países Bajos.
- Charles, M. (2005) Functions and socio-economic importance of coral reefs and lagoons and implications for sustainable management. *MSC Thesis*, Wageningen University, Países Bajos.
- Chong, C. K., Ahmed, M. y Balasubramanian, H. (2003) Economic valuation of coral reefs at the Caribbean: literature review and estimation using meta-analysis. Paper presented at the Second International Tropical Marine Ecosystems Management Symposium.
- Conservation International (2008) *Economic values of coral reefs, mangroves, and seagrasses: A global compilation*. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Arlington, Washington, USA.
- Cooper, E., Burke, L. y Bood, N. (2009) Coastal capital: Belize - The economic contribution of Belize's coral reefs and mangroves. *WRI Working Paper*. World Resources Institute, Washington, D. C.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruel, J., Raskin, R. G., Sutton P. y van den Belt, M. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- De Groot, R. (1992) *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management, and decision making*. Wolters-Noordhoff, Groningen, Países Bajos.

- Dixon, J. A., Scura, L. F. y van 't Hof, T. (1993) Meeting ecological and economic goals: Marine parks in the Caribbean. *Ambio* 22(2/3): 117-125.
- Driml, S. (1994) Protection for profit: Economic and financial values of the Great Barrier Reef World Heritage Area and other protected areas. Townsville Qld, Great Barrier Reef Marine Park Authority Research Publication No. 35.
- Emerton, L. y Tessema, Y. (2001) *Marine protected areas: the case of Kisite Marine National Park and Mpunguti Marine National Reserve, Kenya*. IUCN Eastern Africa Regional Office, Nairobi, Kenia.
- GEF/UNDP/IMO (1999) Total economic valuation: coastal and marine resources in the Straits of Malacca.
- Hoagland, P., Y. Kaoru y J. M. Broadus (1995) A methodological review of net benefit evaluation for marine reserves. Environmental Economics Series No. 027. The World Bank, Washington, D. C.
- HRI (2015) Mesoamerican Reef: An Evaluation of Ecosystem Health, Report Card 2015. Healthy Reefs for Healthy People.
- Nam, P. K. y Son, T. V. H. (2001) *Analysis of the recreational value of the coral-surrounded Hon Mun Islands in Vietnam*. Environmental Economics Unit, Faculty of Development Economics, University of Economics, Vietnam.
- Pearce, D. W. y Moran, D. (1994) *The economic value of biodiversity*. En asociación con Biodiversity Programme of IUCN - The World Conservation Union, Earthscan, Londres.
- Pendleton, L. H. (1995) Valuing coral reef protection. *Ocean & Coastal Management* 26(2): 119-131.
- Raboteur, J. y Rhodes, M. F. (2006) Application de la méthode d'évaluation contingente aux récifs coralliens dans la Caraïbe: étude appliquée a la zone de Pigeon de la Guadeloupe. *Vertigo* 7(1): 1-17.

- Riopelle, J. M. (1995) The economic valuation of coral reefs: a case study of West Lombok, Indonesia. Thesis, Dalhousie University, Halifax, Nueva Escocia.
- Ruitenbeek J., M. Ridgley, S. Dollar, y R. Huber (1999) Optimization of economic policies and investment projects using a fuzzy logic based cost effectiveness model of coral reef quality: empirical results for Montego Bay, Jamaica. *Coral Reefs* 18(4): 381-392.
- Ruitenbeek, J. y Cartier, C. (1999) Issues in applied coral reef biodiversity valuation: results for Montego Bay, Jamaica. World Bank Research Committee Project RPO# 682-22. World Bank, Washington, D. C.
- Samonte-Tan, G. P. B., White, A. T., Tercero, M. A., Diviva, J., Tabara, E. y Caballes, C. (2007) Economic Valuation of Coastal and Marine Resources: Bohol Marine Triangle, Philippines. *Costal Management* 35(2-3): 319-338.
- Seenprachawong, U. (2003) Economic valuation of coral reefs at the Phi Phi Islands, Thailand. *International Journal for Global Environmental Issues* 3(1): 104-114.
- Spurgeon, J. P. G. (1992) The economic valuation of coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 24(11): 529-536.
- Talbot, F. y Wilkinson, C. (2001) *Coral reefs, mangroves and seagrasses: A sourcebook for managers*. Australian Institute of Marine Sciences, Townsville.
- UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2006). Global distribution of warm-water coral reefs, compiled from multiple sources including the Millennium Coral Reef Mapping Project. Version 1.3. Includes contributions from IMaRS-USF and IRD (2005), IMaRS-USF (2005) and Spalding *et al.* (2001). Cambridge (UK): UNEP World Conservation Monitoring Centre. URL: <http://data.unep-wcmc.org/datasets/1>

