



**El Colegio
de la Frontera
Norte**



**VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ECONOMÍA
ECOLÓGICA: EL CASO DE LA RESERVA DE LA
BIÓSFERA ISLA SAN PEDRO MÁRTIR**

Tesis presentada por

Anayeli Cabrera Murrieta

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL
DEL AMBIENTE**

Tijuana, B. C., México
2012

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis:

 Dr. Horacio de la Cueva Salcedo

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. _____

2. _____

3. _____

AGRADECIMIENTOS

Con mucho agrado y satisfacción doy mis sinceros agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Colegio de la Frontera Norte (COLEF) y al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por haberme brindado la oportunidad de cursar los estudios de maestría y apoyarme con los recursos requeridos para llevar a cabo esta investigación.

A mi director de tesis, Dr. Horacio de la Cueva Salcedo, por su apoyo personal y profesional para desarrollar este trabajo de investigación, así como a mi lector interno el Dr. Jorge Eduardo Mendoza Cota y mi lector externo el Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso, que con su amplia experiencia apoyaron este proyecto.

Quiero agradecer al Dr. Jorge Torre y Mario Rojo de Comunidad y Biodiversidad, A.C., a la Dra. Jaqueline García Hernández, como al Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.), al Dr. Rafael Riosmena Rodríguez y al M. C. Alvin Noé Suárez Castillo del Programa de Investigación de Botánica Marina en la UABCS y a la M.C. Ana Luisa Figuerora de la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir por proporcionarme todas las facilidades, información y acceso a bases de datos producto de sus investigaciones y arduo trabajo en las instituciones que representan.

Agradezco a los investigadores, docentes y personal del COLEF y el CICESE por brindar su apoyo y valiosos conocimientos durante nuestra estancia en los centros de investigación.

Le agradezco a todos y cada uno de mis compañeros de la Maestría en Administración Integral del Ambiente, así como a las valiosas amistades que surgieron gracias a la compañía y convivencia durante todo este tiempo.

A mi familia hermosa, a mis padres, hermanos, sobrinas y a mi abuela...simplemente los amo.

A mi compañero y amigo en esta travesía...que la tierra y el magnífico tiempo nos sigan moviendo.

Le agradezco a la vida, a la vida y a la vida.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

I.	MARCO CONTEXTUAL	9
1.1	Comprendiendo cómo los ecosistemas proveen servicios	9
1.2	Área de estudio	13
1.2.1	Flora y fauna terrestre	16
1.2.2	Flora y fauna marina	17
1.3	Ecosistemas marinos en la RBISPM	18
1.3.1	Ecosistemas en la zona costera de la RBISPM	19
1.3.2	Ecosistema en zona pelágica de la RBISPM	25
1.4	Aspectos administrativos del área	26
1.4.1	Gestión y consenso en la creación de la RBISPM	27
1.4.2	Zonificación de la RBISPM	28
1.5	Problemática del área	29
1.5.1	Externalidades y recursos comunes en la RBISPM	34
II.	MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	35
2.1	Desarrollo sustentable y economía ecológica	35
2.2	Los diferentes significados de “valor” en el contexto de los servicios ecosistémicos	39
2.3	¿Por qué valorar los servicios ecosistémicos?	42
2.4	Uso de la valoración de los servicios ecosistémicos en el proceso de gestión y gobernanza ambiental	44
2.5	Paradigmas de valoración de los servicios ecosistémicos	46
2.5.1	Enfoques biofísicos	47
2.5.2	Enfoques según las preferencias	49
2.5.2.1	Valor Económico Total: valores de uso y no uso	50
2.5.2.2	Métodos de valoración bajo el esquema de Valor Económico Total (VET)	53
2.6	Valoración de los servicios ecosistémicos en la RBISPM	55
2.6.1	Costo de viaje: enfoque según preferencias de valoración de los servicios ecosistémicos	56
2.6.2	Eco-exergía: enfoque biofísico de valoración de los servicios ecosistémicos	59
2.7	Hipótesis de investigación	64
III.	METODOLOGÍA	65
3.1	Fases de la metodología	65
3.2	Variables y modelo	66
3.2.1	Costo de Viaje	66

3.2.2	Eco-exergía	73
IV.	RESULTADOS	82
4.1	Costo de viaje: un acercamiento a los actores involucrados	82
4.1.1	Costo de viaje: modelo empírico	93
4.1.2	El cálculo del valor económico	97
4.2	Cálculo de la eco-exergía de los ecosistemas en la RBISPM	97
4.2.1	Valor total de los servicios ecosistémicos en la RBISPM	99
4.2.2	Índice de eco-exergía específica	99
V.	CONCLUSIONES	102
5.1	Costo de viaje en la Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir	102
5.2	Disposición de pago por conservar la RBISPM	103
5.3	Eco-exergía e índice específico de eco-exergía en la RBISPM	104
5.4	Integración de metodologías en la valoración de los servicios ecosistémicos en la RBISPM	105
5.5	Valoración desde la economía ecológica en el proceso de gestión y gobernanza ambiental de la RBISPM	106
ANEXOS		
Anexo I	Encuesta a pescadores deportivos en idioma español	110
Anexo II	Encuesta a pescadores deportivos en idioma inglés	115
BIBLIOGRAFÍA		120

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1	Servicios ecosistémicos	10
Cuadro 1.2	Servicios y funciones de los ecosistemas	11
Cuadro 2.1	VET: vínculos entre métodos y componentes específicos de valor	53
Cuadro 2.2	Servicios ecosistémicos de distintos ecosistemas	64
Cuadro 3.1	Variables incluidas en la encuesta	67
Cuadro 3.2	Tipo de información proporcionada por cada institución	74
Cuadro 3.3	Especies de peces registrados en monitoreos de la RBISPM	76
Cuadro 3.4	Especies de zona pelágica registrados en monitoreos de la RBISPM	77
Cuadro 3.5	Valores β = Contenido de exergía en relación a la exergía de detritus	79
Cuadro 4.1	Contribuir a pagar o no un monto mayor por conservar la RBISPM	91
Cuadro 4.2	Disposición a pagar en pesos mexicanos por vista a la RBISPM	92
Cuadro 4.3	Forma de pago	92
Cuadro 4.4	Coefficientes	93
Cuadro 4.5	Resumen del modelo	94
Cuadro 4.6	ANOVA	95
Cuadro 4.7	Eco-exergía total derivada de los ecosistemas acuáticos de la RBISPM	99
Cuadro 4.8	Eco-exergía e índice específico de eco-exergía en relación al área costera de la RBISPM	100
Cuadro 4.9	Eco-exergía e índice específico de eco-exergía en relación al área pelágica de la RBISPM	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Marco para vincular los ecosistemas al bienestar humano	12
Figura 2.1	Métodos para la valoración de los servicios ecosistémicos	47
Figura 2.2	Tipos de valor en el marco del VET	51
Figura 4.1	Representación básica de la cadena trófica en estado estacionario en el Área marina de la RBISPM	98

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.1	Localización de la Isla San Pedro Mártir en el Golfo de California	14
Mapa 1.2	Reserva de Biósfera Isla San Pedro Mártir	15
Mapa 1.3	Zonificación de la RBISPM	28

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1	Isla San Pedro Mártir	15
------------	-----------------------	-----------

Imagen 1.2	Bosques de sargazo en la RBISPM	20
Imagen 1.3	Flora asociada al arrecife rocoso: cola de pavo (<i>Padina durvillaei</i>)	21
Imagen 1.4	Muestreo de mantos de rodolitos en la RBISPM	22
Imagen 1.5	Camas de coral negro en la RBISPM	23

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 4.1	Horas-tiempo que se permaneció en el área natural (pescadores deportivos de Bahía de Kino)	83
Gráfica 4.2	Viajes realizados en el 2011 a la RBISPM (pescadores deportivos de Bahía de Kino)	84
Gráfica 4.3	Horas-tiempo que se permaneció en el área natural (pescadores deportivos de San Carlos)	85
Gráfica 4.4	Viajes realizados en el 2011 a la RBISPM (pescadores deportivos de Bahía de Kino)	85
Gráfica 4.5	Libras de captura por viaje de pesca (pescadores deportivos de Bahía de Kino y San Carlos)	86
Gráfica 4.6	Libras de captura por viaje de pesca (pescadores deportivos Bahía de Kino)	87
Gráfica 4.7	Libras de captura por viaje de pesca (pescadores deportivos San Carlos)	87
Gráfica 4.8	Costo total en dólares de la visita a la RBISPM (pescadores deportivos de San Carlos)	88
Gráfica 4.9	Costo total en dólares de la visita a la RBISPM (pescadores deportivos de Bahía de Kino)	89
Gráfica 4.10	Costo del tiempo de traslado y estancia empleado en la RBISPM (pescadores deportivos de San Carlos)	90
Gráfica 4.11	Costo del tiempo de traslado y estancia empleado en la RBISPM (pescadores deportivos de Bahía de Kino)	90

RESUMEN

Los vínculos entre la naturaleza y la economía suelen describirse mediante el concepto de servicios ecosistémicos. Mismos que se definen como “las condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, sostienen y satisfacen la vida humana. Mantienen la biodiversidad y la producción de bienes de los ecosistemas...” (Daily, 1997).

La presente investigación estudia los servicios ecosistémicos desde la perspectiva de la economía ecológica, enfocándose en la valoración económica y física de los servicios que los ecosistemas brindan, y resaltando la pertinencia del uso de diversas metodologías, para incorporar la dinámica ecosistémica.

La valoración los servicios ecosistémicos desde la perspectiva de la economía ecológica en la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir (RBISPM), ubicada en el Golfo de California, integra la estimación del costo de viaje hacia la isla, el análisis de un modelo en estado estacionario que representa la biomasa de varios niveles tróficos de los ecosistemas acuáticos de la Reserva para el estudio del sistema, y la utilización de un indicador biofísico sobre la capacidad de trabajo o eco-exergía en los ecosistemas (Jorgensen, 2010).

Se corroboró que al llevar a cabo la valoración de los servicios ecosistémicos con distintos tipos de valor dentro del marco de economía ecológica en la RBISPM tiene como resultado una mejor comprensión de la valoración económica y física de los impactos ambientales que las actividades humanas producen en los ecosistemas marinos de la isla, en comparación con cualquier instrumento de valoración con enfoque de economía ambiental que se utilice aisladamente (en este caso, el costo de viaje), por el hecho de que la capacidad de trabajo (eco-exergía) incluye todos los servicios posibles que el ecosistema ofrece. También se encontró en este trabajo de investigación que existen diferencias en el valor de los servicios ecosistémicos por unidad de área referente a la zona costera, en comparación con la zona pelágica de la RBISPM.

SUMMARY

The links between nature and the economy are described by the concept of ecosystem services, defined as "as the conditions and processes through which natural ecosystems, and the species that make them up, sustain and fulfill human life" (Daily, 1997).

This work focuses on ecosystem services from the perspective of ecological economics, focusing on economic and physical assessment of the services that ecosystems provide, and highlighting the relevance of using different methodologies to incorporate ecosystem dynamics.

The valuation of ecosystem services from the perspective of ecological economics in the Biosphere Reserve Isla San Pedro Martir (RBISPM), located in the Gulf of California, integrates the travel cost estimate to the island, the analysis of a steady-state model that give the biomass of the various trophic levels in aquatic ecosystems of the Reserve for the study of the system, and the use of a biophysical indicator of the work capacity or eco-exergy in the ecosystems (Jorgensen, 2010).

The research confirmed that carrying out the valuation of the ecosystem services with different types of values within the framework of ecological economics in RBISPM results in a better understanding of the physical and economic valuation of the environmental impacts of the human activities on the marine ecosystems of the island. This is compared with assessment tools that solely focus on environmental economics such as centering on the cost of travel alone, taking into consideration that the working capacity (eco-exergy) includes all possible services that the ecosystem provides. At the same time, this research study found differences in the value of ecosystem services per unit area relating to the coastal zone, compared to the pelagic zone of the RBISPM.

Mientras nos movemos de la economía a la ecología como ciencia gobernante de nuestra era administrativa, nuestra política tendrá que ayudarnos a darnos cuenta de que, más allá de todo presupuesto y límite, lo que realmente cuenta no se puede contar.

-William Irwin Thompson (1995)

INTRODUCCIÓN

A menudo se olvida cuán dependientes somos de otras especies. Los ecosistemas con múltiples especies, que interactúan entre sí y sus entornos físicos, son esenciales para las sociedades humanas.

Estos sistemas proporcionan alimentos, agua dulce y las materias primas para la construcción y combustible; regulan el clima y la calidad del aire, amortiguan contra los riesgos naturales como inundaciones y tormentas, mantienen la fertilidad del suelo, y polinizan los cultivos. La diversidad genética del gran número de formas de vida proporciona la materia prima para nuevos medicamentos y nuevos cultivos comerciales y ganaderos, incluidos los que se adaptan mejor a las condiciones en virtud de un clima cambiante.

Los servicios ecosistémicos son “el conjunto de elementos que el ser humano obtiene de la naturaleza y las múltiples funciones que desempeñan los ecosistemas naturales proveyendo estabilidad climática, belleza paisajística, equilibrio ecológico y espacios de recreación, entre otros” (Carabias *et al.*, 2009: 106).

Los sistemas humanos-ambientales se encuentran influenciados por los problemas ecológicos y socio-económicos que forman parte de nuestra realidad. Crisis económicas, contaminación, conflictos sociales y degradación ambiental son pruebas de que las sociedades humanas son sistemas adaptativos complejos que, a su vez, se encuentran incrustadas dentro de ecosistemas adaptativos aún más complejos (Burkhard, *et al.*, 2010).

Es así, que cada vez se hace más necesario un manejo integrador e innovador que conjunte las demandas ambientales, sociales y económicas y que enfrente los sucesos del presente y futuro, pero que además sirva como guía para encontrar respuestas a las innumerables preguntas que representa para la ciencia (Burkhard, *et al.*, 2010).

El concepto de servicios ecosistémicos empezó a popularizarse desde la década de los noventas, cuando publicaciones de los autores como Martínez-Alier (1987), de Groot (1992) y Costanza *et al.* (1997) fueron divulgadas.

Los servicios ecosistémicos funcionan como un valioso marco que define y analiza los lazos y dependencias entre los sistemas naturales y humanos (Burkhard *et al.*, 2010). Paralelamente, se empezó a dar importancia a la valorización de estos servicios como parte de los instrumentos de política ambiental internacional, ya que se busca incorporar el valor de los

mismos en la economía y así evitar su degradación.

Una de las iniciativas más influyentes en el campo de la investigación ha sido el *Millennium Ecosystem Assessment* (MA, 2003 y 2005), el cual es un punto de partida en donde distintos grupos de trabajo pueden construir lineamientos adecuados a sus propias necesidades. Sin embargo, este esfuerzo se ha mantenido a un nivel conceptual y la aplicación de los resultados políticos aún no es visible.

Además existen reuniones internacionales de proyectos de trabajo relacionados al estudio y discusión en torno a los servicios ecosistémicos. Estas iniciativas están impulsadas ya sea desde sectores, principalmente académicos, con manejo de información y avances científicos. Aquí algunos ejemplos: *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB), EEA/MA 2015, DIVERSITAS, QUEST, RUBICODE, SENSOR y la reunión internacional titulada *The Ecosystem Services Partnership* en el 2008 (de Groot *et al.*, 2010).

La valoración de los servicios ecosistémicos se ha convertido en uno de los instrumentos económicos que complementan a los regulatorios de la política ambiental en México (SEMARNAT, 2006). Este mecanismo se basa en la valoración económica de los recursos naturales, los ecosistemas y los servicios ambientales, careciendo de una valoración con enfoque ecosistémico.

Dentro de los instrumentos económicos que contempla SEMARNAT (2006), como parte de la gestión ambiental que se realiza en nuestro país, se encuentra el de valoración económica de bienes naturales desde la economía ambiental. La finalidad de esta evaluación es priorizar, formular prácticas de conservación, sugerir y analizar políticas concretas, evaluar proyectos y determinar programas de pago por servicios ambientales.

En México, una de las áreas en donde ha cobrado gran importancia la utilización de la valoración de los servicios ecosistémicos como parte de la gestión ambiental que se lleva a cabo, es la de las Áreas Naturales Protegidas.

Identificar los bienes y servicios de un Área Natural Protegida (ANP), determinar quién da valor a esos bienes y servicios y medir esos valores no son un proceso directo. Muchos bienes y servicios no son capitalizables en los mercados comerciales por lo que no tienen valor de mercado evidente. Los valores de bienes y servicios que no cuentan con un mercado tangible necesitan ser medidos y expresados en términos monetarios. Así pueden tener el mismo peso a la misma escala de los componentes de comercialización (WCPA e IUCN, 1998).

En este sentido, la valoración económica de las ANP se ha expandido como un elemento esencial de manejo y para asegurar fondos para operarlas (WCPA e IUCN, 1998). El enfoque de gran parte de instituciones internacionales, y de la política ambiental de SEMARNAT, es el de economía ambiental neoclásica, la cual depende del mercado para lograr una asignación eficiente de recursos.

Pero, hay que tener en cuenta que la naturaleza -incluyendo a los ecosistemas y a los seres humanos-, se caracteriza por ser sistema complejo, que como "...proceso evolutivo se distingue por los ciclos de adaptación que están anidados en escalas de tamaño cada vez mayores, que se traduce en incertidumbre, no linealidad, y auto-organización" (Plummer y Armitage, 2007).

Los servicios ecosistémicos son sistemas complejos por naturaleza, lo cual implica que su entendimiento e interpretación depende de lo que el avance de la ciencia puede explicar de ellos. En México, la información ambiental es insuficiente, y para la mejor comprensión es necesario abordar, desde una perspectiva interdisciplinaria, la complejidad de los sistemas ecológicos, sociales y la interacción entre ellos (Balvanera y Cotler, 2007).

Esta visión ha permitido que a contraposición de la economía ambiental neoclásica, la economía ecológica esté abriendo fronteras interdisciplinarias de cara a la complejidad emergente, en donde se busca insertar la economía dentro de la ecología con posición crítica ante la degradación ambiental y energética que son consecuencia de los procesos de producción y consumo, con el fin de que las actividades económicas se integren y fluyan a través de la dinámica de la naturaleza (Leff, 2007).

Como la economía ecológica aboga a favor del "pluralismo metodológico" (Norgaard, 1989), se ha consensado que para internalizar el valor de los servicios ecosistémicos de manera holística, es válido el uso de diversas metodologías.

Una valoración de los servicios ecosistémicos que permita realizar un cambio de análisis desde el sistema económico de los recursos del mercado hacia las bases biofísicas de la interdependencia de los sistemas ecológicos y económicos es necesario para identificar "las pérdidas sociales por el uso irracional de los recursos naturales" (Belausteguigoitia y Pérez, 1994: 46).

La política ambiental en México, y en particular, el instrumento de valoración de los servicios ecosistémicos, debe verse acompañado por un cambio fundamental en la percepción y en la dirección en que deben de abordarse los problemas de los recursos naturales.

Martínez-Alier (1987) afirma que la política ambiental debe centrarse en el análisis desde el sistema económico de los recursos del mercado hacia las bases biofísicas de la interdependencia de los sistemas ecológicos y económicos.

Por lo anterior, consideramos que las técnicas de valoración de los servicios ecosistémicos deben basarse en el enfoque de economía ecológica, además del que opera actualmente, caracterizado por estar fundamentado en la economía ambiental.

El orientar estudios que relacionen los servicios ecosistémicos con el bienestar humano, se fundamenta en las bases que conforman la economía ecológica, ya que busca integrar la dinámica de los ecosistemas con los instrumentos de política ambiental (Avila-Foucat, 2007), para lo cual, es pertinente y necesario contribuir al proceso, mediante la generación y uso de nuevos conceptos y metodologías.

La presente investigación estudia los servicios ecosistémicos desde la perspectiva de la economía ecológica, enfocándose en la valoración económica y física de los servicios que los ecosistemas brindan, y resaltando la pertinencia del uso de diversas metodologías, para incorporar la dinámica ecosistémica.

La valoración los servicios ecosistémicos desde la perspectiva de la economía ecológica en la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir (RBISPM), ubicada en el Golfo de California, integra la estimación del costo de viaje hacia la isla, el análisis de un modelo en estado estacionario que representa la biomasa de varios niveles tróficos de los ecosistemas acuáticos de la Reserva para el estudio del sistema, y la utilización de un indicador biofísico sobre la capacidad de trabajo o eco-exergía en los ecosistemas (Jorgensen, 2010).

El costo de viaje es un método donde se valoran los servicios ecosistémicos asociados con la actividad recreacional. El precio de acceso al área natural se basa en el costo y tiempo incurrido en el viaje hacia el sitio. Por lo tanto, el gasto que se realiza en el número de visitas que los individuos hacen, es la disposición a pagar para visitar el área. (Cristeche y Penna, 2008).

La cadena trófica es una cadena alimentaria donde se muestra “la ruta lineal que siguen la materia y la energía alimenticia dentro de un ecosistema a través del paso de un individuo a otro que se alimenta del primero” (Carabias et al., 2009: 235).

La eco-exergía o la capacidad de trabajo expresa la energía que puede realizar trabajo en los ecosistemas. La eco-exergía se convierte en una medida sobre la distancia en la que un ecosistema se encuentra del equilibrio termodinámico, es decir, la cantidad de organización compleja que el ecosistema ha acumulado en forma de organismos, complejos bioquímicos y complejidad en la red ecológica (Jorgensen, 2006). Puede ser usada en ecología para medir la complejidad de un ecosistema con n componentes diferentes: organismos vivos, detritos y materia inorgánica (Jorgensen, 2006).

De esta manera se resalta la integración de distintas metodologías que integran no sólo el análisis económico –procedente de la visión de economía ambiental neoclásica-, sino también el ecológico y social.

Consideramos a la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir (RBISPM) como un sitio adecuado para poner en práctica el enfoque de economía ecológica por medio de la aplicación de tres metodologías distintas, que integradas, contribuyen al mejor entendimiento y valoración de los servicios ecosistémicos para mejorar la gestión ambiental que se lleva a cabo en la Reserva.

En la Isla San Pedro Mártir se tienen registradas 292 especies de flora y fauna en las zonas marina y terrestre, posicionándola como un sitio excepcional y valioso en términos biológicos en lo que comprende el Golfo de California (CONANP, 2007).

La Isla San Pedro Mártir fue decretada como Reserva de la Biosfera el 13 de Junio de 2002 (Diario Oficial de la Federación, 2002). La Reserva tiene una superficie de 30,165 ha que corresponden aproximadamente a 29,054.14 ha de zona de amortiguamiento y 1,110.86 ha como zona núcleo, que a su vez, se encuentra conformada por 285.74 ha en la superficie terrestre –casi la totalidad de la isla- y 825.12 ha como porción marina (CONANP, 2007).

Los ambientes marinos más característicos de la Reserva son los arrecifes rocosos costeros, camas de sargazo, bosques de coral negro y arrecifes rocosos profundos que permiten la vida y reproducción de las especies de peces más abundantes (CONANP, COBI y WWF, 2007).

Económicamente, desde el siglo pasado y en especial en los últimos treinta años, los pescadores ribereños procedentes principalmente de la comunidad de Bahía de Kino, Sonora, han ejercido una intensa presión sobre recursos pesqueros de especies como extranjero, pierna o conejo y langosta, a tal grado que estas pesquerías presentan ya síntomas de sobre captura (CONANP, 2007).

La pesca en la RBISPM es de gran relevancia, la zona marina alrededor de la isla se ha

convertido en un sitio cada vez más importante para el desarrollo de la pesca comercial y deportiva, mientras que la zona terrestre de la isla es utilizada de manera directa para actividades de investigación, de turismo y como campamento temporal para desarrollar la pesca comercial durante lapsos de dos a tres días (CONANP, 2007)

Las actividades turísticas que se llevan a cabo en la isla como el buceo, pesca deportiva, snorkeling, entre otras, constituyen una importante actividad con gran potencial económico, pero también provocan impactos sobre los recursos y los ecosistemas de la isla, ya que existe la problemática del aprovechamiento ilegal de recursos marinos por actividades de buceo recreativo, contaminación por desechos sólidos y pesca deportiva que se lleva a cabo en la zona núcleo. Esta, por ser una subzona de protección de la RBISPM, excluye cualquier actividad pesquera (CONANP, 2007).

Es por la importancia biológica y económica con la que cuenta la Reserva, así como las características y la problemática en torno a ella, que consideramos que la estimación del costo de viaje, el análisis de las cadenas trófica y el cálculo de la eco-exergía, son aportes metodológicos importantes al estudio de las relaciones ambiente-sociedad; estudio que contribuye a la mejor determinación del valor de los servicios ecosistémicos presentes en el área marina de la RBISPM.

Por lo tanto, las preguntas que guiarán el trabajo serán:

- ¿En qué medida el modelo propuesto de economía ecológica contribuirá a la estimación de la suma de beneficios de los servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad? ¿Y cuál es la razón de ello?
- ¿Existen o no diferencias en el valor de los servicios ecosistémicos por unidad de área referente a la zona costera, en comparación con la zona pelágica de la RBISPM?.

El objetivo general de nuestro trabajo de investigación es estimar, desde la perspectiva de la economía ecológica, el valor total de los servicios ofrecidos por los ecosistemas marinos presentes en la RBISPM a través del cálculo del costo de viaje, la descripción y el análisis de la cadena trófica en estado estacionario en el área marina de la Reserva y la estimación de la capacidad de trabajo o eco-exergía de los ecosistemas.