- UNEP – WCMC (2010) *In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs*. UNEP-WCMC, Cambridge.
- Walpole, M.J., Goodwin, H. J. y Ward, K. G. R. (2001) Pricing policy for tourism in protected areas: lessons from Komodo National Park, Indonesia. *Conservation Biology* 15(1): 218-227.
- Whittingham, E., Campbell, J. y Townsley, P. (ed) (2003) *Poverty and reefs*. Volume 2: Case studies. DFID-IMM-IOC/UNESCO.
- Yeo, B. H. (2004) The recreational benefits of coral reefs: A case study of Pulau Payar Marine Park, Kedah, Malaysia. En: Ahmed, M., C. K. Chong y H. Cesar (ed), "Economic valuation and policy priorities for sustainable management of coral reefs". WorldFish Center.

ANEXO.

Modelo Logit Mixto

El modelo econométrico empleado en la estimación fue un Logit Mixto, el cual se aplica cuando la variable dependiente es una elección discreta entre un conjunto de alternativas y se cuenta con las características de dichas alternativas. Para la valoración realizada, la elección es la alternativa elegida en cada conjunto de elección y las características de las alternativas son los valores que toman los atributos.

Existe otro modelo, denominado Logit Condicional, sin embargo, el Logit Mixto es mucho más flexible; permite modelar preferencias individuales de las personas e integrar la correlación no observable entre conjuntos de elección (Train, 1993), entre otras ventajas.

El fundamento teórico de este tipo de modelos es el de la utilidad aleatoria, el cual establece que

una persona considera las posibles alternativas que puede elegir y escoge aquella que le representa mayor utilidad (mayor satisfacción). Esta utilidad se establece como una función de variables explicativas, que pueden incluir las características de los atributos de las alternativas y las características socioeconómicas, entre otras. La expresión matemática de esta utilidad es:

$$U_{qit} = \beta_q X_{qit} + e_{qit} \quad (1)$$

Donde U representa la utilidad de la persona q , de la alternativa i , en la situación de elección (conjunto de elección) t . El vector β representa la ponderación de la característica X en la utilidad. Finalmente, el término e representa un error que no puede ser explicado con variables adicionales (Hensher y Greene, 2002).

El objetivo del modelo estadístico es identificar el efecto de las características X en la probabilidad de elegir cierta alternativa; estos efectos estarán medidos por los coeficientes β . En la valoración realizada, existe un coeficiente β para cada atributo considerado (biodiversidad, transparencia, congestión y tarifa). Por ejemplo, si el atributo es biodiversidad y el coeficiente es positivo, la interpretación es que aquellas opciones que tienen mayores niveles de biodiversidad son preferidas por las personas. Las hipótesis *ex ante* sobre el signo de los coeficientes de los atributos considerados son: la biodiversidad y transparencia son preferidos por las personas, por tanto, el signo del coeficiente es positivo; las personas prefieren tarifas más bajas, así como menores niveles de congestión, por lo que el signo de los coeficientes de estos atributos es negativo.

El objetivo final de este modelo es estimar la DAP por cierto atributo, lo cual puede obtenerse al dividir el valor del coeficiente del atributo k entre el coeficiente asociado a la tarifa (para mayores detalles, véase Risa-Hole, 2013):

$$E(DAP^k) = \frac{E(\beta^k)}{\beta^{\text{precio}}} \quad (2)$$

Donde, DAP significa disposición a pagar, k representa cierto atributo (p. ej., biodiversidad), el coeficiente β el coeficiente estimado a partir del modelo Logit Mixto y la función $E(.)$ el promedio de una variable.

El modelo se estimó con el comando `mixlogit` del programa estadístico Stata. Se consideraron como variables explicativas solamente los niveles de los atributos de cada conjunto de elección (biodiversidad, transparencia, congestión y tarifa). Se supuso que la distribución de la preferencia individual sobre los atributos se distribuye de forma log-normal, con ello obtenemos los signos esperados de cada coeficiente.

También se supuso que el efecto del precio era el mismo para todas las personas y que los efectos de la biodiversidad, transparencia y congestión varían aleatoriamente de persona a persona. Esto tiene la ventaja de que la DAP se puede estimar como se establece en la ecuación (2). Nótese que el denominador de esta ecuación es un valor fijo (no un promedio), evitando los problemas documentados por Hensher y Greene (2002) al respecto. No obstante, cabe señalar que el modelo también se estimó considerando que el efecto de la tarifa variaba aleatoriamente de persona a persona y los resultados no variaron significativamente.



EcoValor Mx