Los objetivos particulares de este trabajo de investigación se enumeran a continuación:

1. Caracterizar y describir los servicios ecosistémicos que llevan a cabo las funciones de regulación, hábitat, producción e información en los ecosistemas marinos que conforman la RBISPM.
2. Obtener la curva de demanda de los servicios provistos por la RBISPM para cada individuo en función de los costos para acceder al mismo y el costo de oportunidad del tiempo de acuerdo con las características socioeconómicas de los encuestados.
3. Encontrar el valor económico de los servicios ecosistémicos asociados con la actividad recreacional de la RBISPM una vez conocidos los valores de la pendiente de la curva de demanda.
4. Analizar y describir un modelo de estado estacionario que indique la biomasa de varios niveles tróficos en los ecosistemas acuáticos de la Reserva.
5. Calcular el índice de eco-exergía y el índice de eco-exergía específica de la RBISPM, así como de la zona costera y pelágica de la misma.
6. Estimar el valor de los servicios que proveen los ecosistemas marinos en la RBISPM vinculando indicadores de eco-exergía a unidades monetarias concretas de sus capacidades de trabajo.

El presente documento está conformado por cinco capítulos en los cuales se describe el contexto particular de la RBISPM, los conceptos teóricos utilizados, la metodología involucrada, la evidencia empírica y se presentan las aportaciones de la investigación.

En el capítulo I se introduce el tema y se describen los servicios ecosistémicos en la RBISPM, la problemática del área y los aspectos administrativos de la Reserva.

En el capítulo II se abordan los conceptos teóricos relacionados a los servicios ecosistémicos, así como los correspondientes a los distintos paradigmas de valoración de los mismos. Se hace una revisión de los enfoques biofísicos y basados en las preferencias para valorar los servicios que ofrecen los ecosistemas. De manera detallada se revisan los conceptos y la técnica relacionada a cada una de las perspectivas metodológicas que servirán para integrar la valoración de los servicios ecosistémicos de la RBISPM. En particular, se retomará del enfoque biofísico de valoración, la capacidad de trabajo o eco-exergía de los ecosistemas; mientras que del enfoque según las preferencias se retomará el método de costo de viaje.

En el capítulo III se explican las fases metodológicas así como también los métodos y procedimientos utilizados en el presente trabajo de investigación.

En el capítulo IV se desarrollan los resultados obtenidos por los dos métodos de valoración. Finalmente, en el capítulo V se presentan las conclusiones de la investigación.

I. MARCO CONTEXTUAL

1.1 Comprendiendo cómo los ecosistemas proveen servicios

Los vínculos entre la naturaleza y la economía suelen describirse mediante el concepto de servicios ecosistémicos. Mismos que se definen como “las condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, sostienen y satisfacen la vida humana. Mantienen la biodiversidad y la producción de bienes de los ecosistemas...” (Daily, 1997).

Para el caso de los ecosistemas acuáticos, muchos de los bienes y servicios proporcionados son intuitivos, tales como las fuentes de agua potable, la producción de alimentos, transporte, eliminación de desperdicios, y que contribuyen a la estética del paisaje. Otros bienes y servicios menos intuitivos, se han reconocido sólo al desarrollarse el conocimiento del ecosistema global. Algunos de estos incluyen el mantenimiento de la biodiversidad, contribución a los ciclos biogeoquímicos y el clima mundial (Committee on Assessing and Valuing the the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

Los revisores de la materia han tratado de catalogar los bienes y servicios en una variedad de maneras. Los servicios se agrupan a veces desde la perspectiva de los usuarios humanos en categorías tales como extractivo y no extractivo o consumible y no consumible. Una recopilación de varios autores que clasifican a los servicios ecosistémicos se incluyen en el Cuadro 1.1. Los expertos también han tratado de articular la relación entre las funciones del ecosistema y de los bienes y servicios derivados.

El estado del conocimiento es tal que no hay un amplio consenso sobre una lista completa de los productos y servicios potenciales derivados de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, existe una similitud suficiente entre las listas de propuestas que sugieren que la plena valoración de los bienes de cualquier ecosistema en particular y los servicios deben mirar más allá de las cantidades de consumo de agua, el pescado, la asimilación de desechos, y de esparcimiento prestados a personas en contacto directo con el sistema (Committee on Assessing and Valuing the the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

Servicios ecosistémicos

Servicios ecosistémicos (Daily, 1997)	Servicios ecosistémicos de los humedales (Ewel, 2002)
La purificación de aire y el agua La mitigación de inundaciones y sequías La desintoxicación y la descomposición de los desechos La generación y renovación de suelo y su fertilidad La polinización de los cultivos y la vegetación natural El control de la inmensa mayoría de los potenciales plagas agrícolas La dispersión de las semillas y la translocación de nutrientes El mantenimiento de la biodiversidad, de la cual la humanidad ha derivado elementos clave de su medicamento agrícola, y las empresas industriales Protección contra la dañina radiación ultravioleta de los rayos del sol Estabilización parcial del clima La moderación de las temperaturas extremas y la fuerza de los vientos y las olas Belleza estética y estímulo intelectual que elevan el espíritu humano	Biodiversidad: sustento de la vida vegetal y animal Evolución de las especies únicas La producción de la vida silvestre recolectada: Las aves acuáticas Mamíferos de piel (por ejemplo, la rata almizclera) Los reptiles (por ejemplo, caimanes) Pescados y mariscos La producción de la fauna para recreación no explotable Producción de madera y otras fibras Recursos Hídricos: suministro y producción de insumos Mejoras en la calidad del agua Mitigación y reducción de las inundaciones Conservación del agua Ciclos biogeoquímicos globales: Suministro de valores de existencia La acumulación de carbono Producción de metano La desnitrificación La reducción de azufre
Servicios prestados por los ríos, lagos, acuíferos y humedales (Postel y Carpenter, 1997)	Servicios Ecosistémicos de los Océanos (Peterson y Lubchenco, 2002)
Suministro de agua potable Beber, cocinar, lavar y otros usos domésticos Fabricación, la generación de energía termoeléctrica, y otros usos industriales El riego de los cultivos, campos de golf, parques, etc Acuicultura Suministro de bienes distintos de agua Peces Aves acuáticas Almejas y mejillones Pieles Los beneficios no extractivos Control de inundaciones Transporte Natación recreativa, paseos en bote, etc Disolución de contaminación y protección de la calidad del agua La generación hidroeléctrica Hábitat de aves y vida silvestre La fertilización del suelo Mejora de los valores de propiedad Valores de no uso	Ciclo de materiales globales La transformación, la desintoxicación, y el secuestro de contaminantes y desechos de la sociedad Apoyo a la costa del océano basado en la recreación, el turismo y las industrias de jubilación Valoración y desarrollo de tierras costeras Provisión de futuros valores científicos y culturales

Fuente: Committee on Assessing and Valuing the the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, (2004).

En la actualidad, se pueden cuantificar muchos de los bienes y servicios, aunque los métodos pueden variar. Es de destacar que la comunidad internacional Millennium Ecosystem Assessment (MEA), coordinado por el Programa de las Naciones Unidas ha adoptado una clasificación de servicios ecosistémicos extraído de De Groot *et al.* (2002).

La clasificación de los servicios ecosistémicos que maneja MEA incluye servicios de abastecimiento, como comida y agua; servicios de regulación como regulación climática, mitigación de riesgos naturales, regulación de la calidad del aire; servicios de apoyo como hábitat y protección del acervo genético; y servicios culturales como los recreacionales, espirituales, entre otros beneficios no materiales (véase Cuadro 1.2, Costanza *et al.* 1997; Daily,

1997; MEA, 2003, 2005; De Groot *et al.* 2002, 2010).

Cuadro 1.2

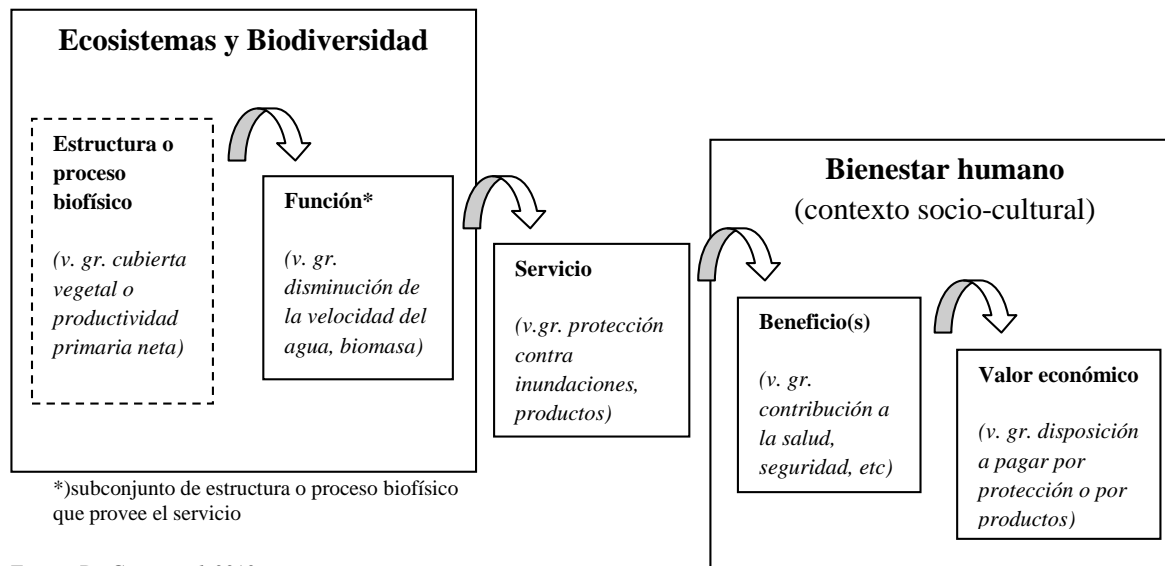
Servicios y funciones de los ecosistemas		
Componentes de los servicios y ejemplos		Proceso ecológico y/o componente proporcionador del servicio (o como influencia en su habilidad) = funciones
Abastecimiento	1 Alimento	Presencia de plantas y animales comestibles
	2 Agua	Presencia de depósitos de agua
	3 Fibra, combustible y otras materias primas	Presencia de especies o componentes abióticos con el uso potencial de madera, combustible o materia prima
	4 Materiales genéticos: genes para resistencia a patógenos de las plantas	Presencia de especies con (potencial) material genético útil
	5 Productos bioquímicos y recursos medicinales	Presencia de especies o componentes abióticos con uso potencial químico y medicinal
	6 Especies ornamentales y/o recursos	Presencia de especies o recursos abióticos con uso ornamental
Regulación	7 Regulación de la calidad del aire: (por ejemplo, la captura de partículas de polvo)	Capacidad de los ecosistemas para extraer los aerosoles y productos químicos de la atmósfera
	8 Regulación climática	Influencia de los ecosistemas en el clima local y global a través de la cubierta terrestre y los procesos biológicos
	9 Mitigación de riesgos naturales	El papel de los bosques en la amortiguación de los fenómenos extremos (por ejemplo, protección contra el daño de la inundación)
	10 Regulación del agua	El papel de los bosques en la infiltración del agua y la liberación gradual de agua
	11 Tratamiento de residuos	El papel de los procesos de la biota y abióticos en la eliminación o la descomposición de materia orgánica, nutrientes y compuestos xénicos
	12 Protección contra la erosión	El papel de la vegetación y la biota en la retención del suelo
	13 Formación y regeneración de suelo	El papel de los procesos naturales en la formación del suelo y la regeneración
	14 Polinización	La abundancia y la efectividad de los polinizadores
Apoyo o hábitat	15 Regulación biológica	El control de las poblaciones de plagas a través de relaciones tróficas
	16 Hábitat criadero	La importancia de los ecosistemas para proporcionar la cría, alimentación o hábitat de descanso para especies transitorias
Cultura y esparcimiento	17 Protección del acervo genético	Mantenimiento del balance ecológico y procesos evolutivos
	18 Estética: la apreciación del paisaje natural (que no sea a través de actividades recreativas deliberadas)	La calidad estética del paisaje, basada por ejemplo en la diversidad estructural, "verdor", tranquilidad
	19 Recreacional: oportunidades para las actividades turísticas y recreativas	Características del paisaje, atractivo de vida silvestre
	20 Inspiración para la cultura, el arte y el diseño	Las características del paisaje o las especies con valor de inspiración para las artes humanas, etc.
	21 Patrimonio cultural e identidad: el sentido de lugar y pertenencia	Características culturalmente importantes del paisaje o las especies
	22 Inspiración espiritual y religiosa	Características del paisaje o las especies con valor espiritual y religiosa
	23 Educación y ciencia: oportunidades de educación formal y no formal y entrenamiento	Características con especial valor educativo y científico / interés

Fuente: adaptado a partir de De Groot *et al.* 2010.

Paralelamente al incremento de esfuerzos y estudios alrededor de los servicios ecosistémicos, se encuentra en debate la distinción entre funciones y servicios que los ecosistemas ofrecen, así

como la manera de clasificarlos, de tal forma que sean cuantificables de un modo consistente. Una de las actividades de seguimiento del MEA, indican De Groot *et al.* (2010), es el proyecto TEEB (The Economics of Ecosystem and Biodiversity, en donde existe consenso en utilizar el siguiente marco para vincular los ecosistemas con el bienestar humano (Figura 1.1).

Figura 1.1. Marco para vincular los ecosistemas al bienestar humano



Fuente: De Groot *et al.* 2010

Como la Figura 1.1 lo muestra, los servicios ecosistémicos se generan a partir de funciones ecosistémicas que están determinadas por estructuras y procesos biofísicos (ver Cuadro 1.2). Las funciones del ecosistema son intermediarias entre los procesos biofísicos del ecosistema y sus servicios, y se definen como “la capacidad de los ecosistemas para proveer bienes y servicios que satisfacen necesidades humanas, de manera directa e indirecta” (De Groot, 1992). Los bienes y servicios resultan de los procesos y funciones. Al hacer uso de un bien o servicio se produce un beneficio, como la salud, el placer, la nutrición, etc., el cual puede ser valorado en términos económicos y monetarios.

En lo que a nuestro tema de investigación se refiere, resaltar la importancia que representan para las sociedades humanas los servicios que el ecosistema marino de la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir (RBISPM) ofrece por la conjunción de múltiples especies que interactúan entre sí y sus entornos físicos, es un muestra esencial que representa el gran lazo de

dependencia que tenemos hacia nuestro entorno.

Los ecosistemas acuáticos en general, tienen cierta capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos de producción (por ejemplo, agua, alimentos), hábitat para plantas y animales, de regulación del medio ambiente (por ejemplo, ciclos hidrológicos, ciclos de nutrientes, el clima, la acumulación de residuos) y de cultura y esparcimiento (por ejemplo, recreación, estética, investigación) (Committee on Assessing and Valuing the the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

Consideramos a la RBISPM como un sitio ideal para desarrollar un ejercicio que contribuya al mejor entendimiento y valoración de los servicios ecosistémicos que arriba se detallan. Por lo tanto, procedemos a describir el área perteneciente a la RBISPM y el contexto en el que se desenvuelve su gestión ambiental.

1.2 Área de estudio

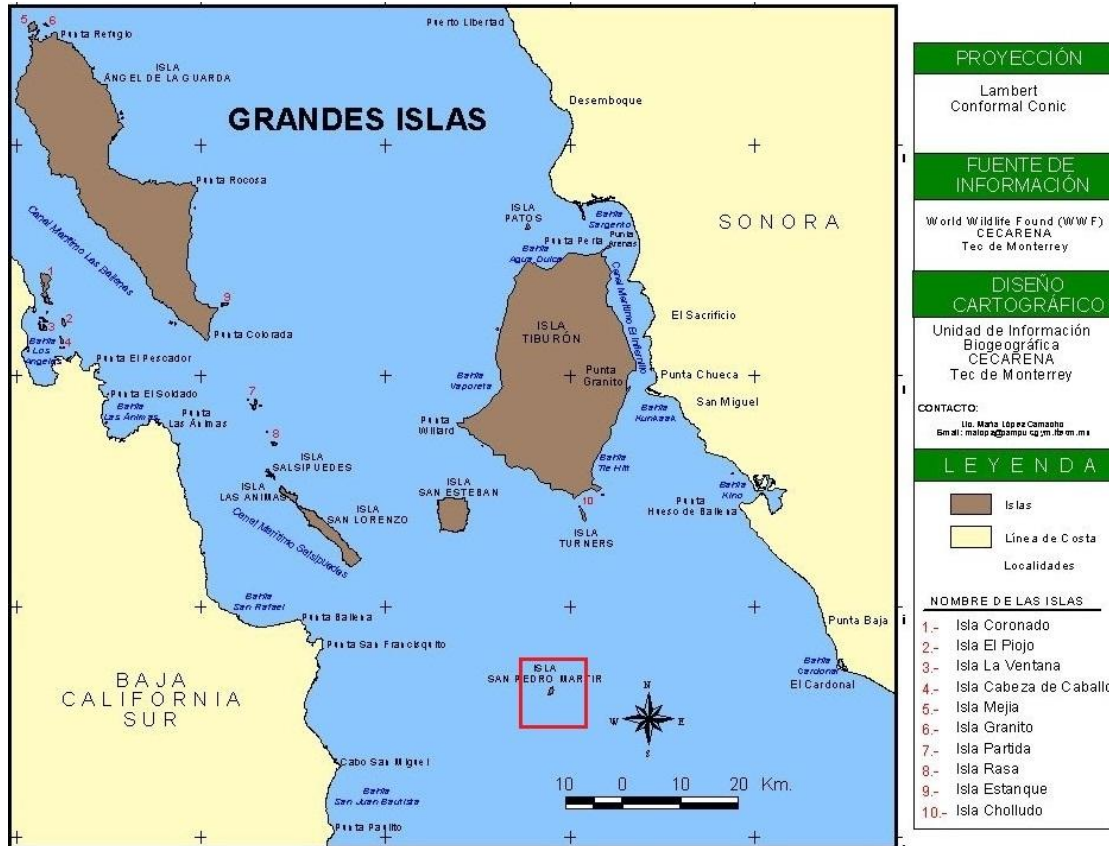
Las islas del Golfo de California se caracterizan por ser sitios con muy buen nivel de conservación, aunado a que cuentan con un ecosistema distintivo (Bahre y Bourillón 2002).

La isla San Pedro Mártir es la más aislada del Golfo de California, sus coordenadas geográficas se encuentran entre los 28° 15' y los 28° 30' de Latitud Norte y entre los 112° 10' y los 112° 25' de Longitud Oeste. Se localiza en la porción media del Golfo de California, entre el Golfo Norte y Central, a 55 kilómetros de Punta Kino, Son. y a 64 kilómetros de Punta San Gabriel, B.C., con 61 kilómetros de distancia desde el puerto de Bahía Kino, Son. (Torre *et al.*, 2011).

Su flora y fauna están determinadas por las particularidades físicas de la isla, la cual se encuentra entre las regiones biogeográficas del Golfo Norte y Golfo Central, resaltando que una y otra poseen características faunísticas y oceanográficas propias (Walker, 1960; Brusca *et al.*, 2005).

Las aguas que rodean la isla son de alta productividad primaria durante todo el año debido a procesos llamados surgencias, que por efecto de vientos y marea, llevan a la superficie agua fría del fondo rica en nutrientes, los cuales permiten el rápido crecimiento de las poblaciones de fitoplancton, que son la base de la mayoría de las cadenas alimentarias marinas (Álvarez-Borrego, 2002).

Mapa 1.1
Localización de la Isla San Pedro Mártir en el Golfo de California



La alta productividad de la zona de Guaymas, Sonora predomina en las aguas adyacentes a la isla en la temporada de invierno; y en verano la proveniente de Santa Rosalía, Baja California Sur, ocasionando la proporción de bastos nutrientes en la superficie del mar, desencadenando una compleja red trófica (Álvarez-Borrego, 2002).

Además de las surgencias, el guano generado por las aves de la isla hace que las aguas adyacentes de la misma sean fuente de alta productividad marina (García *et al.*, 2012).

La Isla San Pedro Mártir fue decretada como Reserva de la Biosfera el 13 de Junio de 2002 (DOF, 2002). La Reserva tiene una superficie total de 30,165 ha. que corresponden aproximadamente a 29,054.14 ha. de zona de amortiguamiento donde los recursos naturales pueden ser aprovechados y 1,110.86 ha. como zona núcleo para garantizar la conservación de la biodiversidad y recuperar, por medio de la prohibición de las actividades pesqueras, los recursos explotados en la zona de amortiguamiento. Es así, que la zona núcleo a su vez, se encuentra conformada por 285.74 ha. en la superficie terrestre –casi la totalidad de la isla- y 825.12 ha.

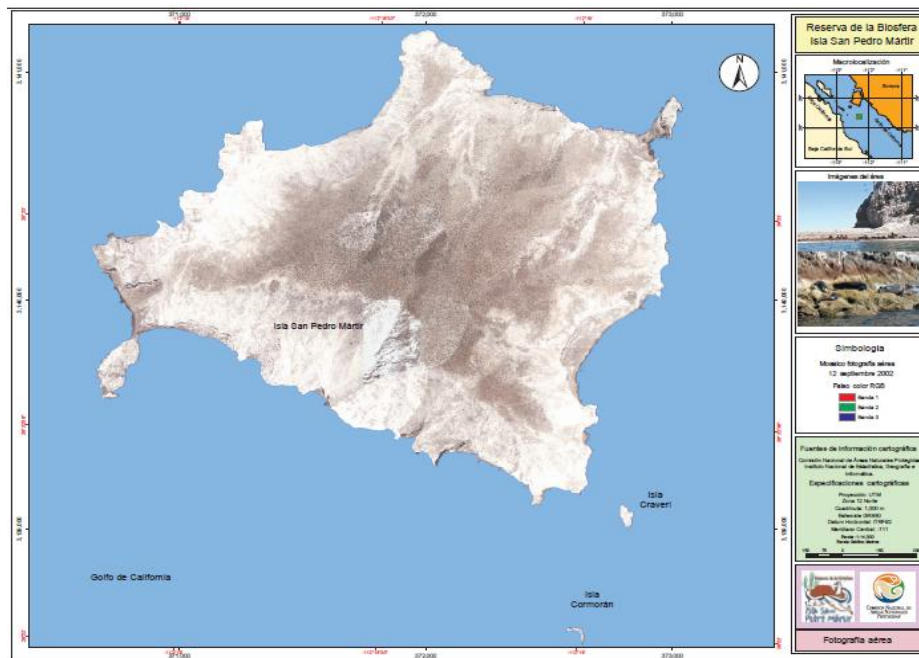
como porción marina (CONANP, 2007, ver Mapa 1.2).

Imagen 1.1
Isla San Pedro Mártir



Foto: Áreas Protegidas de México

Mapa 1.2
Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir



Fuente: CONANP (2007)

Actualmente, en Isla San Pedro Mártir se tienen registradas 292 especies de flora y fauna correspondientes a la zona marina y terrestre, posicionándola como un sitio excepcional y valioso en términos biológicos dada la concentración de especies en un área pequeña (CONANP, 2007).

Tal es el reconocimiento del valor biológico y ecológico que representa la RBISPM, que se encuentra dentro de las Regiones Marinas Prioritarias de México (Complejo Insular de Baja California, Área No. 13) y en las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA No. 27) establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En la iniciativa Baja to Bering (B2B) de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) entre Canadá, Estados Unidos y México, está reconocida como un sitio Prioritario para la Conservación. De igual manera, se designó como sitio Ramsar dentro del Convenio sobre los Humedales; así como Patrimonio Natural de la Humanidad y Reserva de la Biosfera por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (Torre *et al.*, 2011).

1.2.1 Flora y fauna terrestre

En la porción terrestre de la Reserva se identifica el ecosistema de desierto micrófilo, predominando el matorral xerófilo, así como otros tipos de matorrales espinosos (Castro *et al.*, 2007).

La flora que se puede apreciar en Isla San Pedro Mártir corresponden a 24 especies de plantas registradas, de las cuales predomina el bosque de cardón *Opuntia* que se encuentra en las partes altas de la isla; en los acantilados se hallan higueras silvestres (*Ficus palmeri*) de gran tamaño, y cuando llueve abundantemente en un año, la amapola silvestre (*Sphaeralcea hainesii*) prolifera en las praderas, dándole una tonalidad amarilla a la isla (CONANP, 2007).

Con los trabajos de Tershy *et al.*, (1992), Tershy y Breese (1997) y Cody y Velarde (2002) se han identificado 47 especies de aves terrestres, abundando la familia de gorriones (Emberizidae), aunque también se observan palomas, colibríes, tecolotes y carpinteros. Estas aves se alimentan de insectos, flores, frutos y semillas de las plantas; el 60% de las especies reportadas son visitantes raros y el 40% restante anidan (once especies) o visitan la isla con frecuencia (nueve especies).

Los invertebrados que se hallan en la isla según Tershy *et al.*, (1992) son los bobitos (*Paraleucopis mexicana*), el escarabajo tenebriónido (*Agroporis aequalis*), escarabajo trojínido (*Omorgus suberosus*) y la chinche argásida (*Ornithodoros denmarki*); además Boulton y Ward (2002) enlistaron cuatro especies de hormigas y nueve de escarabajos tenebriónidos, respectivamente.

Existen tres especies de reptiles que son endémicos a ésta isla, Case (2002) describe a la lagartija manchada de San Pedro Mártir (*Uta palmeri*), la cual tiene mayor masa corporal y come flores y frutos; la lagartija cola de látigo (*Cnemidophorus martyris*), misma que se diferencia por ser enana y su alimentación se basa en restos de pescado, bobitos, larvas de escarabajos, piojos y larvas de mosca, y la serpiente de cascabel de rombos (*Crotalus atrox atrox*). Además se puede encontrar a la culebra emperador negra (*Lampropeltis getula nigrilus*) pero con una densidad de población baja debido a los efectos negativos de las actividades humanas y a la presencia de rata introducida, su dieta se basa en lagartijas, aves, huevos y pequeños mamíferos (Stebbins, 1985).

Hay solamente dos mamíferos reportados en la isla, uno de ellos es el murciélago pescador (*Myotis vivesi*), el cual es endémico del Golfo de California, de los depredadores naturales de esta especie se menciona a la gaviota patas amarillas (*Larus livens*), el cuervo común (*Corvus corax*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y el tecolote llanero (*Athene cunicularia*) (Cabrera-Santiago, *et al.*, 2001); otro de los mamíferos presentes en la isla es la rata (*Rattus rattus*) introducida quizá en el siglo XIX, representa la principal amenaza para las poblaciones de reptiles, aves y mamíferos que ahí se encuentran porque su base de alimentación son los murciélagos pescadores y los huevos y crías de los reptiles y aves en general (CONANP, 2007).

1.2.2 Flora y fauna marina

El ambiente marino en la RBISPM es de gran riqueza y de gran importancia ecológica. En relación a la flora marina, se tiene conocimiento de que existen 24 especies de algas, la isla está rodeada de zonas rocosas donde se encuentran bosques de sargazo y en la zona noroeste de la misma se localizan mantos de rodolitos (CONANP, 2007).

Entre 2002 y 2004 en la RBISPM se tiene un listado de 36 especies de invertebrados, incluyendo una especie de coral, 16 de moluscos, dos de langosta y 17 especies de estrellas de mar, erizos y pepinos. Se tienen registrados nueve especies de tiburones y rayas y 75 especies de

peces óseos. Se pueden encontrar cinco de las siete especies de tortugas marinas del mundo, pero se sabe que la que más visita la isla es la tortuga prieta (*Chelonia mydas*), otro de los reptiles que se han observado en la zona es la serpiente marina de vientre amarillo (*Pelamis platurus*) (Thomson y Mesnick, 1994; Thomson *et al.*, 1996 y COBI, 2004).

Como ya se mencionó anteriormente, la isla cuenta con alto grado de productividad por el hecho de encontrarse justo entre la frontera del golfo norte y central, asimismo, es la alta productividad alrededor de la isla aunado a su aislamiento y a la ausencia de depredadores mayores terrestres la razón para que ocho especies de aves marinas utilicen a esta isla para anidación. Entre ellas se encuentran la colonia más grande del mundo de bobo café (*Sula leucogaster brewsteri*), la colonia más grande de México de bobo de patas azules (*Sula neobuxii*) (Tershy y Breese, 1997); también se halla una de las colonias más grande en todo el pacífico de pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*), así como posiblemente la colonia de rabijunco de pico rojo (*Phaethon aethereus*) más grande del Golfo de California (CONANP, 2007 citando a Velarde y Anderson, 1994).

De los mamíferos marinos que se aprecian en la RBISPM podemos enlistar al lobo marino (*Zalophus californianus californianus*), el cual forma en la isla la tercera colonia más grande del Golfo de California; también se observan cinco especies de ballenas y ocho de delfines, como ejemplo de estas especies podemos mencionar a dos de las que cuentan con mayor presencia: el cachalote (*Physeter macrocephalus*) y el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) (CONANP, 2007).

1.3 Ecosistemas marinos en la RBISPM

Un ecosistema es una unidad funcional que se compone de organismos vivos en un lugar determinado que interactúan entre sí y con su medio ambiente y se interconectan por un flujo continuo de energía y ciclo de los materiales (McGlade, 1999). Hay muchas maneras de delimitar un ecosistema, UN Atlas of the Oceans (2012) menciona que los ecosistemas pueden ser definidos por su tamaño (*v.gr.* el planeta tierra, ecosistemas marinos), en unidades de vegetación (*v.gr.* ecosistema de manglar), por el principal productor primario (*v.gr.* arrecifes de algas marinas, manglares y corales), también pueden ser definidos por los límites geográficos (*v.gr.* humedales costeros, litorales e intermareales, estuarios, mares cerrados, arrecifes de coral, plataformas continentales y aguas profundas).

La zona costera y zona pelágica de la RBISPM se ven representadas por varios ecosistemas y hábitats que ahí confluyen. En la zona costera de la isla, la cual corresponde a la franja donde se dan interacciones físicas, ecológicas y sociales en la interfase tierra-mar (Scialabba, 1998), existen ecosistemas de bosques de sargazo, arrecife rocoso, rodolitos, bosques de coral negro, arena y sobre ellos, la columna de agua.

La zona pelágica está dominada por la actividad del plancton en las aguas superficiales. El plancton está compuesto por microorganismos flotantes que se encuentran en la columna de agua y nadan débilmente quedando a merced de las corrientes marinas y los movimientos de la columna de agua. Comprenden desde animales pequeños microscópicos, protistas, hasta bacterias y nano y pico algas. Los organismos pelágicos que nadan libremente se denominan colectivamente necton, este está formado por animales que habitan en la columna de agua capaces de desplazarse activamente por natación, independientemente de las corrientes y otros movimientos de las masas de agua marina (*v.gr.* sardinas, atunes, ballenas) (García, 2009).

1.3.1 Ecosistemas en la zona costera de la RBISPM

Bosques de sargazo

Los bosques de algas pardas del género *Sargassum* (sargazo) forman un hábitat dinámico y flotante que se encuentra en la costa desde la zona intermareal alta hasta aproximadamente los 60 metros de profundidad (Riosmena, 2009).

El sargazo proporciona hábitat a una gran variedad de organismos marinos, incluyendo invertebrados, peces, tortugas marinas, aves marinas y mamíferos marinos y sirven como un área de cría para muchos peces juveniles, algunos de los cuales son importantes comercial o recreativamente (Casazza y Ross, 2008).

En la RBISPM las especies que se encuentran comúnmente presentes en el bosque de sargazo son peces como el perico sin dientes, la señorita camaleón (*Halichoeres dispilus*) y la cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*). Siendo un área importante de protección para la langosta (*Panulirus inflatus*) y para la hibernación de la tortuga prieta (*Chelonia mydas*) (CONANP, COBI y WWF, 2007).

Bosques de sargazo en la RBISPM



Foto: R.Riosmena

El sargazo también funciona como medio de dispersión de huevecillo de peces, ya que al desprenderse del sustrato, los huevecillos de los peces viajan adheridos y caen en diferentes direcciones, permitiendo el crecimiento de peces en otros lugares (CONANP, COBI y WWF, 2007).

Las camas de sargazo se encuentran amenazadas por varios factores, entre los que se señalan la creciente población de erizo café (*Tripneustes depressus*), como repuesta a la sobrepesca los cochitos (*Balistes polylepis*), que los erizos al formar parte de su dieta, depredan a esta macroalga. Otros factores se relacionan cambio climático global y a los altos niveles de nutrientes que dificultan el crecimiento del sargazo (Riosmena *et al.*, 2011).

Arrecife rocoso

Es un ecosistema marino conformado por rocas que se encuentran cerca o en la superficie del mar (IHO/IOC, 1985). Los arrecifes rocosos representan sitios importantes para la dispersión de larvas, refugio, crianza, alimentación y reproducción de diversas especies de peces, invertebrados, bentónicos, etc. Además de que ofrecen servicios ecosistémicos al servir como

sitios de reclutamiento de especies bajo alguna categoría de protección, de importancia para la pesca comercial (v.gr. flota mayor, ribereña) y/o pesca deportiva (Castañeda *et.al.*, 2008).

Imagen 1.3

Flora asociada al arrecife rocoso: cola de pavo (*Padina durvillaei*)



Foto: R. Riosmena

En el arrecife rocoso de la RBISPM se encuentran especies como el pez sargento (*Abdudeduf troscheli*), las cabrillas sardineras y los pargos amarillos, el ángel rey (*Holocanthus passer*) y la señorita arcoíris (*Thalassoma lucasanum*) (CONANP, COBI y WWF, 2007). También se hayen las macroalgas coralinas *Amphiroa misakiensis* y *A. beauvoisii* y el alga parda *Padina concrescens* (Torre *et al.*, 2011).

En este ecosistema era común encontrar al pez baya (*Mycteroperca jordani*) como depredador tope del arrecife, pero a causa de la sobrepesca está desapareciendo de la isla como de otras zonas del Golfo de California. De igual manera, se encuentra el pepino de mar (*Isostochopus fuscus*) como especie con estatus de amenaza por la NOM-059-ECOL y con veda permanente. Aún así no ha disminuido la presión sobre la especie por su alto valor económico (CONANP, COBI y WWF, 2007).

Además del arrecife rocoso costero presente en la RBISPM, se encuentran los arrecifes rocosos profundos, en donde se llevan a cabo pesquerías con trampas de peces, como la pierna (*Caulolatilus princeps*), el conejo (*Caulolatilus affinis*) y la cabrilla extranjera (*Paralabrax spp.*). La amenaza que atenta a este hábitat radica en que se extravían trampas de acero a una profundidad en donde no es posible recuperarlas y además no cesan de pescar (CONANP, 2007).

Mantos de rodolitos

“Rodolito se le ha denominado a todos aquellos individuos pertenecientes a las algas rojas calcáreas no geniculadas (Orden Corallinales), que no están sujetas a un sustrato” (Riosmena, 2009). Los mantos de rodolitos proveen hábitat a macroalgas e invertebrados asociados (Foster, 2001).

Imagen 1.4
Muestreo de mantos de rodolitos en la RBISPM



Foto: J.Torre/COBI

Los rodolitos al formar agregaciones muy densas al ser productores de sedimento, se pueden extender desde metros a kilómetros a lo largo de la zona costera submareal. En este ecosistema se reclutan, refugian y se desarrollan especies que ven a estos mantos como hábitats alternativos al rocoso y al arenoso (Riosmena, 2009).

En la RBISPM se tienen identificadas dos especies de rodolitos, *Lithothamnion muellerii* y *Sporolithon australe* (Riosmena *et al.*, 2011). Los servicios ecosistémicos de los mantos de rodolitos relacionados con las comunidades costeras también tienen que ver con el ciclo de carbono y la provisión de sustrato alternativo a las especies del área (Riosmena, 2009).

Bosques de coral negro

En la parte norte de la isla y en la zona llamada los “Morritos” se hayan bosques de coral negro (*Antipatharia galapagensis*) que pueden ser vistos a partir de los 20 metros de profundidad, pero

presenciándose mayor densidad desde los 30 metros en adelante (Torre *et al.*, 2011).

Imagen 1.5
Camas de coral negro en la RBISPM

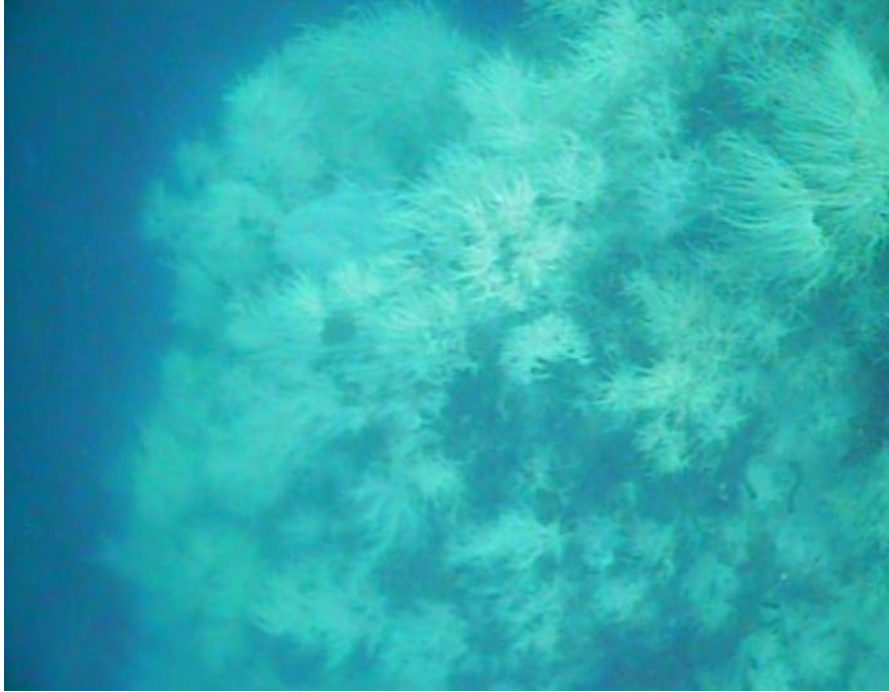


Foto: COBI

Las especies del género *Antipathes* pertenecen a la orden Antipatharia, los corales negros, que llevan ese nombre a partir de su esqueleto flexible de color negro o marrón. Poseen diminutas espinas en la superficie del esqueleto, y por lo tanto a veces también se les conoce como "corales espinosos pequeños". Las especies difieren en su color, el tejido vivo puede ser de color negro, rojo, naranja, marrón, verde, amarillo o blanco (Waikiki Aquarium Education Department, 2007).

Los corales negros prefieren las aguas profundas con corrientes porque, a diferencia de los corales formadores de arrecifes que se encuentran en aguas poco profundas e iluminadas por el sol, éstos son capaces de habitar a grandes profundidades y en aguas oscuras de las cuevas o bajo salientes, ya que son carnívoros y capturan zooplancton en sus tentáculos al momento que las corrientes marinas se mueven a través de los pólipos (Waikiki Aquarium Education Department, 2007).

En la RBISPM los bosques de coral negro permiten el reclutamiento de diversas especies que son substanciales en el ecosistema. Se pueden encontrar peces como la damisela azul-

amarilla (*Chromis limbaughi*) y la cabrilla pinta (*Mycteroperca prionura*), la cual registra presencia significativa en la isla a comparación de otros sitios del Golfo de California. También se puede encontrar al pargo (*Lutjanus argentiventris*), la vieja (*Bodianus diplotaenia*), la cabrilla enjambre (*Ephinephelus panamensis*) y la guaseta del Pacífico (*Alphaestes immaclatus*) (CONANP, COBI y WWF, 2007).

Los corales negros también se enfrentan a las mismas amenazas que están afectando a los arrecifes de coral a nivel mundial. Estos impactos humanos son las malas prácticas de manejo del área que ocasionan que se liberen más sedimentos, nutrientes y contaminantes en los océanos y ocasiona daño al ecosistema arrecifal que es frágil (Wilkinson, 2004). En el caso de la RBISPM, es de conocimiento que las anclas de las embarcaciones destruyen tanto el sustrato como el propio coral presente en el sitio (CONANP, COBI y WWF, 2007).

Arena

El hábitat de arena se extiende desde la línea de marea hasta 200 metros de profundidad aproximadamente. Puede presentarse sin vegetación, o como praderas de fanerógamas y algas. La diversidad de flora y fauna que se presenta en este ambiente marino depende, entre otros factores, de la composición del sustrato, actuación de las corrientes, salinidad, intensidad de la luz. Presenta una fauna rica y diversa en invertebrados que viven enterrados en el sedimento y peces; es un área importante de alevinaje para diversas especies de peces y crustáceos (WWF, 2012).

Las principales especies de peces presentes en esta hábitat de la isla son la damisela de Cortés (*Stegastes rectifraenum*), las viejas y otros lábridos y la guaseta serrano (*Serranus psittacinus*) (CONANP, 2007).

Columna de agua

La representación figurativa de la prolongación de agua que abarca desde la superficie hasta los sedimentos del fondo marino, es lo que se le conoce como columna de agua. Este concepto tiene relevancia al constatar que muchos fenómenos acuáticos son explicados por la combinación de parámetros químicos, físicos o biológicos que ahí suceden (Harbor Branch, 2012).

Las especies comunes en la columna de agua de la RBISPM son grupos de tijeretas (*Paranthias colonus*), jureles (*Seriola lalandi*) y en algunas ocasiones cardúmenes de barracuda (*Sphyraena lucasana*). También se encuentran peces de ornato, aunque no son explotados como

tal, entre ellos están el ángel de Cortés (*Pomacanthus zonipectus*), el ángel rey y la mariposa barbero (*Johnrandallia nigristrotris*), damisela azul-amarilla, damisela de Cortés, la vieja, la señorita camaleón, la señorita arco iris y la soltera (*Hoplopagrus nicholsi*) (CONANP, 2007).

Las especies muy apreciadas por los pescadores deportivos y que se encuentran en la columna de agua de la isla son el jurel (*Seriola lalandi*), el extranjero (*Paralabrax auroguttatus*), el dorado (*Coryphaena hippurus*), los marlín, pez espada y pez vela. En cuanto a los peces de importancia comercial se hallan la cabrilla pinta, cabrilla sardinera, la baya, la pescara, los pargos, el coconaco y la pierna o conejo (*Caulolatilus* spp.), el cochito (*Balistes polylepis*) y los pargos amarillos (CONANP, 2007).

1.3.2 Ecosistema en zona pelágica de la RBISPM

La zona pelágica es el agua de mar que no está cerca del suelo marino o cerca de la costa. Se puede pensar en términos de una columna imaginaria de agua o cilindro que va desde la superficie del mar casi hasta el fondo. Las condiciones varían entre más profundo se vaya a través de la columna de agua porque la presión aumenta y disminuyen la temperatura y la luz (Costello *et.al.*, 2010).

Los peces pertenecientes a esta zona se les conoce como peces pelágicos porque pasan la mayor parte de su vida nadando en la columna de agua con poco contacto o dependencia en el fondo marino. La vida pelágica disminuye al aumentar la profundidad. Se ve afectada por la intensidad de luz, presión, temperatura, salinidad, el suministro de oxígeno disuelto, nutrientes y la topografía submarina (García, 2009).

El flujo de materia y energía en las redes tróficas pelágicas suele ir de lo más pequeño a lo más grande. Lo más pequeño representado por el fitoplancton, formado por plantas planctónicas que son generalmente microscópicas y se encuentran en las capas superiores del océano, consumen nutrientes y la energía de la luz para producir biomasa. Las redes comienzan en el fitoplancton o en las bacterias y acaban en cefalópodos, peces, aves y mamíferos llamados depredadores tope (Scialabba, 1998).

En la zona pelágica de la RBISPM se encuentran diversas especies como tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), mantarraya del Pacífico (*Manta birostris*) y peces pelágicos menores como la anchoveta (*Engraulis mordax*) y la sardina (*Sardinops caeruleus*), mismas que son de gran importancia para las aves marinas (Velarde *et al.* 2004).

Además de las especies anteriores se pueden observar en esta zona distintas especies de tiburones como el toro (*Carcharinus leucas*), blanco (*Charcharodon carcharias*), mako (*Isurus oxyrinchus*) y ballena (*Rhincodon typus*). Peces picudos como el marlín (*Tetrapturus audax*), cardúmenes de dorado (*Coryphaena hippurus*) y jurel (*Seriola lalandi*). Tortuga prieta (*Chelonya mydas*) y la tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*). Entre los mamíferos marinos que se han observado se encuentra el lobo marino de california (*Zalophus californianus*), la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*), la ballena tropical (*B. edeni*), la jorobada (*Megaptera novaengliae*), ballena azul (*B. musculus*), ballena gris (*Eschrichtius robustus*). Especies de tonina (*Tursiops truncatus*), el delfín común (*Delphinus capensis*), la orca (*Orcinus orca*), el cachalote (*Physeter macrocephalus*), el cacahlote pigmeo/enano (*Kogia* spp.) y la ballena picuda menor (*Mesoplodon peruvianus*) (Gallo, 2012).

1.4 Aspectos administrativos del área

La Isla San Pedro Mártir desde el año de 1978 formaba parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, administrada por la Dirección Regional Sonora de la entonces Unidad Coordinadora de Áreas Naturales Protegidas del Instituto Nacional de Ecología de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Bajo este decreto la isla San Pedro Mártir como Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y de la Fauna Silvestre, contaba con protección que sólo incluía el componente terrestre de la isla. Posteriormente se creó la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) como órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quedándose a cargo de la administración de la isla. El 13 de junio de 2002 se publicó el decreto que recategorizó a la isla en Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir. De esta manera, la SEMARNAT se encarga por jurisdicción de la administración, manejo y preservación de los ecosistemas, de sus elementos y de su vigilancia junto con la Secretaría de Marina (SEMAR) (CONANP, 2007).

En la RBISPM como en el resto de Áreas protegidas de México existe el programa de pago de derechos por el uso, goce y aprovechamiento de regiones con alta vocación turística. Este mecanismo representa una importante vía para recabar recursos alternos para la preservación y conservación de las áreas naturales protegidas, que son invertidos íntegramente en las mismas áreas que captan el recurso.

En el cumplimiento del Artículo 198-A de la Ley Federal de Derechos, cada persona tiene que pagar una cuota de \$27.00 pesos (m. n.) por persona y por día cuando se visita la RBISPM. También se puede adquirir el “Pasaporte de la Conservación”, por medio del cual cualquier turista podrá visitar cualquier área natural protegida federal cuantas veces quiera a lo largo de todo el año por un pago único de \$281 pesos (m. n.). Para el caso de la RBISPM, estos pagos se realizan directamente en la oficina de la Reserva por parte de la CONANP en la ciudad de Guaymas, Son.

1.4.1 Gestión y consenso en la creación de la RBISPM

El proceso de recategorización de la isla San Pedro Mártir a Reserva de la Biósfera integra el manejo y protección el área marina de la isla, lo cual implicó iniciar un proceso de gestión entre el gobierno federal con la comunidad pesquera de Bahía de Kino (CONANP, 2007).

Se seleccionó a la Asociación Civil Comunidad y Biodiversidad (COBI) para conducir el estudio de establecimiento de la nueva área protegida facilitando el forum de negociación entre los pescadores ribereños y el gobierno federal. Se llevaron a cabo una serie de reuniones informativas sobre el manejo y herramientas de conservación de las áreas marinas protegidas; también se abordaron temas relacionados a obtener información base que incluía desde las percepciones de distintos actores hacia el establecimiento de la reserva marina, así como el interés de proteger los recursos asociados a la isla. Además se discutió y formó consenso de la zonificación de la nueva reserva de la biósfera (Cudney-Bueno *et.al.*, 2009).

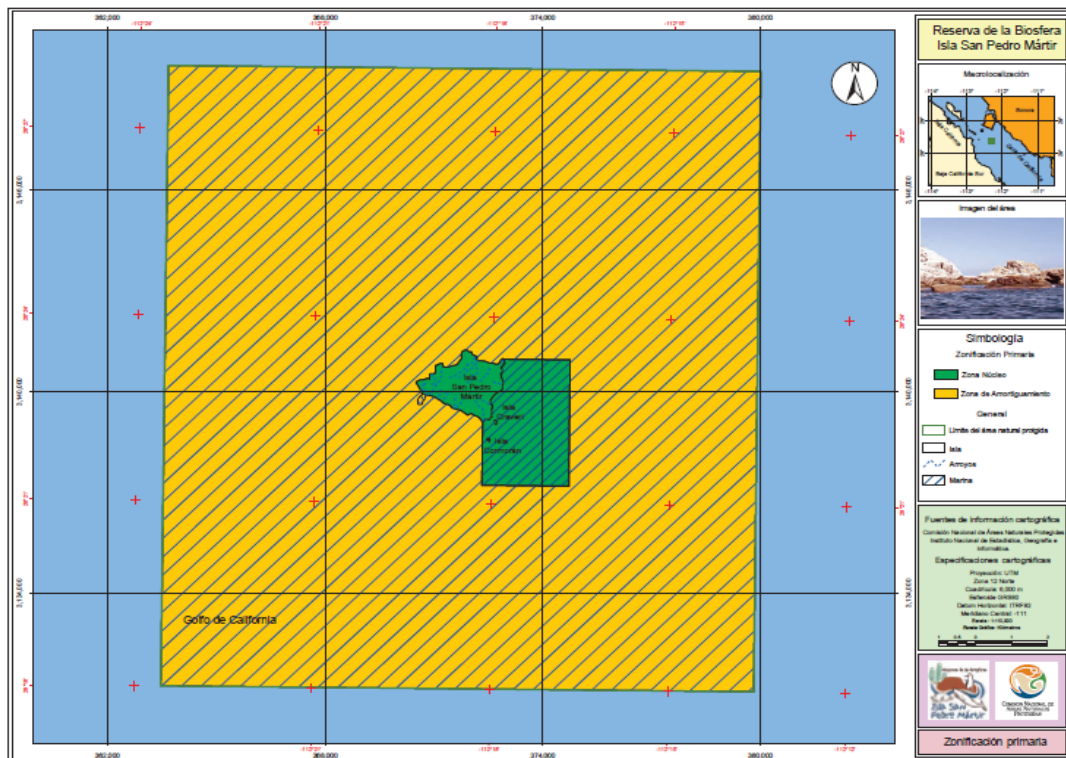
Todo este proceso fue llevado a cabo con la ayuda de las técnicas de análisis multi-criterio, ya que este tipo de evaluación resulta muy apropiada para abordar problemáticas de manejo ambiental al ser esencialmente multidimensionales y multifacéticos, tomando en cuenta la perspectiva desde la cual se mire el problema (CONANP, 2007).

La propuesta definitiva tomó dos años para ser formalizada y publicada en el Diario Oficial de la Federación. La zonificación incluyó un área de no pesca que los pescadores ribereños aceptaron que se estableciera, en gran parte porque la isla San Pedro Mártir se cataloga como un área donde regularmente no es común ir a pescar y sólo se toma como el “guardadito” donde un grupo no muy extenso de pescadores la visitan cuando se tiene el tiempo, el dinero y la disposición de hacer el viaje hacia la isla, ya que se encuentra a más de 60 km mar adentro desde ambas costas del Golfo de California (Cudney-Bueno *et.al.*, 2009).

1.4.2 Zonificación de la RBISPM

La Reserva tiene una superficie total de 30,165 ha. La zona núcleo abarca una superficie de 1,110.86 ha y la zona de amortiguamiento una superficie de 29,054.14 ha. La zona núcleo se conforma por 285.74 ha. en la superficie terrestre y de 825.12 ha. como porción marina (ver Mapa 1.3, CONANP, 2007).

Mapa 1.3
Zonificación de la RBISPM



Fuente: CONANP (2007)

La zona núcleo en el área marina se instauró para garantizar la conservación y recuperación de la biodiversidad, especialmente los recursos explotados por las actividades pesqueras, con el fin de asegurar su sostenibilidad y disfrute por las generaciones futuras. La zona núcleo terrestre tiene la función de preservar las condiciones de reproducción y alimentación de las especies que habitan en la isla (CONANP, 2007).

La zona núcleo marina se sitúa en la porción sureste de la isla y forma un polígono que abarca 9 km². En esta área confluyen diversos micro-ambientes marinos causados por las diferentes profundidades y tipos de fondo. En esta zona de protección marina no son permitidas

las actividades pesqueras. Las actividades realizadas deben de estar orientadas “a la conservación de sus hábitats, de su biodiversidad y procesos ecológicos y evolutivos y a incrementar las posibilidades de colonización y repoblamiento de las aguas adyacentes de la Reserva abiertas al aprovechamiento” (CONANP, 2007: 126).

La zona de amortiguamiento marina comprende ambientes de aguas someras y profundas con diferentes tipos de fondos. Los recursos naturales pueden ser aprovechados porque es una zona donde se desarrollan todas las pesquerías comerciales de la Reserva, de pequeña escala e industrial. Sin embargo, se tienen que llevar a cabo bajo esquemas de aprovechamiento sustentable para asegurar la conservación de los ecosistemas a largo plazo. Se permiten actividades de ecoturismo y navegación de embarcaciones mayores (CONANP, 2007).

1.5 Problemática del área

La problemática de la RBISPM no es ajena a la situación que se vive en el resto de la región del Golfo de California. Tomando en cuenta que el Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA), ha declarado que el 60% de las pesquerías en México están siendo explotadas a su capacidad o sobre-explotadas (INAPESCA, 2004), aunado al hecho de que el Golfo de California aporta el 70% del valor nacional pesquero (Carvajal *et al.*, 2004), el escenario para la RBISPM responde a esta dinámica al ser la pesca la principal actividad que se desarrolla en el área.

En la zona marina que se encuentra alrededor de la isla, la pesca comercial y la deportiva representan actividades de gran relevancia.

La pesca comercial se refiere a “la captura y extracción que se efectúa con propósitos de beneficio económico” (LGPAS, 2007). La pesca deportiva es definida entonces como “la que se practica con fines de esparcimiento o recreación con las artes de pesca previamente autorizadas por esta Ley, reglamentos y las normas oficiales vigentes” (LGPAS, 2007).

La pesca comercial se lleva a cabo en distintas modalidades, dependiendo del tipo de flota pesquera que la realice. Para el caso de la RBISPM, se puede hablar de dos tipos: pesca ribereña o artesanal y la pesca industrial.

La pesca ribereña o artesanal, definida por la Carta Nacional Pesquera (2010) como la actividad de extracción de recursos acuáticos ejecutada con embarcaciones menores que no cuentan con maquinaria de cubierta accionada con fuerza electromotriz para el auxilio de las

operaciones de pesca, utilizan el hielo para la conservación del producto y tienen una autonomía en tiempo máxima de tres a cinco días.

Las embarcaciones con motor fuera de borda (pangas) que visitan la isla son en su mayoría pescadores ribereños provenientes de la comunidad de Bahía de Kino, Sonora, la cual cuenta con una población de 6,050 habitantes (INEGI, 2010). Aunque también se tienen registros que la visitan pescadores procedentes de San Felipe, Bahía de los Ángeles y El Barril (San Francisquito) en Baja California; de Santa Rosalía, Mulegé, Loreto y La Paz en Baja California Sur; de Puerto Libertad, Bahía de Kino, El Colorado, El Sahuímaro y Guaymas en el estado de Sonora; y de Topolobampo y Mazatlán en Sinaloa. Sin embargo, de acuerdo a los datos recolectados en el 2003 y 2004, el 67% de los usuarios provienen de Bahía de Kino (Comunidad y Biodiversidad, A.C., 2004).

Los pescadores ribereños de Bahía de Kino consideran a la RBISPM como el sitio a donde se dirigen cuando no se encuentra producto cerca de la comunidad o en otras zonas de pesca (CONANP, COBI y WWF, 2007).

La pesca ribereña en los alrededores marinos de la isla se ha desempeñado de distintas maneras, de acuerdo a distintos períodos de tiempo. Para las décadas correspondientes desde 1970 al año 2000 se llevaron a cabo las pesquerías de la tortuga prieta (*Chelonia mydas*), pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) y la de tiburones grandes. En el caso de la pesquería de tortuga marina se pescaban con redes agalleras o chinchorro, arpones y por medio el buceo con compresor tipo *hooka*; el pepino de mar se capturaba por medio de buceo con compresor y aunque en 1994 esta especie fue catalogada “en peligro de extinción” y bajo protección especial en la NOM-059 en el año 2001, aún es común que se extraiga de la isla; en el caso de la pesquería del tiburón, en donde se buscaba la aleta del animal, se usaban largas redes agalleras y palangres en barcos o pangas, ocasionando que colapsara la pesquería en el año 2003 (Torre *et al.*, 2011).

El hecho de que se llevaran a cabo estas pesquerías y la intensidad con las que se efectuaron ocasionaron impactos en los ecosistemas marinos de la isla porque los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas, de donde estas especies forman parte, son de gran importancia. En el caso de las tortugas marinas, Seminoff *et al.* (2002) mencionan que se alimentan de macro algas y esponjas. Los pepinos de mar son filtradores clave y productores de arena en los arrecifes rocosos y los tiburones son depredadores tope (Cameron *et al.* 2011) que

ayudan a mantener la diversidad de especies porque eliminan a los individuos débiles y enfermos y mantienen el equilibrio con los competidores.

En la RBISPM desde el año 2000 a la actualidad la pesca ribereña se ha caracterizado por estar enfocada a diferentes tipos de pesquerías con el uso de distintas artes de pesca. Desde el año 2003 se realiza el monitoreo de usos humanos en la RBISPM y a partir de éste se tiene conocimiento que en la isla se utilizan trampas para pescar en los bajos profundos especies como cabrillas extranjero, cachete amarillo (*Paralabrax auroguttatus* y *P. loro*) y el conejo y pierna (*Caulolatilus affinis* y *C. princeps*), tijereta (*Paranthias colonus*), vieja (*Semicossyphus pulcher*), morenas (*Muraena lentiginosa*) y manta rayas (*Urobatis* spp.). Por medio de piola (línea y anzuelo), se capturan cabrillas (*Myceroperca* spp), pargos (*Lutjanus* spp) y jurel (*Seriola lalandi*) en las cercanías de la isla. En los bajos profundos baqueta roja y plomuda/negra (*Epinephelus acanthistius* y *E. niphobles*). Otro tipo de pesca se realiza a través del buceo con compresor, y generalmente por la noche se captura de forma manual, con gancho o arpón, langosta (*Panulirus* spp.), pepino de mar, pulpo (*Octopus* spp.) y especies de cabrillas (*Mycteroperca* spp.) y pargos (*Lutjanus* spp. y *Hoplopagrus guentheri*) (Torre *et al.*, 2011).

Además de la sobreexplotación de los recursos pesqueros, se presentan problemas relacionados con la pesca ilegal, pesca de especies no objetivo y pesca de productos en veda, que en su totalidad reflejan acciones que no contribuyen a la sostenibilidad de la actividad económica ni del sistema ecológico de la zona (CONANP, 2007).

En el Reporte de la Condición Marina de la RBISPM se menciona que el estado que guardan las especies explotadas en la zona costera de la isla ha disminuido, ya que con información histórica y de monitoreos pesqueros se muestra que existe afectación del desarrollo y funcionamiento de la comunidad que pone en riesgo su recuperación (Torre *et al.*, 2011).

Con información compilada por César Moreno de COBI, A.C. se tiene registrado que el padrón de pescadores ribereños de Bahía de Kino, Sonora que han hecho uso de la isla para el año 2004 ascendía a 63 pescadores y que en la actualidad oscila entre 70 y 80 pescadores ribereños. La razón por la que esta cifra de usuarios comerciales de pequeña escala no sea tan alta es que desde el siglo pasado hasta la actualidad los pescadores ribereños de diferentes localidades han ejercido una intensa presión sobre los recursos pesqueros en el área, a tal grado que estas pesquerías presentan ya síntomas de sobre captura (CONANP, 2007).

En reuniones que se llevaron a cabo en 2009 con pescadores ribereños de Bahía de Kino

para el diseño de un plan de manejo pesquero, se recopiló información sobre las pesquerías de pierna, conejo, extranjero y langosta. Los pescadores coincidieron en que visitan la isla sólo 3 ó 4 veces al año. En ocasiones se viaja menos de 3 veces o ninguna ocasión al año por los gastos que implica transportarse, ya que el gasto por un viaje de dos días puede oscilar entre \$4,000 a \$6,000 pesos (CONANP y COBI, 2009).

La pesca industrial que se lleva a cabo en los alrededores de la RBISPM por embarcaciones mayores como camareros, escameros, palangreros y sardineros provenientes en su mayoría de Guaymas, Sonora, pero también de Puerto Libertad, Bahía de Kino, San Felipe, Mazatlán o Topolobampo, utilizan la isla para fondearse (anclarse) y protegerse de las inclemencias del tiempo donde aprovechan para pescar con redes, trampas, cimbras o piolas, en los alrededores de la isla mientras esperan mejores condiciones climáticas. Según los registros del monitoreo de usos humanos en la RBISPM del año 2003 al 2009 se registró la presencia de quince embarcaciones mayores en la isla, de las cuales tres se encontraban en la zona núcleo de la isla (Torre *et al.*, 2011).

La pesca deportiva en la RBISPM se lleva a cabo por pescadores que en su mayoría son de Bahía de Kino, conformados principalmente por estadounidenses y canadienses que cuentan con residencia semipermanente en la comunidad. También se pueden encontrar pescadores deportivos provenientes de San Carlos (Guaymas, Sonora) y de Santa Rosalía, Baja California Sur.

Con datos obtenidos por el servicio de radio en Bahía de Kino *Rescue One*, se estima que entre el año 2000 y 2008, la flota de embarcaciones deportivas estaba compuesta por un promedio de 252 botes. Este servicio forma parte del Club Deportivo de Bahía de Kino, el cual coordina y apoya logísticamente a las embarcaciones deportivas en la Región de las Grandes Islas, en la zona central del Golfo de California, a través del radio VHF en el canal 1 (Fujitani *et.al.* en prensa).

Con información que el Club Deportivo de Bahía de Kino nos proporcionó, se realizaron 149 viajes a la RBISPM en el año 2010, de un total de 1623 viajes de pesca en la Región de las Grandes Islas. Para el año 2011 se realizaron 219 viajes a la Reserva de un total de 1436 viajes de pesca reportados en este servicio de rescate para ese año. Por lo tanto, se estima que la proporción de viajes a la RBISPM en relación al total de viajes de pesca en la Región de las Grandes Islas oscila entre el 9.18 y el 15.25% para los años del 2010 y 2011 respectivamente.

Los pescadores deportivos consideran a la RBISPM como un lugar ideal para la pesca de jurel (*Seriola lalandi*), dorado (*Coryphaena hippurus*), cabrillas y corvinas (Serranidae), y en menor medida para especies de picudos (pez vela y marlín) (CONANP, 2007). Las artes de pescas que utilizan los pescadores deportivos en la isla son tres, una de ellas es la caña y carrete, donde el pescador se sienta y espera que un pez muerda el anzuelo; el “trolling” o “troleando” es una pesca de arrastre de señuelo o carnada desde una embarcación en movimiento; y el “spearfishing” se refiere a la pesca que se realiza con arpón, generalmente buceando (Torre *et al.*, 2011).

La pesca en la RBISPM es de gran relevancia, la zona marina alrededor de la isla se ha convertido en un sitio cada vez más importante para el desarrollo de la pesca comercial y deportiva, mientras que la zona terrestre de la isla es utilizada de manera directa para actividades de investigación, de turismo y como campamento temporal para desarrollar la pesca comercial durante lapsos de dos a tres días (CONANP, 2007)

Las actividades turísticas que se llevan a cabo en la isla como el buceo, pesca deportiva, snorkeling, entre otras, constituyen una importante actividad con gran potencial económico, pero también provocan impactos sobre los recursos y los ecosistemas de la isla, ya que existe la problemática del aprovechamiento ilegal de recursos marinos por actividades de buceo recreativo, contaminación por desechos sólidos y pesca deportiva que se lleva a cabo en la zona núcleo. Esta, por ser una subzona de protección de la RBISPM, excluye cualquier actividad pesquera (CONANP, 2007).

1.5.1 Externalidades y recursos comunes en la RBISPM

Una externalidad existe cuando las acciones de un agente tienen algún efecto involuntario en otro agente o agentes. El efecto involuntario puede ser positivo o negativo. Una externalidad es una falla de mercado en donde existe un efecto que recibe un tercero que no participó en una transacción específica (*v.gr.* contaminación ambiental). Lo anterior sucede debido a la falta de intencionalidad, que es a su vez debido al hecho de que no hay negociación sobre el efecto, que es a su vez debido al hecho de que no existen derechos de propiedad explícitos. La terminología está relacionada a que los efectos envuelven una operación “externa” a la operación de los sistemas de mercados (Common y Stagl, 2005).

Desde una visión economicista, podemos relacionar la problemática de la pesca no

sustentable que acontece en la RBISPM con las fallas de mercado definidas por la ausencia de derechos de propiedad o de extracción exclusiva de especies como extranjero, pierna o conejo y langosta –por mencionar algunas-, que ocasionan externalidades negativas reflejadas en la sobreexplotación de los recursos por parte de los pescadores ribereños.

En segundo lugar, los ambientes marinos más característicos de la Reserva –como los arrecifes rocosos costeros, camas de sargazo, bosques de coral negro, camas de rodolitos, arrecifes rocosos profundos y la columna de agua- que permiten la vida y reproducción de peces, se definen por ser recursos comunes, como lo es el medio ambiente en general.

Los recursos comunes se caracterizan por tener libertad de acceso, por lo tanto su uso y disfrute no cuenta con ningún costo, pero por lo general existe rivalidad en el consumo de éstos (Azqueta, 1994).

Es así que los ecosistemas marinos de la RBISPM son recursos comunes que *no son excluibles*, ya que si una persona consume ese bien, los demás no pueden ser excluidos de consumirlo. Pero además *son rivales* porque el consumo individual del bien puede disminuir el monto disponible del mismo para el consumo de los demás. Por lo tanto, son ecosistemas que no tienen precio asociado y las fuerzas del mercado, que normalmente distribuyen los recursos, están ausentes. Por esta razón se afirma que no sólo la pesca ribereña ocasiona impactos en la extracción de los recursos en la reserva, sino también es concerniente a la pesca industrial y en gran medida la pesca deportiva. Ya que cualquier tipo de pesca no necesariamente desarrollan sus actividades de extracción de una forma sustentable, aunado que no siempre se respeta la zona de no pesca de la reserva.

II. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1 *Desarrollo sustentable y economía ecológica*

El Desarrollo Sustentable (DS) es un enfoque teórico que tiene más de 20 años como perspectiva de análisis en las esferas política, académica y social en gran parte de los países (Hamdouch y Zuideau, 2010).

El Reporte Brundtland, titulado *Nuestro Futuro Común*, contiene la definición de DS, entendiéndose como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (World Commission on Environment and Development –WCED-, 1987).

Por lo que indican los organizadores de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable, celebrada en Johannesburgo en el 2002 por la Organización de la Naciones Unidas, los esfuerzos para construir el camino de la sustentabilidad requieren de la integración de acciones en tres áreas clave:

- (1) Crecimiento económico y equidad
- (2) La conservación de los recursos naturales y el medio ambiente
- (3) Desarrollo social

Aunque cada uno de los componentes sea tratado independientemente por razones de análisis, es necesario tener en mente que la economía, la sociedad y el medio ambiente no se comportan como entes autónomos, sino que son sistemas totalmente interdependientes.

Se ha visto que para ayudar en la toma de decisiones, los procesos de evaluación y, principalmente, como apoyo fundamental para aterrizar desde el discurso a la práctica la aplicación que conlleva el DS, es necesaria la incorporación de nuevos métodos para evitar las problemáticas institucionales y estratégicas que conlleva la implementación tradicional del enfoque de DS (Hamdouch y Zuideau, 2010).

Los instrumentos de gestión ambiental relacionados a la valoración del capital natural y servicios ecosistémicos responden a una perspectiva más de sustentabilidad débil que de sustentabilidad fuerte en el DS. Bajo la sustentabilidad débil la degradación del capital natural se justifica en la medida que se compensa con el incremento del capital hecho por el hombre, y su valoración constituye solamente la maximización de los beneficios monetarios o el análisis costo-beneficio (Hamdouch y Zuideau, 2010). Mientras que para la sustentabilidad fuerte, los

esfuerzos son enfocados en el mantenimiento del capital natural que nos brinda la naturaleza (Jorgensen, 2006).

La sustentabilidad débil requiere que la suma de todo tipo de capital (capital natural y capital hecho por el hombre) sea mantenido al mismo nivel, dando por sentado que el capital natural puede ser sustituido por el capital hecho por el hombre. Neumayer (2003) define lo que plantean los proponentes de la sustentabilidad débil:

1. La mayoría del capital natural es superabundante;
2. En la función de producción la elasticidad de sustitución de capital hecho por el hombre por recursos es igual o mayor que la unidad, incluso en el límite de recursos con proporciones extremadamente altos en producción.
3. El progreso técnico puede superar cualquier restricción de recursos.

En cambio, la sustentabilidad fuerte se define de acuerdo con las siguientes condiciones que debe asegurar el desarrollo sustentable y que deben contener los planes de manejo ambiental según el Reporte Brundtland (WCED, 1987):

1. Los recursos renovables no se utilizan a mayor velocidad que la velocidad de renovación.
2. Los recursos no renovables no deben utilizarse a un ritmo mayor al debido tiempo en que podrían desarrollarse las alternativas antes de que los recursos se agoten.
3. Las tasas de emisiones contaminantes deben ser ajustadas al ritmo al cual los ecosistemas pueden descomponer y absorber los contaminantes emitidos.

El punto central de la sustentabilidad fuerte es sostener el capital natural y no aceptar la sustitución ilimitada del capital natural por el que es hecho por el hombre, lo cual es uno de los supuestos de la sustentabilidad débil.

Las diferentes concepciones y diferencias entre la sustentabilidad débil y sustentabilidad fuerte están posicionadas de acuerdo al eje y el grado de sustitución del capital natural y "una va de la teoría neoclásica del crecimiento sostenible de la Escuela de Londres (Pearce, Barbier, Markandya, Turner, etc), luego a la economía ecológica, para llegar a las fronteras de la ecología profunda" (Hamdouch y Zuideau, 2010).

No obstante, Jorgensen (2006) afirma que los seguidores de la sustentabilidad fuerte no están en contra de que se logre la sustentabilidad débil, ya que el cumplimiento de esta última se considera un importante primer paso, pero al ser insuficiente por nuestra gran dependencia hacia la naturaleza, es esencial que el capital natural se mantenga, independientemente de las

argumentaciones a favor del capital hecho por el hombre.

Por lo tanto, se debe ver al capital natural y al hecho por el hombre como complementos, más que como sustitutos.

Para superar el umbral de sustentabilidad débil que caracteriza a la gestión ambiental y posicionarla en un verdadero DS, Hamdouch y Zuideau (2010) mencionan que se necesita integrar el objetivo de gobernanza, además de las metas fundamentales que siempre lo han constituido, como la búsqueda de equidad social, protección ambiental y eficiencia económica.

La gobernanza engloba las decisiones colectivas hechas en el sector público, privado y sociedad civil (Common y Stagl, 2005).

Además de la importancia hacia los mecanismos de gobernanza, existen otras dos características que las metodologías que envuelven el DS deben de tomar en cuenta: las relacionadas al traslado desde los proyectos o cuestiones de una sola dimensión hacia los multidimensionales, en donde se reconozcan objetivos plurales relacionados con la ecología, temas sociales, modos de vida, cultura, inequidad de género, etc. La última característica denota el reconocimiento del riesgo y la incertidumbre para una adecuada toma de decisiones y de mecanismos de evaluación (Hamdouch y Zuideau, 2010).

Por lo anterior, Tacconi (2000) señala que las políticas de conservación de la biodiversidad son particularmente problemáticas ya que la biodiversidad está caracterizada por irreversibilidades, indeterminaciones e incertidumbres. Por lo tanto su existencia y funcionalidad no pueden ser dejadas a las reglas explícitas e implícitas de una economía de mercado.

Se considera que para que se cumplan con los preceptos de gestión y gobernanza en materia de la valorización de los servicios ecosistémicos y de capital natural para el uso de los recursos ambientales, es necesario que los tomadores de decisiones integren información ecológica, económica y social adecuada de forma continua, dado que siempre existe incertidumbre en el manejo de dichos recursos.

Esta visión ha permitido que a contraposición de la economía ambiental neoclásica, la economía ecológica esté abriendo fronteras interdisciplinarias de cara a la complejidad emergente, en donde se busca insertar la economía dentro de la ecología con posición crítica ante la degradación ambiental y energética que son consecuencia de los procesos de producción y consumo, con el fin de que las actividades económicas se integren y fluyan a través de la dinámica de la naturaleza (Leff, 2007).

La actividad económica es vista por la economía ecológica como aquella que se desenvuelve en un contexto de flujo de materiales que se originan en el medio ambiente, son procesados en la actividad económica y se devuelven al ambiente como residuos de alta entropía (O'Hara, 2001); entendiéndose esta última como una medida de desorden que representa a la energía que no está disponible para conversión o transformación (Common y Stagl, 2005).

Las dos leyes de la termodinámica son las bases en las que se funda la economía ecológica, ya que ayudan a entender las implicaciones relacionadas con el proceso económico. La termodinámica es la ciencia que estudia las transformaciones de la energía o el intercambio de calor; la primera ley de la termodinámica indica que la energía no se crea ni se destruye, sino sólo se transforma. La segunda ley de la termodinámica se basa en la ley de la entropía, la cual sostiene que las transformaciones de energía de un tipo a otro nunca tienen una eficiencia de cien por ciento, porque todas las conversiones envuelven pérdidas (Carabias *et al.*, 2009). Lo anterior pareciera contradecir la primera ley, pero no es así. La pérdida no es en términos de cantidad de energía, sino en calidad de la energía. Todos los procesos de conversión de energía envuelven una degradación de la calidad de la energía. La calidad en este contexto se refiere a la proporción de la energía que está disponible para conversión.

Common y Stagl (2005) señalan que el modelo de economía ecológica ve a las externalidades como algo inherente a los procesos de producción y de consumo. De esta manera, opta por analizar las relaciones entre la población humana y su entorno de manera más explícita a través de establecer las relaciones causa-efecto en un contexto de procesos dinámicos con el medio ambiente. La economía ecológica está basada en la idea del estudio de la economía humana como parte de la economía de la naturaleza y debe incluir el estudio de la relación del animal humano con su ambiente biofísico.

La economía ecológica no se expresa en un solo tipo de valor o unidad, sino que va más allá. Engloba desde la perspectiva neoclásica de la economía ambiental y de recursos hasta la evaluación física de los impactos ambientales de la economía humana (Martinez-Alier *et al.*, 2001).

El internalizar las externalidades en el sistema de precios, como llevar a cabo análisis más realistas de costo-efectividad, es validado y aceptado desde la economía ecológica. A su vez, lo que le interesa a esta perspectiva, es enfatizar las incertidumbres y complejidades que hacen difícil mostrar no sólo medidas económicas sino también medidas físicas de externalidades y

mostrar cómo los valores económicos dependen de las inequidades inter e intrageneracionales en la distribución de las cargas de contaminación y el acceso a los recursos naturales (Martinez-Alier *et al.*, 2001).

O'Hara (2001) destaca que para los economistas ecológicos, la actividad económica se puede describir como un sistema complejo de cuatro esferas interrelacionadas:

1. *Intercambios basados en el mercado*, descritos por los modelos de economía neoclásica;
2. *Actividades económicas no contabilizadas*, descritas por las contribuciones económicas informales de los hogares, comunidades y sistemas recíprocos de economías de subsistencia;
3. *Actividad humana*, como las interacciones sociales, participación e identidad personal asociado con las instituciones y la cultura y
4. *Procesos biológicos, ecológicos y físicos*, comúnmente llamado “medio ambiente”.

De esta manera la actividad económica de mercado se presenta como un subsistema de los sistemas sociales, biofísicos y económicos organizados en una jerarquía compleja.

Todos los subsistemas están interconectados y superpuestos mientras se caracterizan por distintas configuraciones espaciales, comportamiento, marcos de tiempo y reglas. Dando como resultado que el precio sea el reflejo de la actividad distributiva de un solo subsistema basado en valores monetarios como la expresión de los mercados individuales de los intereses y deseos de sus participantes. Denotando que el mecanismo de precios es incapaz de expresar todas las características relacionadas al espacio, al tiempo o vínculos relacionales que el mercado intercambia con los sistemas sociales y ambientales (O'Hara, 2001).

2.2 *Los diferentes significados de “valor” en el contexto de los servicios ecosistémicos*

Al referirse al término de “valor” se hace en el sentido de la contribución de una acción u objeto a las metas, objetivos o condiciones de un usuario específico (Costanza, 2000).

La valoración es el proceso de expresar valor por una acción u objeto en particular. Y en este contexto, la valoración de los servicios ecosistémicos representa el proceso de expresar valor por los bienes o servicios ecosistémicos (*v.gr.* biodiversidad, protección contra inundaciones, recreación) proporcionando así la oportunidad para la observación y medición científica (Farber

et al., 2002).

Existen diferentes puntos de vista sobre las fuentes y el significado de valor. El valor intrínseco, que consiste en el valor de cualquier objeto u acción medido por su contribución al mantenimiento de la salud y la integridad de un ecosistema o especies, *per se*, con independencia de la satisfacción humana. Por otro lado, se encuentra el valor instrumental, el cual refleja la diferencia de lo que satisface las preferencias humanas (Farber *et al.*, 2002). Los valores instrumentales, como los valores económicos, son fundamentalmente antropocéntricos. Las políticas medio ambientales siempre tienden a basarse en la combinación de valores intrínsecos y sistemas de valor instrumentales.

Los valores no-antropocéntricos o biocéntricos asumen que ciertas cosas tienen un valor, incluso si ningún ser humano lo cree así. Por lo tanto, un enfoque biocéntrico asigna un valor intrínseco a todos los organismos individuales, incluyendo pero no limitado a los seres humanos (Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

Vale la pena subrayar que valor intrínseco no es lo mismo que lo que se conoce como valor de existencia, el cual refleja el deseo de algunos individuos por preservar y asegurar la existencia de especies y medio ambiente, lo que deriva en colocarlo como concepto de valor utilitario y antropocéntrico por el hecho de que la existencia prolongada genera bienestar para las personas, en lugar de provenir del valor intrínseco de las especies no humanas.

Los valores utilitarios se derivan de la capacidad de proporcionar "bienestar", en sentido amplio para reflejar el bienestar general de un individuo o grupo de individuos. En este sentido, los valores utilitarios son instrumentales en el hecho de que se ven como un medio para lograr mayor bienestar de la humanidad según la definición de las preferencias humanas (Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

Por lo tanto, el enfoque utilitarista implícitamente asume que el valor de existencia es un valor instrumental, que es antropocéntrico y en donde existe el potencial para la sustitución o el reemplazo de esta fuente de bienestar por una fuente alternativa.

Por el contrario, en el marco del enfoque deontológico -referente a los fundamentos del deber y las normas morales-, el valor intrínseco implica un conjunto de derechos que incluyen el derecho de la existencia de la biota en su conjunto, con el objetivo de extenderse más allá de los seres humanos (Callicott, 2004). Bajo este enfoque, algo con valor intrínseco es insustituible, lo

que implica que una pérdida no puede ser compensada.

Ahora bien, el enfoque económico para la valoración es un enfoque antropocéntrico basado en principios utilitarios. Se incluye la consideración de todos los valores instrumentales, incluyendo el valor de existencia. Debido a que es utilitarista basada en la valoración económica se supone que el potencial de sustitución entre las diferentes fuentes de valor que contribuyen al bienestar humano. Las principales categorías de valor que no son capturadas por el enfoque económico no son valores antropocéntricos (por ejemplo, los valores biocéntricos) y los valores intrínsecos en que se basa el concepto de derechos (Committee on Assessing and Valuing the the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

Es importante tener en cuenta que la valoración económica se basa en la idea de que los valores asignados por un individuo reflejan las preferencias individuales, o la disposición marginal a comerciar un bien o servicio por otro, y que los valores de la sociedad son la agregación de valores individuales de preferencias subjetivas. De esta manera, el valor está determinado por el mercado.

Los economistas neoclásicos basados en la economía de mercado se ven seriamente desafiados por los bienes y servicios, porque éstos implican significativos valores no asignados en el mercado y a menudo no se pueden asignar derechos de propiedad ambiguos. Las decisiones sobre cómo asignar los recursos ecológicos en su valor económico requiere el uso de técnicas para imputar valor, como en los métodos de fijación de precios sombra o técnicas de costo de producción. Esos métodos sólo amplían y adaptan el modelo de valor de mercado. Complicaciones prácticas causadas por imperfecciones de información sobre el recurso, por ejemplo, deben ser ignoradas. Los valores no comerciales siguen siendo el resultado de las interacciones entre la oferta y la demanda, pero estos son ahora más virtuales que reales (Straton, 2006).

El medio ambiente en un sitio de conflicto entre la competencia de valores e intereses de diferentes grupos. Existe una comparabilidad fuerte de valores cuando es posible organizar objetos y situaciones a valorar bajo un único tipo de valor, como puede ser en escala cardinal (conmensurabilidad fuerte) o en escala ordinal (conmensurabilidad débil) (Martínez Alier, 1998).

Existe una comparabilidad débil de valores (o incomparabilidad de valores) cuando existen diferentes tipos de valor. Cuando en una evaluación de proyecto se realiza un análisis de costo-beneficio existe una comparabilidad fuerte porque se realiza la valoración bajo la misma

unidad (valor presente en términos monetarios de costos y beneficios, incluyendo las externalidades). En contraste, en las evaluaciones multi-criterio existen diferentes tipos de valor y se les denomina como de comparabilidad débil (Martínez-Alier, 2001).

De acuerdo con Martínez-Alier *et al.* (1998) la economía ecológica se basa en la comparabilidad débil, pero también incluye (en casos apropiados) otros enfoques (como la valoración contingente, costo de viaje, análisis de energía, huella ecológica), los cuales, tomados uno a uno implican comparabilidad fuerte e incluso conmensurabilidad fuerte.

La economía ecológica rechaza el paradigma de la conmensurabilidad completa y reconoce la existencia de valores inconmensurables.

Ante la necesidad de lograr una sustentabilidad fuerte en el manejo de los recursos naturales, es imprescindible que para el caso de la valoración de los servicios ecosistémicos se tenga presente que los valores que se utilicen traten de reflejar la naturaleza compleja de la interrelación entre las dimensiones ecológicas, sociales y económicas.

2.3 ¿Por qué valorar los servicios ecosistémicos?

La valoración de los servicios ecosistémicos ayuda a contar con mejor información y mejorar las decisiones de manejo ambiental. La economía se basa en elecciones, cada una de ellas está precedida por una ponderación de los valores entre las diferentes alternativas (Bingham *et al.*, 1995). Aunque los sistemas ecológicos sustentan una amplia variedad de servicios ecosistémicos esenciales para el desempeño económico y el bienestar humano, los mercados actuales sólo arrojan información sobre el valor de un pequeño subconjunto de procesos ecosistémicos, donde los componentes que tienen un precio se incorporan en las transacciones como mercancías o servicios (TEEB, 2009).

Esto plantea limitaciones estructurales en la capacidad de los mercados, para obtener imágenes completas de los valores ecológicos que intervienen en los procesos de decisión (MA, 2005). Por otra parte, la falta de información surge de la dificultad de cuantificar la mayoría de los servicios de los ecosistemas en términos que sean comparables con los servicios de los bienes hechos por el hombre (Costanza *et al.*, 1997).

Hay por lo menos seis razones para llevar a cabo estudios de valoración:

i) Falta de mercados; ii) mercados imperfectos y fallas del mercado; iii) para algunos bienes y servicios ecosistémicos es esencial para comprender y apreciar sus alternativas y usos

alternativos; iv) la incertidumbre que implica la demanda y la oferta de recursos naturales, especialmente en el futuro; v) el gobierno podría querer utilizar la valoración frente a los precios de mercado restringidos o administrados, para el diseño de programas de conservación de la biodiversidad/ecosistemas; vi) la valoración es una necesidad para llegar a contabilizar los recursos naturales, con métodos como el Valor Presente Neto (TEEB, 2009).

Desde esta perspectiva, la lógica de valoración de los ecosistemas es desentrañar las complejidades de las relaciones socio-ecológicas, explicitar cómo las decisiones humanas pueden afectar los valores de los servicios ambientales, y expresar los cambios de valor en unidades (por ejemplo, monetarias) que permitan su incorporación en los procesos públicos de toma de decisiones (Mooney *et al.*, 2005).

Cabe destacar que la valoración de los servicios ecosistémicos es solamente un paso. Saber que la pesca excesiva pone en peligro la integridad de los ecosistemas marinos y, con ello, los beneficios que suponen para las comunidades locales, no logrará por sí solo ningún cambio en los métodos de pesca, en la medida que los beneficios a corto plazo y los incentivos gubernamentales sigan fomentando las prácticas destructivas (TEEB, 2010).

El hecho de decir que algo tiene valor es una base insuficiente para las elecciones de política o manejo. Más bien, es necesario disponer de una clasificación de alternativas, así las estimaciones de los valores de los cambios implicados por las diferentes opciones pueden contribuir a tal clasificación. En particular, la manera en que se lleva a cabo y cómo se utiliza la valoración de los servicios ecosistémicos dependerá del contexto específico o problema (Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

Ser conscientes de que la biodiversidad es la base del bienestar humano es una cosa; convertir ese conocimiento en incentivos que influyan en las conductas para mejorarlas otra muy distinta. Es un proceso tanto político como técnico, que debe afrontarse para evitar repetir y acumular los errores cometidos anteriormente (TEEB, 2010).

La valoración económica debe considerarse una herramienta para guiar la gestión de la biodiversidad, no una condición para tomar medidas. Sin embargo, si se ejecuta un análisis adecuado al contexto del área, con objetivos claros, se logrará un gran avance que opte por hacer de la inversión a favor de la biodiversidad, la elección lógica para los usuarios, actores involucrados y tomadores de decisiones en el área.

2.4 *Uso de la valoración de los servicios ecosistémicos en el proceso de gestión y gobernanza ambiental*

En el apartado 2.1 se mencionó que además de la búsqueda de equidad social, protección ambiental y eficiencia económica, la gobernanza ambiental es necesaria para superar el umbral de sustentabilidad débil que caracteriza a la gestión ambiental y posicionarla en un verdadero desarrollo sustentable.

La gobernanza puede ser definida como procesos dinámicos que son mantenidos por la participación activa y sostenida de una amplia gama de instituciones y actores en la producción de resultados de políticas y la mediación de conflictos, que implica la coordinación a través de redes y alianzas (Committee on International Capacity-Building for the Protection and Sustainable Use of Oceans and Coasts, 2008).

La gobernanza es más amplia que la gestión ambiental. El co-manejo o gestión colaborativa ambiental sucede cuando dos o más actores relevantes negocian colectivamente, realizan acuerdos, garantizan, comparten y ponen en práctica las instituciones que brindan para la gobernanza de un área en particular o de la gestión de los recursos naturales y, mediante este proceso se da pie a que un manejo ecosistémico marino y costero se lleve a cabo (Jones *et al.*, 2011).

Agardy *et al.* (2011) menciona que un enfoque ecosistémico de la gestión marina y costera va más allá de examinar las cuestiones individuales, especies o funciones de los ecosistemas de manera aislada. En su lugar, reconoce los sistemas ecológicos como una mezcla de elementos que interactúan entre sí de manera importante. Enfatiza también que nuestro bienestar y la salud del medio ambiente están vinculados. Dicho de otra manera, los sistemas marinos y costeros proporcionan valiosos servicios naturales, o "servicios ecosistémicos", para las comunidades humanas.

Por lo tanto, para proteger a nuestro bienestar a largo plazo, hay que asegurarse que las funciones y la productividad de los ecosistemas marinos y costeros sean gestionados de forma sostenible. Esto significa gestionar de una manera en la que se reconozca la complejidad de los ecosistemas marinos y costeros, las conexiones entre ellos, sus vínculos con la tierra y el agua dulce, y cómo las personas interactúan con ellos (Agardy *et al.*, 2011).

La gestión ambiental debe estar integrada, al igual que los ecosistemas están

interconectados. Ante esto, UNEP (2012) describe los elementos clave que conforman el enfoque ecosistémico:

- Fijar objetivos y tener presente las limitaciones que caracterizan el estado deseado del área y los cambios indeseables en el ecosistema sobre la base de las necesidades científicas y sociales y los valores.
- Reconocer las conexiones entre los ecosistemas marinos, costeros y los sistemas terrestres, así como entre los ecosistemas y las sociedades humanas.
- En un escenario de incertidumbre acerca de impactos ambientales potencialmente irreversibles, las decisiones referentes al uso de recursos naturales debe enfocarse por medio de medidas precautorias aunque no se cuente todavía con una prueba científica definitiva del riesgo de aquellas actividades potencialmente dañinas al medio ambiente.
- Principio de manejo adaptativo: tomando en cuenta que cierto nivel de incertidumbre siempre existe en el manejo de los recursos naturales, los tomadores de decisiones deben continuamente reunir e integrar información ecológicamente, socialmente y económicamente apropiada con el objetivo de adaptarse de la mejor manera. Aceptar el cambio, aprender de la experiencia, y adaptar las políticas a través del proceso de gestión.
- Usar una perspectiva de servicios ecosistémicos, donde los ecosistemas sean valorados no sólo por los bienes básicos que generan (como los alimentos o materias primas), sino también por los importantes servicios que prestan (como el agua limpia y la protección contra condiciones climáticas extremas).
- Abordar los impactos acumulativos de las diversas actividades que afectan a un ecosistema.
- Todos los costos internos y externos, así como los beneficios (sociales y ecológicos) de decisiones alternas, referentes al uso de los recursos naturales, deben de ser identificados y asignados. Cuando sea apropiado, los mercados pueden ajustarlos para reflejar los costos totales. También se puede asignar derechos para proporcionar incentivos para la conservación.
- Todos los grupos de interés deben ser tomados en cuenta para atender sus necesidades, acceder a sus insumos y asegurar su cooperación. También los actores deben comprometerse en la formulación e implementación de decisiones relativas a los recursos naturales. La toma de decisiones debe ser participativa y transparente.

- Apoyar a la gestión, incluida la información científica, ejecución y evaluación del desempeño. La toma de decisiones de los recursos naturales debe asignarse a un nivel institucional que maximice la información acerca del sistema ecológico relevante y reconozca la necesidad de que la información ecológica fluya entre ellos.

En definitiva, podemos identificar que el marco de servicios ecosistémicos y su valoración es considerado un elemento clave de la gestión y gobernanza ambiental con enfoque ecosistémico, por lo tanto, es necesario que los tomadores de decisiones continuamente integren información ecológica, económica y social adecuada, dado que siempre existen ciertos niveles de incertidumbre en el manejo de dichos recursos.

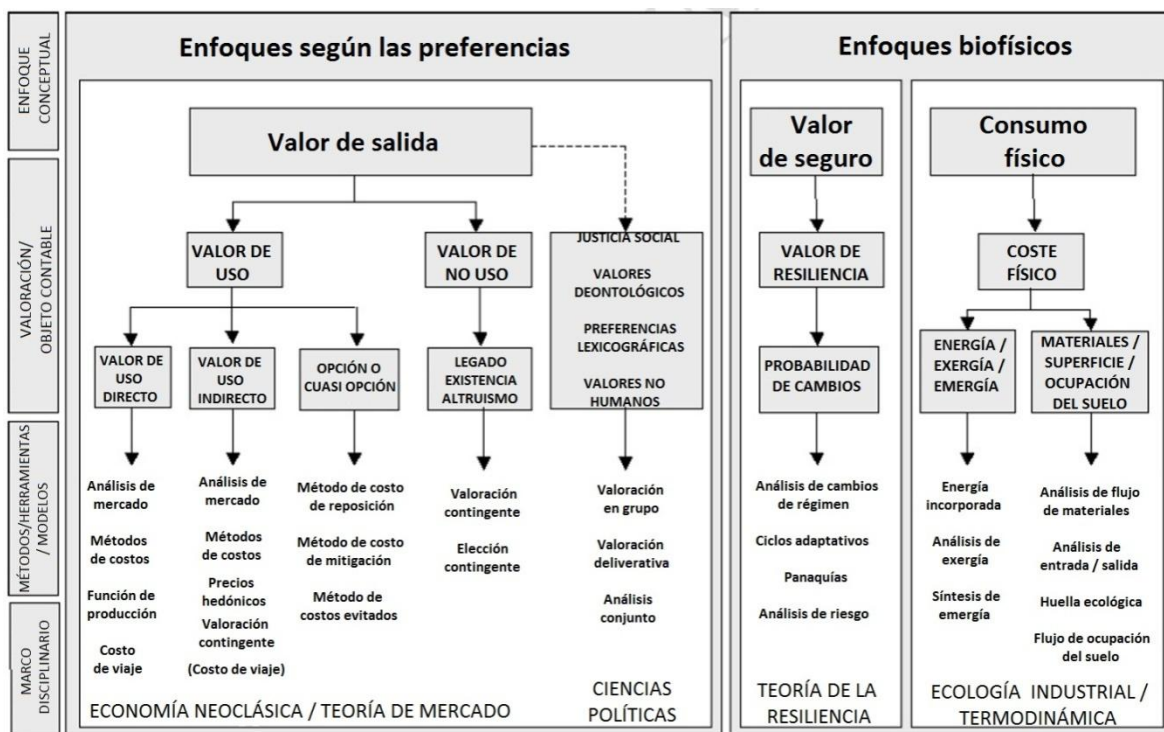
Si paralelamente, se adoptan enfoques con base en la comunidad como práctica de la gobernanza ambiental, que descentralicen los procesos de toma de decisiones y empodere a la población local mediante su participación en las resoluciones y decisiones, se contribuirá de mejor manera a la gestión ambiental con enfoque ecosistémico (Jones *et al.*, 2011).

2.5 *Paradigmas de valoración de los servicios ecosistémicos*

Así como existen diferentes enfoques y perspectivas de “valor”, con el paso del tiempo ha aumentado y crecido la literatura referente a los conceptos, técnica y aspectos operacionales de la valoración de los servicios ecosistémicos.

Existen dos paradigmas muy diferenciados de valoración de los servicios ecosistémicos: los métodos biofísicos, constituidos por una variedad de enfoques; y el enfoque basado en las preferencias, que es usado en economía. Estos métodos están resumidos en la Figura 2.1.

Figura 2.1
Métodos para la valoración de los servicios ecosistémicos



Fuente: TEEB (2009)

2.5.1 Enfoques biofísicos

Se debe entender como la obtención de los “costos de producción” o costos físicos al proceso que implica la valoración de los servicios ecosistémicos o biodiversidad desde el enfoque biofísico, ya que por medio de los conceptos de trabajo, superficie, energía o insumos materiales es como se representa la obtención de un bien, servicio, o un estado ecológico determinado (TEEB, 2009).

Al desarrollar valoraciones a través de perspectivas biofísicas por medio de parámetros físicos, la existencia del capital natural se representa de mejor manera porque se resalta el valor basado en propiedades intrínsecas de los objetos. Por lo tanto, este tipo de enfoque es más útil para calcular la depreciación del capital natural dentro de un marco de sostenibilidad fuerte, en contraste con la valoración que trata de describir el flujo de los servicios ecosistémicos, por ejemplo, la incapacidad de expresar de forma directa con algún término biofísico los servicios culturales de determinado ecosistema (TEEB, 2009).

Ejemplos de métodos biofísicos para la valoración o la contabilidad del capital natural, tienen que ver con el análisis de las conexiones entre las actividades humanas y la demanda de energía (Costanza, 1980).

También se encuentra el análisis de emergía (Odum, 1996), el cual es el costo final de energía disponible usada directa e indirectamente en la construcción de cualquier producto o servicio en un ecosistema, expresado en equivalentes de energía solar (Patten *et al.*, 2002).

El análisis de exergía (Naredo, 2001; Valero *et al.*, en prensa) es otro de los métodos biofísicos que se han desarrollado. Exergía significa el potencial de trabajo que puede ser extraído de un sistema por procesos reversibles mientras el sistema se equilibra con su entorno. El análisis de exergía consiste en conocer la parte “útil” de la energía de un sistema (Ayres, 1998).

El análisis de eco-exergía (Jorgensen, 2010), también llamado “exergía ecológica” busca conocer el contenido de exergía de la biomasa de los organismos pertenecientes a un ecosistema, basándose en factores de peso que indiquen la cantidad de información (número de genes o longitud de los genomas) asociados a diferentes especies y multiplicarlos por la biomasa contenida en ellos (Patten *et al.*, 2002).

Otro tipo de método biofísico lo encontramos en la estimación de la huella ecológica (Wackernagel *et al.*, 1999), la cual se entiende como “el área de territorio productivo o ecosistema acuático necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los recursos producidos por una población definida con un nivel de vida específico donde sea que se encuentre esta área” (Rees, 1996: 34).

El análisis de flujo de materiales (Daniels y Moore, 2002), es una metodología que cuantifica los flujos intercambiados de materiales que existe entre un sistema y su entorno, y puede ser aplicada desde un nivel industrial hasta global (Fischer–Kowalski y Hüttler 1999).

La apropiación humana de la producción primaria neta (HANPP) (Schandl *et al.*, 2002), es un indicador biofísico que mide “La apropiación por los seres humanos del producto neto primario de la fotosíntesis” (Vitousek *et al.*, 1986), en donde se saca la relación del porcentaje que representa el subsistema humano ante el ecosistema.

Así como las metodologías e indicadores mencionados anteriormente, existe una larga lista que se han desarrollado bajo el enfoque biofísico. Todos estos indicadores pueden ser útiles como apoyo para instrumentar políticas con perspectiva de sustentabilidad fuerte ya que no dependen de un punto de vista utilitarista.

2.5.2 Enfoques según las preferencias

El segundo paradigma de valoración de los servicios ecosistémicos pertenece al enfoque basado

en las preferencias, que en contraste con los enfoques biofísicos de la valoración, se basan en modelos de comportamiento humano y descansan en el supuesto de que los valores surgen de las preferencias subjetivas de los individuos (Figueroa, 2003).

Dentro de esta perspectiva, se encuentra una familia de métodos que revela la naturaleza compleja del desarrollo sustentable, en donde integran, entre otros, análisis multi-criterio por medio de la valoración en grupo, valoración deliberativa o análisis conjunto que permiten tener en cuenta aspectos cualitativos a la hora de tomar decisiones con efectos ambientales en las que deban conjugarse criterios económicos, ecológicos y sociales que entran en conflicto entre sí (Hamdouch y Zuideau, 2010). Estos métodos hacen hincapié en la comparabilidad débil de los valores (O'Neill, 1993; Martínez-Alier *et al.*, 1998) que pone los valores en una relación de inconmensurabilidad entre sí. De acuerdo con este punto de vista, las herramientas de apoyo a las decisiones deben permitir la integración de los múltiples valores inconmensurables (TEEB, 2009).

El análisis multicriterio hace posible la integración formal de los múltiples valores de cada una de ellas se le ha asignado un peso relativo (Munda, 2004). Al igual que en el análisis monetario, el análisis multicriterio es una clasificación de las preferencias que sirven como base para la toma de decisiones entre diferentes alternativas, pero sin la necesidad de convertir todos los valores a una sola unidad (el resultado es un número ordinal y no una clasificación cardinal). Por lo tanto es una herramienta que da cuenta de la complejidad en la toma de decisiones (TEEB, 2009). Una de las debilidades de este método es que la ponderación de los valores pueden ser fácilmente sesgada por los científicos, o si el proceso es participativo, por las asimetrías de poder entre las partes interesadas. Los procesos deliberativos transparentes pueden reducir estos riesgos, pero también implican gran cantidad de tiempo y recursos que no están generalmente disponibles para los tomadores de decisiones (Gómez-Baggethun y de Groot, 2007).

El enfoque basado en las preferencias incluye, además de la valoración en grupo o método multi-criterio, el enfoque tipo monetario donde se asume que los valores de los ecosistemas son comparables en términos monetarios entre ellos, así como con los recursos humanos y financieros hechos a medida, y que posteriormente, las medidas monetarias ofrecen una manera de establecer las compensaciones que intervienen en los usos alternativos de los ecosistemas (TEEB, 2009). El enfoque tipo monetario provee resultados del daño del impacto ambiental o el valor de los recursos naturales derivados de un sitio o contexto determinado

(Hamdouch y Zuideau, 2010).

Al hacer uso del concepto económico de valor es imposible integrar todas las fuentes de valor en el análisis de valoración de los servicios ecosistémicos, pero amplía el concepto acotado de valor comercial o financiero, y por medio de los valores de uso y de no uso se tratan de representar los valores que favorecen al bienestar y la satisfacción de los individuos (Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

A continuación se aborda con mayor amplitud el enfoque económico de la perspectiva según preferencias. Este enfoque y los métodos que lo integran es mejor conocido como Valor Económico Total.

2.5.2.1 *Valor Económico Total: valores de uso y no uso*

El Valor Económico Total (VET) es el marco que subyace a la valoración económica y se basa en la presunción de que los individuos pueden estimar varios valores de los ecosistemas. Proporciona una base para una clasificación de los diversos valores o beneficios. Aunque cualquier clasificación de valores es algo arbitraria y puede diferir de un uso a otro, el marco VET es necesario para asegurar que todos los componentes de valor se les de reconocimiento en los análisis empíricos y que no se produzca "doble cómputo" de los valores cuando se empleen múltiples métodos (Bishop *et al.*, 1987; Randall, 1991).

El valor económico total de un bien o servicio ecosistémico se define de la siguiente manera (Belausteguigoitia y Pérez, 1994):

VET: $VU + VO + VE$, donde

VU: Valores de uso. Asociados al actual o futuro (potencial) uso de un recurso ambiental por un individuo. Los valores pueden ser directos (obtenidos a través del mercado) o indirectos.

VO: Valores de opción. Se refieren al valor que tiene no cerrar la posibilidad de una futura utilización de un bien que no se está aprovechando en el presente.

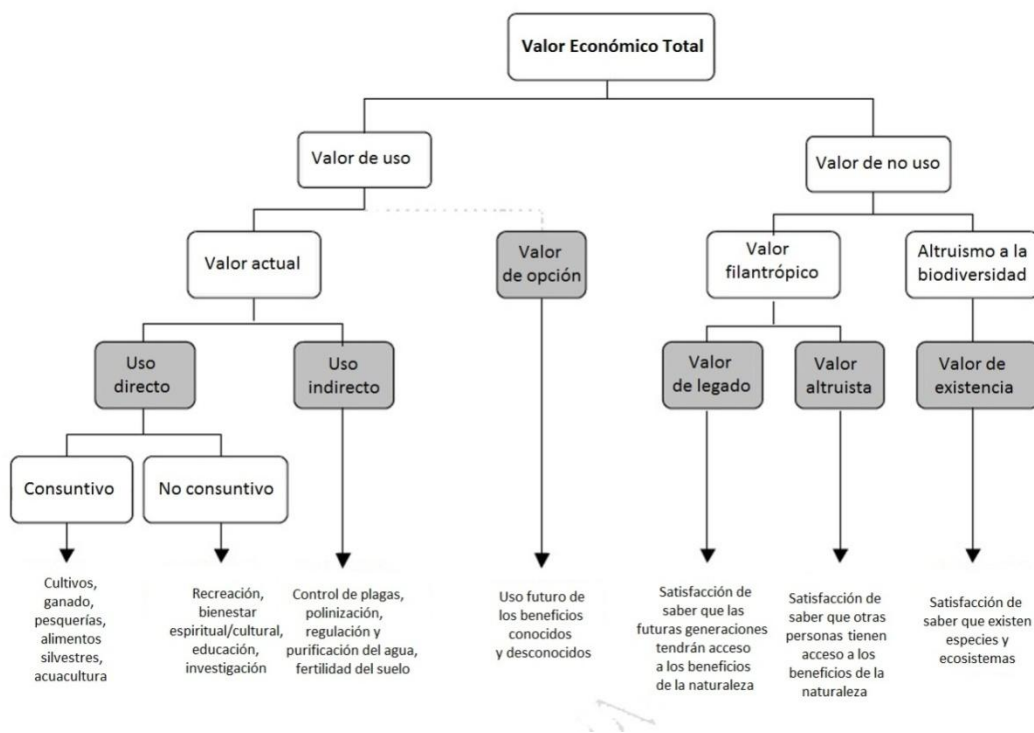
VE: Valor de existencia o herencia. El primero se deriva de las personas que valoran positivamente el simple hecho de la existencia de algún recurso natural, aunque no se utilice el bien de manera directa ni indirectamente. El valor de herencia es el deseo de preservar un determinado bien para el disfrute de las generaciones futuras.

Los valores de existencia o herencia se consideran valores de no uso, algunos autores también incluyen el valor de opción. Se les considera valores de no uso porque no están

asociados con el uso de un bien o servicio ecosistémico. Los valores de uso general, surgen de un bien o servicio proporcionado por los ecosistemas que la gente encuentra conveniente. No es necesario que los valores de no uso se deriven de un servicio proporcionado por un ecosistema, sino más bien, las personas pueden beneficiarse simplemente de saber que un ecosistema existe sin restricciones por la actividad humana (Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

En la Figura 2.2 se revisan los tipos de valor que concierne a la valoración de los servicios ecosistémicos. Los cuadros en gris oscuro y los ejemplos que siguen las flechas son los que se contemplan directamente en los tipos de valores relacionados con el marco del VET.

Figura 2.2
Tipos de valor en el marco del VET



Fuente: TEEB (2009)

Los valores de uso se pueden asociar a los bienes privados o cuasi-privado, para lo cual los precios de mercado por lo general existen. Los valores de uso a veces se dividen en dos categorías: (a) el valor de uso directo, en relación con los beneficios obtenidos del uso directo de servicios de los ecosistemas. Este uso puede ser de extracción, lo que implica el consumo (por ejemplo, de alimentos y materias primas), o uso no extractivo (por ejemplo, los beneficios

estéticos de los paisajes); (b) los valores de uso indirecto generalmente están asociados con los servicios de regulación, tales como la regulación de la calidad del aire o la prevención de la erosión, que puede ser visto como los servicios públicos que generalmente no se reflejan en las transacciones del mercado (TEEB, 2009).

Ampliar el marco temporal en que los valores son considerados permite la posibilidad de valorar la opción de la utilización futura de un servicio de determinado ecosistema. Esto se refiere a menudo como valor de opción (Krutilla y Fisher, 1975). El valor de opción puede ser entendido como una forma de enmarcar el VET en condiciones de incertidumbre, como el valor de la espera de la resolución de la incertidumbre. En este sentido, las actividades de bioprospección para descubrir posibles usos medicinales de las plantas, sirve como ejemplo que ilustra las incertidumbres que rodean a los usos futuros posibles y el valor de la opción correspondiente a los ecosistemas. Se debe plantear la cuestión sobre si algún organismo en particular probará ser de uso comercial en el futuro, y qué usos comerciales es necesario desarrollar con el tiempo (TEEB, 2009).

Valores de no uso de los ecosistemas son aquellos valores que no impliquen la utilización directa o indirecta de los servicios de los ecosistemas en cuestión. Ellos reflejan la satisfacción que los individuos derivan al estar conscientes de que los servicios de la biodiversidad y los ecosistemas se mantengan y que otras personas tienen o tendrán acceso a ellos (Kolstad, 2000). En el primer caso, los valores de no uso se refiere generalmente como valores de existencia, mientras que en el segundo que se asocian con los valores altruistas (en relación con los problemas de equidad intra-generacional) o los valores de legado (cuando se refiere a la equidad intergeneracional) (TEEB, 2009).

Cabe señalar que los valores de no uso implican mayores desafíos para la valoración porque están relacionados con las propiedades morales, religiosas o estéticas, para lo cual, por lo general, los mercados no existen. Esto difiere con otros servicios que están asociados con la producción y la valoración de las condiciones o cosas tangibles (Chan *et al.*, en prensa).

2.5.2.2 *Métodos de valoración bajo el esquema de Valor Económico Total (VET)*

Algunos métodos de valoración son más apropiados que otros para la valoración de determinados servicios ecosistémicos y para la obtención de los componentes de valor específicos. El Cuadro 2.1 se muestran los vínculos entre los métodos y componentes específicos de valor.

Cuadro 2.1
VET: vínculos entre métodos y componentes específicos de valor

Enfoque	Método	Valor	
Análisis de mercado	Basado en precios	Precios de mercado	Uso directo y uso indirecto
	Basado en costos	Costos evitados	Uso directo y uso indirecto
		Costos de reposición	Uso directo y uso indirecto
		Costos de mitigación/restauración	Uso directo y uso indirecto
	Basado en producción	Enfoque de función de producción	Uso indirecto
Factor de ingreso		Uso indirecto	
Preferencias reveladas	Método de costo de viaje	Uso directo (Uso indirecto)	
	Precios hedónicos	Uso directo y uso indirecto	
Preferencias manifestadas	Valoración contingente	Uso y no uso	
	Modelos de elección/análisis conjunto	Uso y no uso	
	Ordenación contingente	Uso y no uso	
	Valoración deliberativa en grupo	Uso y no uso	

Fuente: TEEB (2009)

En el esquema VET existen distintas técnicas de valoración de los servicios ecosistémicos que se categorizan de la siguiente manera: (a) análisis de mercado, (b) preferencias reveladas y (c) preferencias manifestadas o declaradas (Chee, 2004).

El *análisis de mercado* utiliza métodos que obtienen datos de los mercados actuales como precios, cantidades y costos, y por lo tanto reflejan las preferencias reales o costos a los particulares, además que es información a la que generalmente se puede acceder (TEEB, 2009). Como lo muestra el Cuadro 4, en esta categoría se incluyen los métodos de valoración con perspectiva basada en precios, en costos y en función de producción.

Las limitaciones de este tipo de técnicas de valoración es que en caso de que un servicio ecosistémico no tenga mercado o su mercado se encuentre distorsionado porque no es suficientemente competitivo o exista algún subsidio, el precio asociado no reflejará las preferencias o los costos marginales, por lo tanto los valores estimados serán parciales y no proporcionarán información confiable a las decisiones de política. Además, es muy común que esté ausente la comprensión de los vínculos causa-efecto entre los servicios ecosistémicos y el de los productos comercializados (Daily *et al.*, 2000).

Los métodos de *preferencias reveladas* se basan en la observación de las elecciones individuales en los mercados existentes que están relacionados con el servicio ambiental que es

objeto de valoración. En este caso se dice que los agentes económicos "revelan" sus preferencias a través de sus decisiones. Los dos métodos principales dentro de este enfoque son: i) método de costo de viaje, el cual se basa en la utilización del tiempo y el costo incurrido en visitar y disfrutar de un lugar natural; ii) método de los precios hedónicos, el cual intenta atribuir a cada característica del bien ambiental su precio implícito, como el de los precios de las viviendas, al reflejar la calidad ambiental en la cual están situadas (Belausteguigoitia y Pérez, 1994).

Por lo general, estos métodos tienen el atractivo de basarse en el comportamiento actual observado, pero sus principales inconvenientes son la incapacidad para estimar valores de no uso y la dependencia de los valores estimados en los supuestos técnicos hechos sobre la relación entre el bien ambiental y los bienes del mercado sustituto (Kontoleon y Pascual, 2007).

Los métodos relacionados a las *preferencias manifestadas o declaradas* simulan un mercado y la demanda de servicios de los ecosistemas por medio de encuestas sobre los cambios hipotéticos en la prestación de servicios de los ecosistemas. Estos métodos se pueden utilizar para estimar tanto los valores de uso y de no uso de los ecosistemas o cuando no existe mercado sustituto del cual el valor de los ecosistemas se pueden deducir (TEEB, 2009).

Dentro de este tipo de clasificación se encuentra la valoración contingente, la cual "intenta averiguar la valoración que otorgan las personas a los cambios en el bienestar que les produce la modificación en las condiciones de oferta de un bien ambiental, a través de la pregunta directa" (Azqueta, 1994: 158). Los demás métodos en esta categoría son el modelo de opciones o valoración en grupo, en los cuales se pueden presentar dos o más alternativas con diferentes niveles de atributos y/o también se presentan como una forma de capturar diferentes tipos de valor como los inconmensurables, no humanos o de justicia social (Spash, 2008).

Estos métodos presentan complicaciones prácticas causadas por la imperfección de la información acerca del recurso natural (Straton, 2006). Además, los encuestados no pueden dar respuestas precisas a sus preferencias que no están totalmente definidas (Svedsäter, 2003). Aún así, el sesgo en los enfoques deliberativos de valoración monetaria es, supuestamente, menos que en los estudios individuales de valoración contingente porque estos métodos pueden reducir la falta de respuesta y aumentar las tasas de participación (De Groot *et al.*, 2006).

2.6 *Valoración de los servicios ecosistémicos en la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir*

Aunque por las diferencias inherentes y de teoría de valor parecieran incompatibles los enfoques biofísicos y los basados en las preferencias, en la comunidad científica se ha expresado la necesidad de integrar unidades múltiples de medida del valor en la valoración ambiental (TEEB, 2009).

A partir de lo anterior, se manifiesta el alcance de las diferentes formas de abordar las temáticas relacionadas a la valorización, entre otras referentes al contexto medio-ambiental y su relación a la problemática del desarrollo. Este proceso de integración de nuevos elementos es consecuencia de la complejidad que cada problemática ambiental envuelve en relación a su contexto y actores involucrados.

La presente investigación estudia los servicios ecosistémicos de la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir (RBISPM) desde la perspectiva de la economía ecológica, enfocándose en la valoración económica de los servicios que los ecosistemas brindan, y resaltando la pertinencia del uso de diversas metodologías, para incorporar la dinámica ecosistémica.

La valoración de los servicios ecosistémicos incorpora la dinámica del ecosistema y utiliza diversas metodologías por medio de la estimación del costo de viaje hacia la isla y el cálculo de la capacidad de trabajo de los ecosistemas o eco-exergía (Jorgensen, 2010).

En general, los ecosistemas acuáticos tienen cierta capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos de producción (por ejemplo, agua, alimentos), hábitat para plantas y animales, de regulación del medio ambiente (por ejemplo, ciclos hidrológicos, ciclos de nutrientes, clima, acumulación de residuos) y de cultura y esparcimiento, por ejemplo recreación, estética, investigación (Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, 2004).

La integración de los paradigmas de valoración mediante el enfoque de preferencias (costo de viaje) y el biofísico (representado aquí por la eco-exergía), es de lo que se tratará el presente ejercicio, con el objetivo de obtener complementariedad de servicios ecosistémicos derivados de cada enfoque.

2.6.1 Costo de viaje: enfoque según preferencias de valoración de los servicios ecosistémicos

“El método de costo de viaje se aplica a la valoración de áreas naturales que cumplen una función de recreación en la función de producción de utilidad familiar: que la gente visita para su esparcimiento” (Azqueta, 1994).

En este método se valoran los servicios ecosistémicos asociados con la actividad recreacional. La premisa detrás de este modelo es que el costo de viaje a un sitio se puede considerar como el precio del acceso al sitio (Kahn, 1995).

En este método el precio de acceso al área natural se basa en el costo y tiempo incurrido en el viaje hacia el sitio. Por lo tanto, el gasto que se realiza en el número de visitas que los individuos hacen, es la disposición a pagar para visitar el área. (Cristeche y Penna, 2008).

El método implica que al disfrutar un área ambiental se incurre en el consumo de un bien privado, dando como resultado que exista una relación de complementos dentro de la función de utilidad del individuo (Cuerdo y Ramos, 2000).

Cristeche y Penna (2008) indican que el costo de viaje puede estimar los costos y los beneficios en las siguientes condiciones:

- En la existencia de algún cambio en los costos de acceso al área donde las actividades recreativas se llevan a cabo.
- Supresión o cierre de un área natural que suministra servicios de recreación.
- Instauración de un nuevo sitio recreativo.
- Modificación de la calidad de los bienes ambientales en el área.

El valor de un cambio en la calidad o cantidad de un sitio de recreación (como resultado de cambios en la biodiversidad) se puede deducir de la estimación de la función de demanda por visitar el sitio que está siendo estudiado (Bateman *et al.*, 2002; Kontoleon y Pascual, 2007).

Existen distintas maneras de saber la demanda del área ambiental bajo estudio (Cristeche y Penna, 2008):

- a) Tasas de participación: Por medio de encuestas se conocen las actividades recreativas que se realizan en el sitio (*v. gr.* senderismo, pesca deportiva, montañismo, etc.)
- b) Información específica sobre un lugar determinado: se busca descubrir la demanda de un sitio determinado sin considerar las actividades que ahí se realizan (*v. gr.* un bosque, un lago, etc).

Ya que se seleccione cualquiera de las dos vías anteriores, se determina el tipo de función de

demanda (Bateman *et al.*, 2002):

- Demanda por zonas de origen: el análisis se basa en conocer la propensión media a visitar el sitio desde diversos lugares, lo que implica costos de acceso diferentes.
- Demanda individual: se obtiene una curva de demanda global a partir de la agregación de la curva de demanda individual, la cual averigua el costo y las características de cada individuo en función de conocer la demanda.

También es necesario obtener información referente al costo de acceder al lugar. Hay distintos tipos de costos que se pueden integrar, pero en algunos existe polémica sobre si se deben incluir o no. Estos son los diferentes casos que Azqueta (1994) menciona:

- i. Costos ineludibles: son los costos relacionados al desplazamiento hacia el lugar (*v.gr.* gasolina, pasajes de autobús, etc.) y también los correspondientes a los costos de esparcimiento en el lugar.
- ii. Costos discrecionales: son los costos que no son indispensables para acceder al área natural como pernoctar o comer en el camino. Aunque hay consenso en tomar en cuenta sólo los costos no discrecionales, se sabe que incurrir en esos gastos agrega utilidad a la excursión. Por esta razón, algunos estudios sí los contabilizan.
- iii. El tiempo: implica la cuestión de incluirlo o no como un costo, además de la correspondiente al cómo valorar el tiempo invertido en el viaje. El tiempo empleado para acceder al sitio causa división de opiniones porque es complejo estipular si se debe tomar como un costo o un beneficio, ya que el sólo hecho de desplazarse al área natural elegida puede proporcionar placer. En este último caso, no tendría sentido computar las horas como un costo. En el caso del tiempo pasado en el lugar de destino, puede funcionar como indicador de la demanda del sitio en cuestión, ya que representa su disposición a pagar por el disfrute del mismo. Aún así, queda a consideración del analista tomarlo en cuenta o no.

Para estimar el precio del tiempo, se parte del concepto de *costo de oportunidad*, que en términos microeconómicos significa el costo de un bien o servicio, medido por los usos alternativos que se

hayan previsto en la producción del bien o servicio (Nicholson, 1994). Para el caso que nos ocupa, el tiempo tiene un costo de oportunidad que se expresa en términos de producción: la utilización del tiempo invertido en disfrutar del tiempo libre (ocio) dentro de la jornada de trabajo, hubiera podido dedicarse a generar bienes y servicios en una actividad productiva (trabajo) (Azqueta, 1994). De esta manera, se induce que el valor económico del tiempo, viene dado por el salario-hora.

Las limitaciones del método de costo de viaje salen a relucir porque se presentan algunos problemas operativos que Cuerdo y Ramos (2000) destacan:

- a. Existe dificultad para calcular los costos reales del desplazamiento porque en el caso de la variable tiempo, cada individuo cuenta con un costo de oportunidad distinto.
- b. Cuando el propósito del viaje incluye la visita a varios sitios, se torna muy complicado asignar valor al sitio que se estudia.
- c. Hay casos en que los visitantes del área natural valoran tanto el espacio que pueden elegir vivir muy cerca del mismo. Lo cual origina que, aunque valoren altamente el sitio, el costo de viaje sea muy bajo y además no se pueda ver relegado el valor asignado por los individuos ya que el diseño del método no lo permite.
- d. También están las dificultades que se adquieren al elegir la función de demanda para el ajuste econométrico, porque puede ocasionar que varíen significativamente los resultados de la valoración.

2.6.2 *Eco-exergía: enfoque biofísico de valoración de los servicios ecosistémicos*

Eco-exergía es un concepto termodinámico relativamente nuevo que ha sido usado como indicador ecológico de desarrollo y salud de los ecosistemas. Es un indicador holístico que es capaz de capturar las propiedades sistémicas de los ecosistemas (Jorgensen *et al.*, 2010).

Los servicios ecosistémicos significan actividades ofrecidas al usuario de los ecosistemas, que pueden medir por su capacidad de trabajo, es decir, el importe total de la eco-exergía (la capacidad de trabajo) que ofrece un ecosistema (Jorgensen, 2010).

La exergía es definida estrictamente como la cantidad de trabajo que el sistema puede realizar cuando se pone en equilibrio termodinámico con su entorno, por lo tanto, es dependiente del ambiente y el sistema, no solamente del sistema y directamente proporcional a la diferencia

termodinámica entre el sistema y su entorno (Jorgensen *et al.*, 2010).

La exergía es la calidad de la energía en una sustancia particular o contexto, o, en otras palabras, la parte de la energía que está disponible para el trabajo mecánico. Estrictamente hablando, no hay consumo de energía en cualquier lugar, sólo de su calidad y accesibilidad (es decir, la exergía). Una interpretación no matemática podría describirla como el potencial de trabajo que es inherente a cualquier manifestación física de información, orden, estructura o contraste. Cuando tales estructuras materiales o contrastes son neutralizados, por ejemplo en la combustión, parte de la energía que una vez los generó a ellos puede ser desencadenada como trabajo (Hornborg, 2000).

La eco-exergía se convierte en una medida sobre la distancia en la que un ecosistema se encuentra del equilibrio termodinámico, es decir, la cantidad de organización compleja que el ecosistema ha acumulado en forma de organismos, complejos bioquímicos y complejidad en la red ecológica (Jorgensen, 2006).

La eco-exergía usa como estado de referencia al mismo ecosistema con la misma temperatura y presión pero en un equilibrio termodinámico-químico -como una “sopa inorgánica” sin vida, estructura biológica, información, gradientes y moléculas orgánicas- (Jorgensen, 2010).

“Si se escoge el mismo ecosistema como una “sopa inorgánica” homogénea que se encuentra a la misma temperatura y presión que el estado de referencia (el medio ambiente), la exergía medirá la distancia termodinámica desde la “sopa inorgánica” en términos de energía” (Jorgensen *et al.*, 2010, 41).

(Svirezhev, 1992 en Jorgensen, 2006) ha mostrado que la exergía mide la cantidad de energía necesaria para descomponer los ecosistemas. “Si el sistema se encuentra en equilibrio con su entorno ambiental la exergía es cero. La única manera de mover los sistemas lejos del equilibrio termodinámico es realizar trabajo sobre ellos, y como el trabajo disponible en un sistema es una medida de la capacidad, nosotros tenemos que distinguir entre el sistema y su entorno, o el equilibrio termodinámico (*v.gr.* sopa inorgánica)” (Jorgensen *et al.*, 2005b: 35).

La sobrevivencia implica el mantenimiento de biomasa, y el crecimiento significa el incremento de biomasa. Cuesta exergía construir biomasa y obtener y almacenar información. De esta manera, la sobrevivencia y el crecimiento pueden ser medidos por el concepto termodinámico de la exergía (Jorgensen *et al.*, 2010).

Jorgensen (2006) indica que la eco-exergía es la biomasa del ecosistema multiplicada por la medida de información que esa biomasa contiene. A mayor biomasa y mayor información, se obtiene mayor eco-exergía, o lo que también se puede traducir, en la medida del grado de desarrollo de un ecosistema. A partir de lo anterior, otra manera de entender la eco-exergía es la de que es una medida de veces-biomasa de información que esa biomasa contiene.

Las estimaciones de exergía se dan a partir de la biomasa y la información de los organismos a través de: $Ex = \beta c$, donde c es la concentración de la biomasa y β es un factor de ponderación que refleja la información con la que los organismos cuentan y expresa la exergía que varios componentes poseen a partir de su energía química y la información incorporada en el genoma (Jorgensen, 2006).

Los valores β ya fueron encontrados para varias especies por Jorgensen *et.al.* (2005), los detalles sobre el cálculo de la exergía para varios organismos (valores β) se pueden consultar en el documento y no se incluyen aquí porque rebasa los objetivos de este trabajo de investigación. En el capítulo de metodología se describe la manera en que se utilizan los valores β para la obtención de la eco-exergía del ecosistema.

Existe una correlación positiva entre la capacidad de amortiguamiento [capacidad del ecosistema de resistir cambios en respuesta a las diferentes combinaciones posibles entre funciones forzadas y variables estables] y la eco-exergía de los ecosistemas que ha sido mostrada por estudios (Jorgensen y Mejer, 1979, 1981; Mejer y Jorgensen, 1979; y Jorgensen, 2002) en donde ecosistemas con grandes montos de exergía almacenada en estructura e información cuentan con alta capacidad de amortiguamiento, el cual es un factor importante para la sustentabilidad de los ecosistemas; entre mayor es la capacidad de amortiguamiento de un ecosistema, más fácil será mantener su sustentabilidad. Es así que entre mayor eco-exergía contenga un ecosistema, mayor será la resistencia contra los cambios; en otras palabras, entre más eco-exergía, mayor sustentabilidad (Jorgensen, 2006).

El índice específico de eco-exergía es otro indicador que se obtiene de dividir la eco-exergía de un ecosistema entre su biomasa (=eco-exergía/biomasa). La eco-exergía específica da una descripción más satisfactoria de la salud del ecosistema que si sólo se utilizara el índice de exergía, porque considera la diversidad y las condiciones de vida de los organismos superiores (Jorgensen, 2010b). Este índice mide la organización en el sentido de que a los organismos más desarrollados les corresponden niveles altos de eco-exergía específica porque este tipo de

organismos usualmente representan niveles tróficos altos.

Según Jorgensen (2010b) el indicador ecológico de eco-exergía y el índice específico de eco-exergía son útiles para indicar la salud del ecosistema. La salud de un ecosistema se manifiesta por varios atributos que Costanza (1992) ha descrito. Los atributos y la razón por la que el indicador de eco-exergía los abarca se explica a continuación (Jorgensen (2010b):

1. Homeostasis: tendencia de los ecosistemas en alcanzar un estado estable frente a los efectos de las perturbaciones del entorno. Los ajustes del sistema no siempre llevan a su estado inicial, ya que los sistemas al alterar su estructura y constitución originan un estado de equilibrio nuevo y diferente. Este atributo asegura la supervivencia, concepto que implícitamente el indicador de eco-exergía mide.
2. Ausencia de enfermedad: este atributo es necesario para asegurar el crecimiento, y el indicador de eco-exergía indirectamente mide crecimiento.
3. Diversidad o complejidad: este atributo es cubierto porque entre mayor eco-exergía tiene un ecosistema mayor cantidad de nichos han sido ocupados (lo cual requiere alta diversidad y complejidad), dando por sentado que una mayor cantidad de organismos con valores β están presentes.
4. Estabilidad y resiliencia: entendiendo esta última como la capacidad de los ecosistemas en absorber los cambios, persistir en sus relaciones como sistema y continuar existiendo. Estos atributos son parcialmente cubiertos por la capacidad de amortiguamiento, que como ya vimos, es proporcional a la exergía, según resultados de modelos estadísticos. De esta manera se infiere en que entre mayor eco-exergía contenga un ecosistema, será más complicada la destrucción de dicho ecosistema.
5. Vigor o alcance de crecimiento: como se discute en Jorgensen *et. al.* (2005b) todas las formas de crecimiento envuelven incremento de exergía.
6. Balance entre componentes del sistema: existen tanto organismos superiores como inferiores y diferentes organismos presentes, lo cual implica que los valores β son relativamente altos.

Considerando lo anterior, Christensen y Pauly (1993) realizaron un análisis de 12 modelos de ecosistemas marinos para encontrar la relación entre eco-exergía y eco-exergía específica. Los

resultados se presentaron en Jorgensen (2006), concluyendo que la eco-exergía es una buena medida de ausencia de enfermedad, estabilidad o resiliencia y vigor o alcance de crecimiento; lo que en otras palabras significa que la eco-exergía es una buena expresión de sustentabilidad. Por otro lado, se concluyó que el índice específico de eco-exergía es un buen indicador de homeostasis, diversidad o complejidad y balance entre componentes del sistema; lo que se traduce en que la eco-exergía específica da información acerca de si la sustentabilidad de determinado ecosistema está basada en la biomasa o en la información relacionada a él.

Si un ecosistema mantiene su eco-exergía por un período largo de tiempo, se deduce que se trata de un ecosistema saludable y sustentable. Por lo tanto, el manejo ambiental de los ecosistemas debe implicar el mantenimiento de los niveles de eco-exergía a largo plazo –con sus fluctuaciones estacionales- (Jorgensen, 2010b).

En el estudio de Christensen y Pauly (1993) también arrojaron resultados que indican que generalmente, organismos superiores son característicos de ecosistemas más desarrollados donde la eco-exergía y el índice de eco-exergía específico (nivel de información) son altos. Esto se explica porque un alto índice de exergía específica expresa más dominio de organismos superiores.

Los ecosistemas con mayor eco-exergía son más complejos y más desarrollados, a su vez tienen la capacidad de producir mayor eco-exergía, lo que implica que también requiere más energía (eco-exergía) para su sustento, que es la respiración. Por lo tanto, alto nivel de exergía específica, que implica menos biomasa y más respiración relativa, hace que la relación Respiración/Biomasa aumente (Jorgensen, 2006).

Ahora bien, es preciso indicar las deficiencias que implica el cálculo de la eco-exergía. Jorgensen (2006) las describe a continuación:

1. Se han hecho algunas aproximaciones, aunque menores, en las ecuaciones presentadas para la obtención de la eco-exergía (de los valores β).
2. No se conocen los genes en completo detalle para todos los organismos.
3. Se calculó la eco-exergía incorporada en las proteínas (enzimas), pero existen otros componentes de importancia, que a pesar de que contribuyen menos a la exergía, es importante recalcar que podrían contribuir a la exergía total del sistema.

4. No se incluye la eco-exergía de la red ecológica. Si se calcula la exergía de modelos, la red ecológica será relativamente simple y la información proveniente del contenido de la red será insignificante.
5. Un diagrama o un modelo siempre proviene de la simplificación de un ecosistema, por lo tanto sólo se calcularán las contribuciones de los componentes incluidos en la imagen simplificada del ecosistema. Un ecosistema real siempre tendrá más componentes de los incluidos en los cálculos.

Por lo tanto, se tomará a la eco-exergía como índice de sustentabilidad, así como un indicador de salud del ecosistema. Además la eco-exergía se enmarca en la perspectiva de sustentabilidad fuerte, al reconocer que la capacidad de trabajo o la eficiencia de los recursos de los sistemas naturales no pueden ser reemplazados por los sistemas creados por el hombre (Jorgensen, 2006).

Los ecosistemas pueden ser divididos en cinco clases, empezando con los tipos de ecosistemas que se utilizan más por el hombre en la obtención de una serie de servicios ecosistémicos (Jorgensen, 2010), ver Cuadro 2.2:

Cuadro 2.2
Servicios ecosistémicos de distintos ecosistemas

Ecosistemas	Servicios ecosistémicos
A. Zonas costeras, lagos, ríos	Regulación, abastecimiento de agua, tratamiento de residuos, recreación, recursos genéticos, polinización, ciclos de nutrientes, control biológico, producción de alimentos, refugio, transporte, materias primas, cultura.
B. Humedales	Regulación, abastecimiento de agua, tratamiento de residuos, recreación, materias primas, recursos genéticos, polinización, ciclos de nutrientes, control biológico, refugio, cultura.
C. Mar abierto, estuarios, arrecifes de coral	Sólo regulación de gas y clima, muy poco tratamiento de residuos, mucho menos recreación que A y B, materias primas, recursos genéticos, polinización, ciclos de nutrientes, (menor) control biológico, (menor) refugio, materias primas, cultura.
D. Bosques, tierras de cultivo, pastizales y desiertos	Principalmente como productores de materias primas, muy poco recursos genéticos, polinización, ciclos de nutrientes, control biológico, (menor) refugio, cultura, recreación.
E. Tierra cultivable	Las tierras de cultivo sólo se utilizan para producir materias primas (principalmente alimentos).

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

2.7 Hipótesis de investigación

A partir de lo anterior, se enfatiza la importancia y pertinencia de integrar distintas metodologías

como la del costo de viaje, y la eco-exergía en un modelo de economía ecológica para el estudio y valorización de los servicios ecosistémicos. Estas metodologías integran no sólo el análisis económico –procedente de la visión de economía ambiental neoclásica-, sino también el ecológico y el social.

Por lo tanto, las hipótesis que conforman el presente trabajo de investigación consisten en lo siguiente:

- El modelo de economía ecológica que se propone en la presente investigación arrojará mayor valor monetario que cualquier instrumento de valoración con enfoque de economía ambiental que se utilice por sí solo –costo de viaje-, por el hecho de que la capacidad de trabajo (eco-exergía) incluye todos los servicios posibles que el ecosistema ofrece.
- Existen diferencias en el valor de los servicios ecosistémicos por unidad de área referente a la zona costera, en comparación con la zona pelágica de la RBISPM.

III. METODOLOGÍA

Se creó un modelo que incorporó la dinámica del ecosistema y se utilizaron metodologías de valoración de los servicios ecosistémicos por medio del cálculo de la capacidad de trabajo de los ecosistemas o eco-exergía (Jorgensen, 2010), y se estimó el costo de viaje.

3.1 Fases de la metodología

El trabajo se basó en investigación documental, trabajo de campo y análisis de datos. En una primera etapa se realizó una investigación documental en donde se recopiló información secundaria de la RBISPM: descriptiva, normativa, histórica, biológica-ecológica y de manejo. Se revisaron artículos académicos, tesis y documentos de trabajo procedentes de oficinas gubernamentales y asociaciones civiles relacionadas al área de estudio. Paralelamente, se realizó la revisión bibliográfica que permitió perfilar el sustento teórico que dicha investigación requiere.

Como segunda etapa, se realizaron consultas a profesionales con reconocida trayectoria de trabajo en el área. Entre las instituciones con las que se trabajó se encuentra la dirección de la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir, la cual pertenece a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, así como la asociación civil llamada Comunidad y Biodiversidad (COBI, A.C.), el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C) unidad Guaymas, Sonora y la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). De todas ellas se obtuvo información biológica, pesquera, estadística y económica para integrar información de contexto y de línea base que sirvió para llevar a cabo el análisis biofísico de valoración.

Se encuestó a turistas y pescadores deportivos de Bahía de Kino y San Carlos, Sonora y se les preguntó -entre otras cosas- acerca del número de viajes que ellos hacen al lugar así como el costo del viaje hacia la isla. La manera de captar la información necesaria para la realización de este modelo, pudo obtenerse directamente, no sólo por los pescadores deportivos que pertenecen al Club Deportivo de Bahía de Kino, sino también por la información proporcionada por los prestadores de servicios turísticos y turistas localizados en los puertos de Bahía de Kino y San Carlos, en donde se obtuvo información sobre la cantidad aproximada de viajes anuales a la RBISPM, número de visitantes por embarcación, los costos de transporte y tiempo dedicado en el viaje. La información obtenida se utilizó para obtener el costo de viaje hacia la RBISPM, el

cual representa la valoración de los servicios ecosistémicos desde el enfoque según las preferencias.

3.2 Variables y modelo

3.2.1 Costo de Viaje

Para valorar los vínculos entre los servicios ecosistémicos y las actividades de recreación (buceo, snorkel (buceo libre), observación de especies) y de pesca deportiva en la RBISPM, se estimó el costo de viaje hacia la isla. Así se obtuvo el valor económico de los servicios ecosistémicos derivados del valor de uso directo (consuntivo y no consuntivo) e indirecto.

El costo de viaje se utiliza para valorar áreas naturales en donde los individuos acuden para realizar actividades de recreación y esparcimiento, y de esta manera conocer su función de producción en la utilidad familiar (Azqueta, 1994).

Se estimó la demanda de la RBISPM (por medio de la cantidad de horas que los encuestados permanecieron en el área), ante la diferencia en el costo de disfrutarla.

Se aplicaron 18 encuestas en Bahía de Kino y San Carlos, Sonora. Teniendo en cuenta que los pescadores deportivos es una comunidad pequeña y se desconoce la cantidad exacta de personas que visitan la RBISPM. El criterio para la aplicación de encuestas se basó en encuestar a todas las personas posibles que, a saber de la misma comunidad de pescadores deportivos, se tenía conocimiento que visitaban la RBISPM y se encontraban en ese momento en la localidad para poder ser encuestados.

El Club Deportivo de Bahía de Kino, en Bahía de Kino; y Marina San Carlos, en San Carlos, Sonora fueron los centros de operaciones donde se aplicaron las encuestas. El proceso de encuestar a los usuarios recreativos de la RBISPM así como a los prestadores de servicios turísticos se realizó del 15 al 19 de mayo de 2012.

La encuesta aplicada contenía 35 preguntas de elección múltiple y abiertas que se agrupaban en las categorías de perfil socio-económico, costo de viaje, preferencias y disponibilidad de pago.

La encuesta aplicada contenía información con las características del Cuadro 3.1.

Variables incluidas en la encuesta

Dimensión	Variables
Socioeconómica	Sexo
	Edad
	Lugar de residencia
	Nacionalidad
	Educación
	Ocupación
Viaje	Ingreso mensual
	Medio de transporte
	Características del bote, yate o panga
	Cuántas personas
	Tiempo de Viaje
Preferencias	Gastos (transporte, alojamiento, alimentación, prestador de servicios turísticos y otros)
	Actividades que realiza en el área
	Qué se pescó
	Volumen aproximado de captura
	Temporada en las que han asistido
	Tiempo en llegar a la RBISPM
	Tiempo de permanencia en la RBISPM
	Opción de sitios sustitutos
	Visitas en el último año
	Calidad apreciada del sitio
Zonas donde pescan donde realizan sus actividades	
Disponibilidad de pago	Se comen el pescado / lo regresan
	Disponibilidad de pago por conservar el status ambiental de la RBISPM
	Monto de pago
	Preferencias de pago

Fuente: Elaboración propia

El formato de la encuesta se puede encontrar en la sección de Anexos. En particular, interesaba obtener información que se pudiera utilizar para contextualizar las actividades de recreación en la isla pero también contar con información para el análisis de costo de viaje.

En este sentido, conocer el lugar de residencia, el nivel de estudios, tiempo pasado en la RBISPM, número de veces que lo visitaban al año, además de unas variables que recogiesen sus preferencias paisajistas y ambientales, eran de suma importancia tomar en cuenta. Estas últimas trataban de reflejar las razones por las que ellos visitan la isla, la forma en que califican las cualidades de la misma, así como las actividades concretas, la forma de utilizar el sitio y la intensidad de ello.

La sección correspondiente a la disponibilidad de pago incluye tres preguntas que, sin pretender hacer un análisis a profundidad de la propensión al pago por el uso de la RBISPM, trató de conocer la disponibilidad de los usuarios hacia ese tipo de prácticas, así como las razones por apoyar o no los instrumentos económicos que lleva a cabo la Comisión Nacional de

Áreas Naturales Protegidas o los futuros esfuerzos encaminados a ello.

Posteriormente a la captura de información por medio de la encuesta, se procedió a vaciar los datos obtenidos en el programa de tratamiento estadístico de datos “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS) en la versión 17.0.

El modelo que se utilizó para obtener la curva de demanda a partir de la técnica de costo de viaje se basa en la determinación de la demanda de los servicios provistos por la RBISPM para cada individuo en función de los costos para acceder al mismo y el costo de oportunidad del tiempo de acuerdo con las características socioeconómicas de los encuestados. El proceso consiste en conocer la demanda para cada encuestado y, más adelante, agregar la información para obtener la curva de demanda total. La especificación de la función de demanda es la siguiente:

$$V_{ij} = f(C_{ij}, H_{ij}, L_{ij}, P_{ij}, A_i, Q_i, e_{ij})$$

donde:

V_{ij} representa la cantidad de horas que el encuestado i permanece en el área bajo estudio j (RBISPM);

C_{ij} es el costo en el que incurre para llegar al sitio, el cual está influido por el costo del traslado al sitio + Costo de alimentación durante el traslado + Otros gastos realizados durante el traslado;

H_{ij} es el tiempo invertido en llegar al sitio;

P_{ij} es el volumen de captura promedio por viaje de pesca al sitio j ;

A_i representa la edad del encuestado i ;

J_i ocupación del encuestado i ;

Q_i el ingreso del encuestado i ;

e_{ij} constituye el término de error estocástico.

La siguiente etapa consistió en estimar la ecuación de la función de demanda a través del método de mínimos cuadrados ordinarios por medio de la regresión lineal múltiple al que se incorporan dos o más variables independientes.

Las variables independientes que se emplearon, se enumeran y se explican a

continuación:

CVIAJE: Variable que representa el costo total en dólares de la visita a la RBISPM.

Los valores que la integran son: gasto en gasolina + gasto en alimentación.

CO: Costo del tiempo de traslado y estancia empleado en la RBISPM: (tiempo de viaje * 0.3 * salario hora) + (número de horas de visita * 0.3 * salario hora).

VP: Es el volumen de captura promedio de pesca en el sitio.

Como se puede apreciar, hemos asumido que el costo total del tiempo invertido en el traslado y estancia a la RBISPM equivale al 30 por 100 de lo que gana el adulto entrevistado en su vida profesional en una hora (salario/hora).

Por otro lado, el salario hora también es una simplificación de la realidad. Como todos los encuestados son ciudadanos estadounidenses, se tomaron datos del U.S. Bureau of Labor Statistics (2010) correspondientes al promedio anual de los ingresos de los trabajadores pagados por hora. Así, si una persona contaba de 33 a 44 años de edad, le asignamos un salario de \$15.83 dls/hora; de 45 a 54 años \$16.89 dls/hora; de 55 a 64 años \$16.45 dls/hora; y, de 65 años y más \$11.92 dls/hora.

El modelo de regresión lineal general (MRLG), con K variables explicativas:

$$\left| \begin{array}{l} Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_K X_{Ki} + e_i \quad i=1,2,\dots,N \end{array} \right.$$

Siendo el modelo de regresión lineal múltiple:

$$\left| \begin{array}{l} V_i = \beta_0 + \beta_1 CVIAJE_i + \beta_2 CO_i + \beta_3 VP_i + u_i \quad i=1,2,\dots,N \end{array} \right.$$

donde:

V: es la variable dependiente que representa la cantidad de horas de visita a la RBISPM por cada entrevistado

β_0 : es el término de intersección

$\beta_1 \dots \beta_3$: son los coeficientes de regresión parcial

e_i : es el término de perturbación estocástica

i : es la i ésima observación

Las variables explicativas que se encuentran en la ecuación corresponden a las descritas anteriormente.

El análisis de regresión múltiple nos permite examinar el efecto marginal de una variable explicativa en particular, una vez hemos controlado por otras características recogidas en el resto de variables explicativas que mantenemos constantes (Lind *et al.*, 2006).

En la ecuación planteada el término de intersección β_0 nos da el efecto medio o promedio sobre la variable dependiente Y (en nuestro caso representada por V) de todas las variables excluidas del modelo, aunque su interpretación mecánica sea el valor promedio de Y cuando las variables explicativas sean iguales a cero (Gujarati, 2003).

Los coeficientes de regresión $\beta_1 \dots \beta_k$ se conocen como los coeficientes de regresión parcial o coeficientes parciales de pendiente. β_1 mide el cambio en el valor de la media de Y, E(Y) por unidad de cambio en X_1 , permaneciendo X_k constante. De igual manera, β_k mide el cambio en el valor medio de Y por unidad de cambio de X_k , cuando el valor de X_1 se mantiene constante (Gujarati, 2003).

Existen dos medidas de la efectividad de la ecuación de regresión (Lind *et al.*, 2004):

- *Error estándar de la regresión múltiple*: es una medida de dispersión ya que describe la variación respecto a la recta de regresión. La estimación se hace más precisa conforme el grado de dispersión alrededor del plano de regresión se hace más pequeño. Aunque es difícil determinar cuál es un valor grande y cuál es un valor pequeño del error estándar. Para medirlo se utiliza la fórmula:

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{n - m - 1}}$$

Y : Valores observados en la muestra

\hat{Y} : Valores estimados a partir a partir de la ecuación de regresión

n : Número de datos

m : Número de variables independientes

- *Coefficiente de determinación*: se representa como R^2 , es el porcentaje de la variación que es explicado por la regresión. Sirve para medir la adecuación del modelo hallado (bondad del ajuste de la recta de regresión al conjunto de observaciones), en el caso de tener una variable dependiente y varias independientes. Los valores pueden variar desde 0 a 1, cuanto más cercano a uno sea su valor, mayor es el grado de asociación lineal que existe entre la variable dependiente y las independientes o predictoras. Muestra la fracción de la variación en Y que se explica por medio del conjunto de variables independientes. Es la suma de cuadrados generada por la regresión (SSR), dividida entre la suma de cuadrados totales (SS total).

$$R^2 = \frac{SSR}{SS \text{ total}}$$

Para la verificación de la validez del modelo de regresión múltiple se utiliza la prueba global o *contraste de regresión F* que sirve en la regresión múltiple para comprobar si el modelo explica una parte significativa de la variabilidad de Y (Greene, 2003).

Esta prueba investiga si es posible que todas las variables independientes tengan coeficientes de regresión neta iguales a cero: $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$. La fórmula para calcular el valor del estadístico de prueba para la prueba global es:

$$F = \frac{SSR/k}{SSE/[n-(k+1)]}$$

Donde SSR es la suma de cuadrados explicados por la regresión, SSE es la suma de cuadrados del error, n es el número de observaciones y k es el número de variables independientes.

El *contraste t* es la prueba para variables individuales que determina cuáles variables independientes tienen coeficientes de regresión diferentes a cero. El valor de t contrasta si $\beta_i = 0$, (hipótesis nula, H_0) frente a la hipótesis alternativa ($\beta_i \neq 0$), es decir si el valor de este parámetro en la población es estadísticamente diferente de cero. De ser cierta la hipótesis nula, entonces la variable X_i no influiría sobre la variable respuesta Y (Greene, 2003).

Se puede probar cada uno de los coeficientes de regresión usando la distribución t . La fórmula es:

$$t = \frac{b_1 - 0}{s_{b_1}}$$

La b_1 se refiere a cualquiera de los coeficientes de regresión neta y s_{b1} se refiere a la desviación estándar de esa distribución del coeficiente de regresión. El cero que aparece en la ecuación se debe a que la hipótesis nula es $\beta_i = 0$.

Uno de los supuestos básicos del modelo de regresión lineal es el de independencia de los residuos. El estadístico de *Durbin-Watson* proporciona información sobre el grado de independencia existente entre ellos:

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

(e_i se refiere a los residuos: $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$). El estadístico DW (d) oscila entre 0 y 4, y toma el valor 2 cuando los residuos son independientes. Los valores menores que 2 indican autocorrelación positiva y los mayores que 2 autocorrelación negativa (Visauta, 2007). Para un tamaño de muestra dado y un número de variables explicativas dado, se encuentran los valores críticos d_L y d_U dado el nivel de significancia α en las tablas de Durbin-Watson. La regla de decisión indica que no se rechazará la hipótesis nula de no autocorrelación, positiva o negativa si $d_U < d < 4 - d_U$ (Gujarati, 2004).

Ahora bien, Kealy y Bishop (1986) indican que se puede encontrar el valor económico del lugar (VE_c) una vez conocidos los valores de la pendiente de la curva de demanda a través de la siguiente fórmula:

$$VE_c = V^2 / (2 * \alpha_i)$$

donde:

V : es el número de horas de visita a la RBISPM, que se obtiene del término de intersección.

α_i : es el coeficiente estandarizado estimado β de la variable explicativa *CVIAJE* y/o *CO*.

Estos valores estimados de VE_c pueden tener, sin embargo, un cierto sesgo que es posible

aproximar con la fórmula (Azqueta, 1994):

$$\text{SESGO} = 1/(\textit{t-ratio})^2$$

Donde el *t-ratio* no es más que el estadístico *t* asociado con el coeficiente de *CVIAJE* (Azqueta, 1994).

3.2.2 *Eco-exergía*

Para estimar el valor de los servicios ecosistémicos en el área marina de la RBISPM, se llevará a cabo el cálculo de la eco-exergía, que como se aborda en el capítulo II, estrictamente se define como la cantidad de trabajo que el sistema puede realizar cuando es puesto en equilibrio termodinámico con su entorno (Jorgensen, 2010).

El día 29 de Enero de 2012 se celebró una reunión en las oficinas de la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir en Guaymas, Son., con el objetivo de exponer los temas de tesis relacionados a la RBISPM de varios estudiantes de maestría, doctorado y posdoctorado. Como resultado de la reunión se realizaron acuerdos de colaboración e intercambio de bases de datos para contribuir al desarrollo del presente trabajo de investigación.

Se tuvo acceso a bases de datos sin correcciones proporcionadas por COBI, A.C; el Dr. Rafael Riosmena Rodríguez y el M. C. Alvin Noé Suárez Castillo del Programa de Investigación de Botánica Marina en la UABCS; y la Dra. Jaqueline García Hernández, como el Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.) en Guaymas, Son.

Las bases de datos proporcionadas, así como las variables que las integran se resumen en el Cuadro 3.2

Tipo de información proporcionada por cada institución

Institución	Nombre de la base de datos	Variables que integran a la base	Transformación de variables	Métodos y técnicas	Indicador	
COBI, A.C.	Monitoreo de peces e invertebrados en la RBISPM	Método de censo	Peso estimado de peces e invertebrados	Biomasa de peces e invertebrados g/m ²		
		Longitud				
		Alto				
		Ancho				
		Profundidad				
		Localización				
		Temperatura				
		Observador				
		Grupo de especies				
		Especie				
		Abundancia				
Talla						
UABCS	Monitoreo de Sargazo en la RBISPM	Sitio	Biomasa de Sargazo g/m ²		Eco-exergía estimada de la RBISPM	
		Área				
		No. De Polígono				
		No. De costal				
		Peso				
	Monitoreo de mantos de rodolitos en la RBISPM	Cobertura	Concentración de carbonato cálcico g/m ²	Biomasa de rodolitos		
		Densidad				
CIAD, A.C.	Monitoreo de especies en zona pelágica de la RBISPM	Especie	Peso estimado de especies pelágicas	Biomasa de especies zona pelágica		
		No. De Individuos				
		Latitud				
		Longitud				
		Sexo				
		Monitoreo de calidad de agua en la RBISPM	Sito	g/m ² de fitoplácton	Biomasa de fitoplácton	
			Latitud			
			Longitud			
			Transecto			
Sup/Fondo						
Clorofila A mg/m ³						

Fuente: Elaboración propia

Cada base de datos integra información de monitoreos de especies y cualidades de distintos ecosistemas marinos de la isla, como son los pertenecientes al arrecife rocoso, camas de sargazo, bajos profundos, cama de rodolitos y zona pelágica.

Los monitoreos submarinos llevados a cabo por COBI, A.C. son conducidos por el Grupo de Monitoreo Submarino de Bahía de Kino, el cual está integrado por ocho pescadores ribereños de la localidad que fueron capacitados en técnicas de buceo SCUBA (buceo autónomo con tanque), primeros auxilios y técnicas de censos submarinos utilizando técnicas de monitoreo del programa “Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans (PISCO)” (www.piscoweb.org) que fueron adaptadas de la metodología aplicada por el proyecto interdisciplinario “Pesca Artesanal del Norte del Golfo de California: Ambiente y Sociedad

(PANGAS)” (pangas.arizona.edu).

Todas las bases de datos fueron utilizadas para el tratamiento de su información y la obtención de montos de biomasa por especie, excepto la base de monitoreo de invertebrados y la información de la especie de rodolitos. En el caso de los invertebrados no se pudo obtener la biomasa de cada especie registrada porque no existen datos de peso seco o peso húmedo de las especies que forman parte del monitoreo, ya que no existe información disponible con esas características para la región de la Isla San Pedro Mártir. En el caso de los rodolitos, se ha realizado monitoreo en el que se obtuvieron datos de altitud, amplitud, longitud y número de ramas por cm^2 por rodolito, pero no se cuenta con información de concentración de carbonato cálcico en g/cm^2 para poder ser utilizado en la estimación de biomasa de éste ecosistema.

Con la información obtenida de cada base de datos se estimó primeramente el peso promedio de cada especie observada, por medio del tipo y talla de cada especie. De acuerdo a cada talla de determinada especie de la región del Golfo de California, se estimó el peso de la misma, por medio de los pesos registrados por www.fishbase.org.

Esta obtención de pesos promedios se pudo obtener para las bases de datos de peces, así como para algunas de las especies de zona pelágica. La lista de especies que han sido registradas por medio de los monitoreos llevados a cabo por COBI A.C. y el Dr. Juan Pablo Gallo del CIAD, A.C. son las que se presentan en los cuadros 3.3 y 3.4.

Cuadro 3.3
Especies de peces registrados en monitoreos de la RBISPM

Especies de peces		Especies de peces
<i>Abudefduf troscheli</i>		<i>Johnrandalia nigrirostris</i>
<i>Alphestes immaculatus</i>		<i>Kyphosus analogus</i>
<i>Anisotremus interruptus</i>		<i>Kyphosus spp</i>
<i>Apogon retrosella</i>		<i>Lutjanus argentiventris</i>
<i>Balistes polylepis</i>		<i>Microspathodon dorsalis</i>
<i>Bodianus diplotaenia</i>		<i>Muraena lentiginosa</i>
<i>Calamus brachysomus</i>		<i>Mycteroperca jordani</i>
<i>Canthigaster punctatissima</i>		<i>Mycteroperca rosacea</i>
<i>Cephalopholis panamensis</i>		<i>Mycteroperca prionura</i>
<i>Chaetodon humeralis</i>		<i>Narcine entemedor</i>
<i>Chromis atrilobata</i>		<i>Nicholsina denticulata</i>
<i>Chromis limbaughi</i>		<i>Ophioblennius steindachneri</i>
<i>Cirrhitus rivulatus</i>		<i>Paralabrax auroguttatus</i>
<i>Diodon holocanthus</i>		<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>
<i>Diodon hystrix</i>		<i>Paranthias colonus</i>
<i>Diplobatis ommata</i>		<i>Pareques fuscovittatus</i>
<i>Epinephelus analogus</i>		<i>Pomacanthus zonipectus</i>
<i>Epinephelus labriformis</i>		<i>Prionurus punctatus</i>
<i>Girella simplicidens</i>		<i>Rhinobatos productus</i>
<i>Gymnothorax castaneus</i>		<i>Scarus compressus</i>
<i>Gymnothorax dovi</i>		<i>Scarus ghoban</i>
<i>Haemulon maculicauda</i>		<i>Scorpaena mystes</i>
<i>Haemulon sexfasciatum</i>		<i>Scorpaena plumeri</i>
<i>Halichoeres chierchiae</i>		<i>Seriola lalandi</i>
<i>Halichoeres dispilus</i>		<i>Serranus psittacinus</i>
<i>Halichoeres nicholsi</i>		<i>Siderastrea radians</i>
<i>Halichoeres notospilus</i>		<i>Squatina californica</i>
<i>Halichoeres semicinctus</i>		<i>Stegastes acapulcoensis</i>
<i>Halichores maculipinna</i>		<i>Stegastes flavilatus</i>
<i>Hermosilla azurea</i>		<i>Stegastes rectifraenum</i>
<i>Heterodontus francisci</i>		<i>Thalassinoidea spp</i>
<i>Holacanthus clarionensis</i>		<i>Thalassoma grammaticum</i>
<i>Holacanthus clarionensis</i>		<i>Thalassoma lucasanum</i>
<i>Hoplopargus guentherii</i>		<i>Urobatis concentricus</i>
		<i>Urobatis spp</i>

Fuente: Elaboración propia a partir del Monitoreo de peces e invertebrados en la RBISPM de COBI, A.C.

Cuadro 3.4
Especies de zona pelágica registrados en monitoreos de la RBISPM

Especies de zona pelágica
<i>Arctocephalus townsendi</i>
<i>Balaenoptera edeni</i>
<i>Balaenoptera physalus</i>
<i>Carcharhinus limbatus</i>
<i>Carcharodon carcharias</i>
<i>Chelonia mydas</i>
<i>Delphinus capensis</i>
<i>Istiophorus platypterus</i>
<i>Lepidochelys olivacea</i>
<i>Megaptera novaeangliae</i>
<i>Physeter macrocephalus</i>
<i>Sphyrna lewini</i>
<i>Tetrapturus audax</i>
<i>Tursiops truncatus</i>
<i>Zalophus californianus</i>

Fuente: Elaboración propia a partir del Monitoreo de especies en zona pelágica de la RBISPM, J.P. Gallo.

Ya contando con el peso promedio de las especies que conforman los monitoreos, se procedió a estimar la biomasa de cada una de las bases de datos para que de esta manera se reflejara la biomasa contenida en los distintos niveles tróficos en estado estacionario de los ecosistemas marinos de la RBISPM. La fórmula de la biomasa es la siguiente:

Biomasa=

(no. de organismos de la especie i * peso promedio de especie i) / área muestreada

Lo que da como resultado unidades de g/m²

En el caso de las bases correspondientes al monitoreo de sargazo y de clorofila a como indicador de fitoplancton, los datos ya se presentaban con indicadores de masa promedio por sitio de muestreo, y por lo tanto, se procedió a convertir dichos datos a g/m².

También se incluyó en el análisis la biomasa que representa la sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) y el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el área pelágica de la RBISPM. Esto se logró gracias a información del Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, Son. (INAPESCA, 2012) referente a captura total en toneladas de las especies mencionadas, así

como promedios históricos de porcentaje total de viajes por área de pesca para zonas como Guaymas o Bahía de Kino. Con la información obtenida se logró estimar una aproximación de biomasa (g/m^2) de estas especies para la RBISPM a través de la división de la biomasa total en toneladas capturadas en el año 2009 para sardina monterrey y calamar gigante entre el área marina que comprende el área de pesca de Bahía de Kino, que es aproximadamente $3,500 \text{ km}^2$ y el área de pesca que comprende Guaymas ($12,500 \text{ km}^2$). Ya obtenida la división de toneladas de sardina monterrey entre el área de pesca de Bahía de Kino, y de la división de calamar gigante entre el área de pesca de Guaymas, Sonora, se procedió a obtener la biomasa en g/m^2 de cada especie para el área marina de la RBISPM, la cual contiene $29,879.26 \text{ ha.}$ o $298,792,600 \text{ m}^2$.

El análisis de las cadenas tróficas es un elemento preciso para examinar el sistema en su conjunto. Para ello se hizo un análisis general estacionario de la cadena trófica, donde se indica la biomasa contenida en varios de los niveles que conforman a los distintos ecosistemas marinos de la Reserva. Lo anterior contribuye a mostrar “la ruta lineal que siguen la materia y la energía alimenticia dentro de un ecosistema a través del paso de un individuo a otro que se alimenta del primero” (Carabias *et al.*, 2009: 235). De esta manera, es más fácil entender e incorporar la dinámica del ecosistema que estemos estudiando.

Ya contando con los niveles de biomasa de varios niveles tróficos de los distintos ecosistemas marinos de la isla, se procedió a estimar el indicador de eco-exergía, el cual se da a partir de la biomasa y la información de los organismos a través de:

$$Ex = \sum_{i=n}^{i=n} \beta_i \times c_i$$

donde:

c : es la concentración de la biomasa de determinado componente i de la cadena trófica;

β : es un factor de ponderación que da cuenta de la información incorporada en el ADN de los organismos vivos que conforman el componente i de la cadena trófica (Jorgensen, 2006).

Los valores β reflejan el contenido de exergía relativa a detritus, los cuales son fragmentos de material orgánico generalmente proveniente de la descomposición animal o vegetal (Valiela,

1984). Los valores β han sido encontrados para varias especies y su determinación se basó en el cálculo del tamaño sus genomas (codificación de genes) y métodos indirectos; cabe mencionar que genoma significa “la totalidad del ADN contenido en una célula, que incluye tanto los cromosomas dentro del núcleo, como el ADN de las mitocondrias” (Instituto Nacional de Medicina Genómica, 2012). Los valores β son resultado del método de estimación de exergía para los organismos, propuesto por Jorgensen *et al.* (2005). Ver Cuadro 3.5

Cuadro 3.5
Valores β = Contenido de exergía en relación a la exergía de detritus

Primeros organismos	Plantas	Animales	Valores β
Detritus			1.00
Viroides			1.0004
Virus			1.01
Célula mínima			5.0
Bacteria			8.5
Arquea			13.8
Protistas	(Alga)		20
Levadura			17.8
		Mesozoos	33
		Placozoos	33
		Amiba	39
		Protozoos	39
		Phasmida (insectos palo)	43
	Hongos, mohos		61
		Nemertinos	76
		Cnidarios (corales, anémonas de mar, medusas)	91
	Rodófitos		92
		Gastrotricha	97
		Prolifera, esponjas	98
		Braquiópodos	109
		Platelmintos (gusanos planos)	120
		Nematodos (gusanos redondos)	133
		Anélidos (sanguijuelas)	133
		Gnatostomúlidos	143
	Hierba de mostaza		143
		Quinorrincos	165
	Plantas vasculares sin semilla		158
		Rotíferos	163
		Entoproctos	164
		Insectos (escarabajos, moscas, abejas, avispas, chinches, hormigas)	167
	Musgo		174

Cuadro 3.5 (Continuación)
Valores β = Contenido de exergía en relación a la exergía de detritus

Primeros organismos	Plantas	Animales	Valores β
		Coleoideos (ascidias)	191
		Lepidópteros (mariposas)	221
		Crustáceos	232
		Cordados	246
	Arroz		275
	Gimnospermas (incluyendo pino)		314
		Moluscos, bivalvos, gastrópodos	310
		Mosquito	320
	Plantas con flores		393
		Peces	499
		Anfibios	688
		Reptiles	833
		Aves	980
		Mamíferos	2127
		Monos	2138
		Primates antropoides	2145
		Homo sapiens	2173

Fuente: Jorgensen *et al.* (2005)

A partir de lo anterior, se realizó la multiplicación de la biomasa de los determinados ecosistemas en la RBISPM, convirtiendo de g/m^2 a kJ/m^2 , por el incremento del contenido promedio de información como la medida de información de Kullbach o también llamado valor β (Jorgensen, 2010). De esta manera se obtuvo la eco-exergía o capacidad de trabajo en los ecosistemas.

La eco-exergía total se expresa como gramos equivalentes de detritus por m^2 y puede ser convertida a kJ/m^2 (kilojulios por metro cuadrado) multiplicando por 18.7 (correspondiente al contenido de energía media aproximada de 1 g de detritos) (Jorgensen, 2005 ecological indicators). Un julio, que se representa por J, es una unidad de trabajo del Sistema Internacional, que equivale al trabajo producido por una fuerza de un Newton cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza (International Bureau of Weights and Measures, 2006).

La información obtenida se procesó, trató y analizó para cada nivel de las cadenas tróficas correspondiente a cada ecosistema estudiado para obtener información de eco-exergía total para todos los ecosistemas marinos de la RBISPM. Posteriormente, se realizó el cálculo comparativo para los ecosistemas correspondientes a la zona costera y zona pelágica para conocer las diferencias en el valor de los servicios ecosistémicos por unidad de área referente a cada zona por medio de la estimación del índice de eco-exergía y el de eco-exergía específica (=eco-exergía / biomasa).

El valor económico se encontró al convertir cada MJ/m² (megajulios por metro cuadrado), equivalente a 1,000 kJ/ m², al año de capacidad de trabajo en 1 centavo de EURO o \$1.4 centavos de dólar o su equivalente en Pesos mexicanos (m.n); o lo que es igual, cada GJ/ha (gigajulios por hectárea) al año de eco-exergía en 10 EURO o \$14 dólares o su equivalente en Pesos mexicanos (m.n.) (Jorgensen, 2010). Un GJ equivale a 1,000 MJ y 1 hectárea son 10,000 m².

Los valores de los servicios ecosistémicos derivados de la estimación de ecoexergía en los ecosistemas marinos de la reserva nos representará el valor de los servicios ecosistémicos que componen la zona costera y mar abierto de la RBISPM, así como algunos otros elementos de otros ecosistemas marinos como los contenidos en los arrecifes de coral.

IV. RESULTADOS

De acuerdo con las aplicaciones metodológicas llevadas a cabo en el presente trabajo de investigación se presentan los resultados. En primer lugar se expone la curva de demanda de los servicios ecosistémicos asociados con la actividad recreacional de la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir (RBISPM) a través de una regresión lineal múltiple. Posteriormente se describe el valor de los servicios ecosistémicos de la RBISPM a través de la capacidad de trabajo o eco-exergía.

4.1 Costo de viaje: un acercamiento a los actores involucrados

Se aplicaron 18 encuestas a pescadores deportivos, de las cuales 12 se realizaron en Bahía de Kino y seis en San Carlos. El total de los encuestados son estadounidenses con residencia temporal (entre 3 y 9 meses al año) en Bahía de Kino o San Carlos. El 72.2 % son personas jubiladas.

En promedio, los pescadores deportivos de Bahía de Kino tardan una hora y media en desplazarse hacia la isla; en cambio, los de San Carlos pueden tardar de 5 a 10 horas, dependiendo del tipo de embarcación, motor y condiciones ambientales.

Los pescadores deportivos de ambos sitios informaron que además de la pesca deportiva realizan las siguientes actividades en la RBISPM: i) avistamiento de mamíferos, 77.78 %; ii) avistamiento de aves, 61.11 %; iii) buceo, 22.11 %; iv) snorkel (buceo libre), 11.11 %; y v) otras actividades, 11.11 %.

De las razones por las que se elige visitar la RBISPM, se menciona con el 52.5 % la abundancia de peces como el jurel (tanto en número como en tallas grandes) y la buena pesca que se realiza en la isla; la segunda razón que se señaló fue el del buen estado que la biodiversidad presenta en la RBISPM, en especial a la relacionada con los mamíferos marinos.

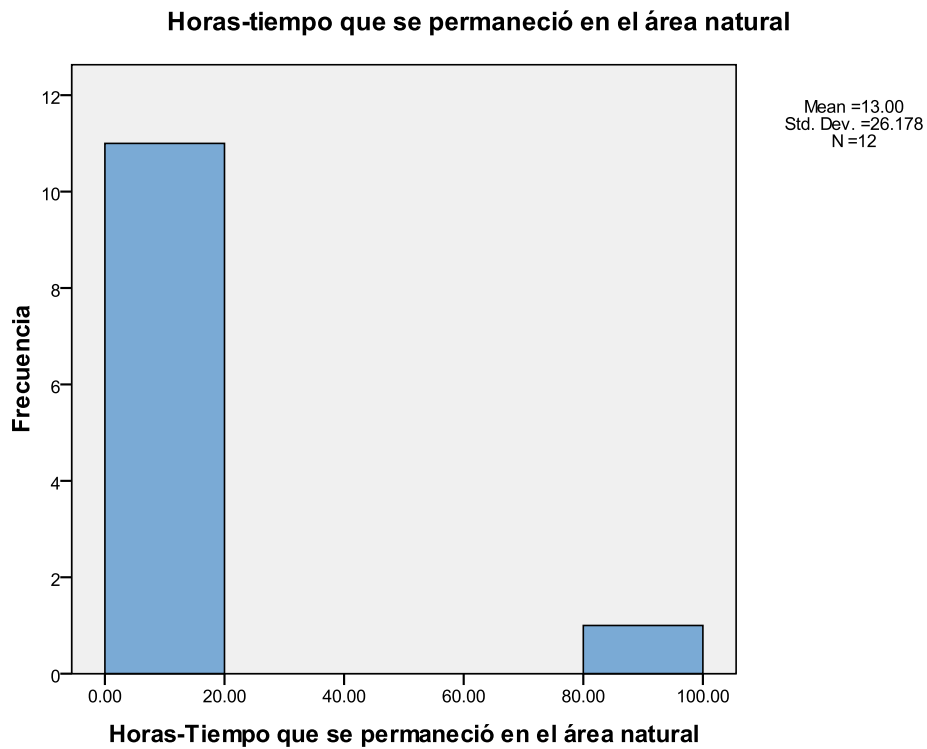
El 52.4 % de los encuestados no considera que exista un lugar que pudiera considerarse como sustituto de la RBISPM; el resto de los encuestados indicaron a la Isla San Esteban con 4 menciones, Isla San Pedro Nolasco con 2 e Isla Turner con sólo una mención.

Cuando se visita la RBISPM, se viaja generalmente en grupo o familia. Del total de los encuestados, se mencionó que en promedio el número de individuos por grupo consiste en 4.5 ± 2.3 personas, presentandose casos de grupos que consisten desde 2 hasta 12 personas.

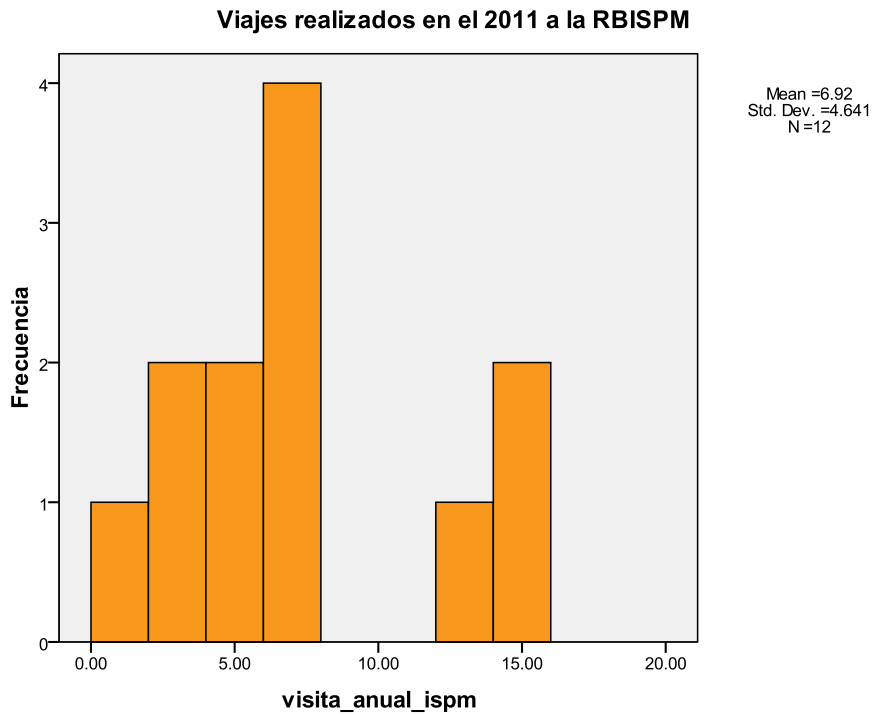
El 83.3 % de los pescadores deportivos encuestados cuenta con embarcación con motor dentro de borda. El tamaño de las embarcaciones con las que cuentan los encuestados oscila desde 7 hasta 23 metros, siendo el tamaño promedio las de 10 ± 4 metros.

Los pescadores deportivos de Bahía de Kino tardan aproximadamente una hora y media en desplazarse hacia la RBISPM y en promedio permanecen en el sitio de 2 a 7 horas, aunque se indicó un caso en el que se permaneció 96 horas. El promedio de número de visitas anuales a la isla en el año 2011 fue de 6.92, registrándose una visita como mínimo y un máximo de 15 al año (Gáficas 4.1 y 4.2).

Gráfica 4.1

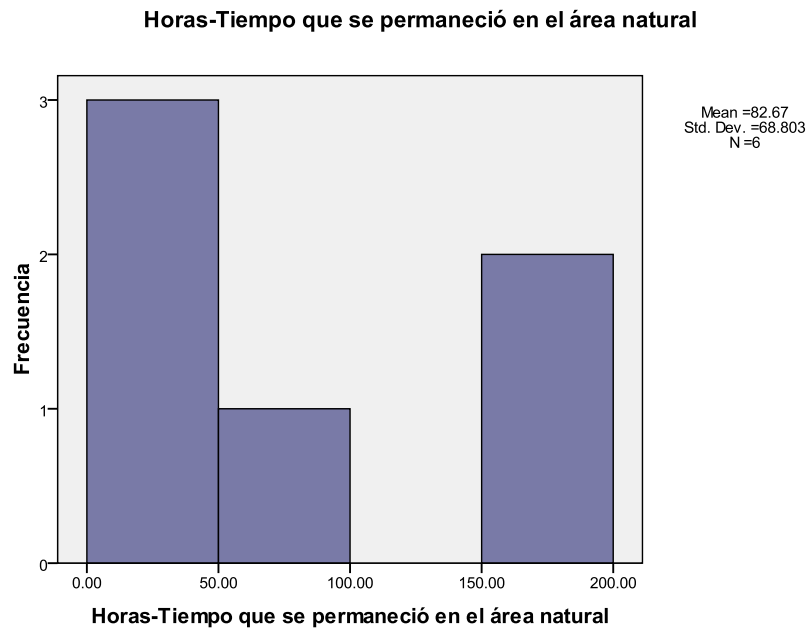


Gráfica 4.2

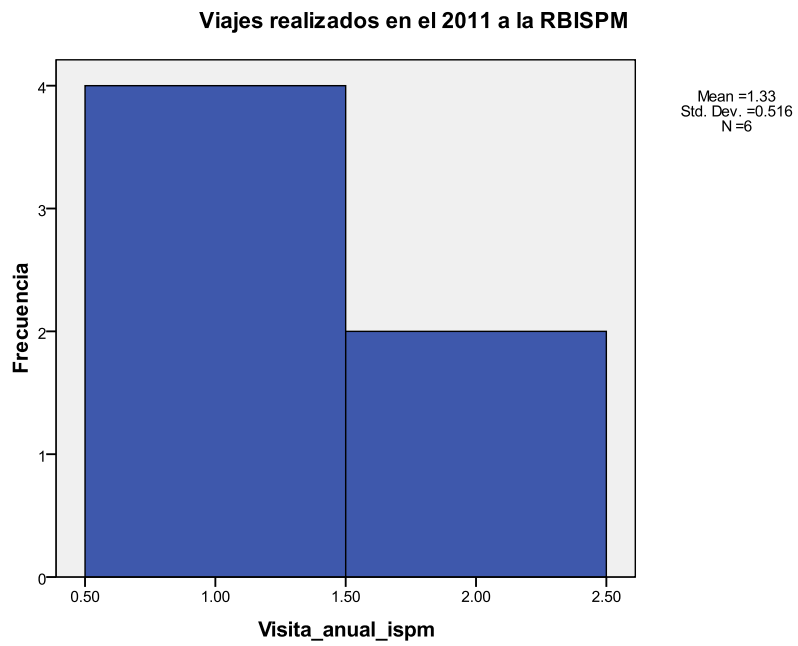


Los pescadores deportivos de San Carlos, Guaymas, Son. indicaron que permanecen en la RBISPM desde 4 horas (valor mínimo) hasta 168 horas (valor máximo), y sólo visitan la isla una o dos veces al año (Gráficas 4.3 y 4.4). Las razones por la que los pescadores deportivos de San Carlos van tan pocas veces a la Reserva en el año se debe a la larga distancia en la que se encuentra y el costo que implica realizar el viaje. Simultáneamente, se registra que permanecen en promedio 6 veces más en horas-tiempo en la RBISPM en comparación con los pescadores deportivos de Bahía de Kino.

Gráfica 4.3



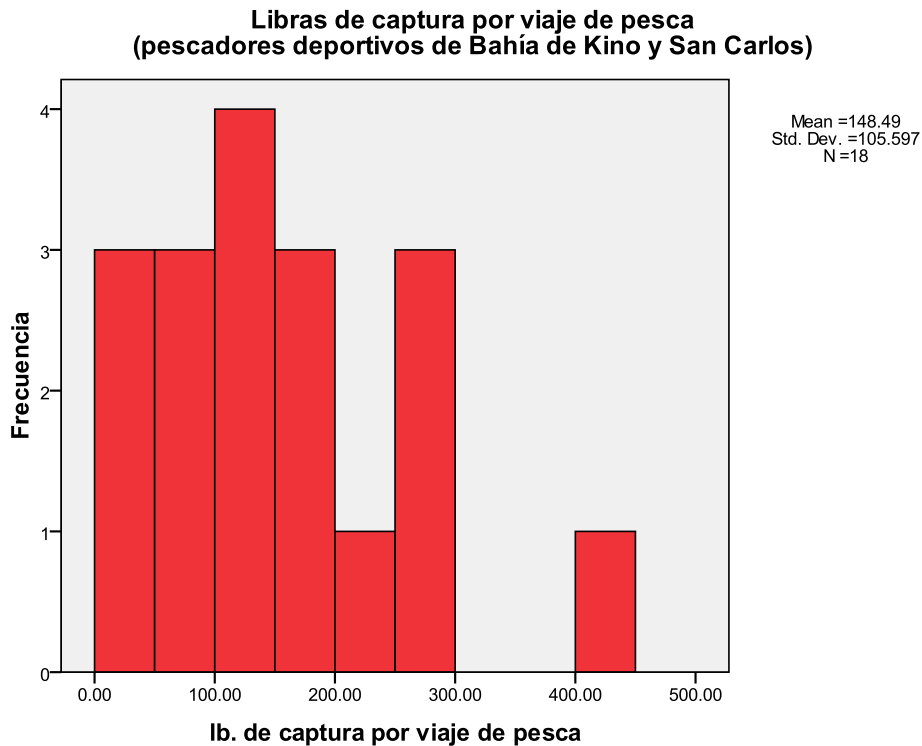
Gráfica 4.4



Entre las especies de peces que capturan usualmente los pescadores deportivos en la RBISPM se encuentran el jurel, las cabrillas, el dorado y la curvina, aunque también se registraron otros tipos de peces pero con mucha menor incidencia. El 83.33% de los encuestados mencionó que pescó jurel en la última visita que realizaron a la isla. Así mismo, el 55.5 % capturó cabrillas, el 27.7 % dorado, el 22.2 % curvina, y el 16.6 % pescó otro tipo de peces en la Reserva.

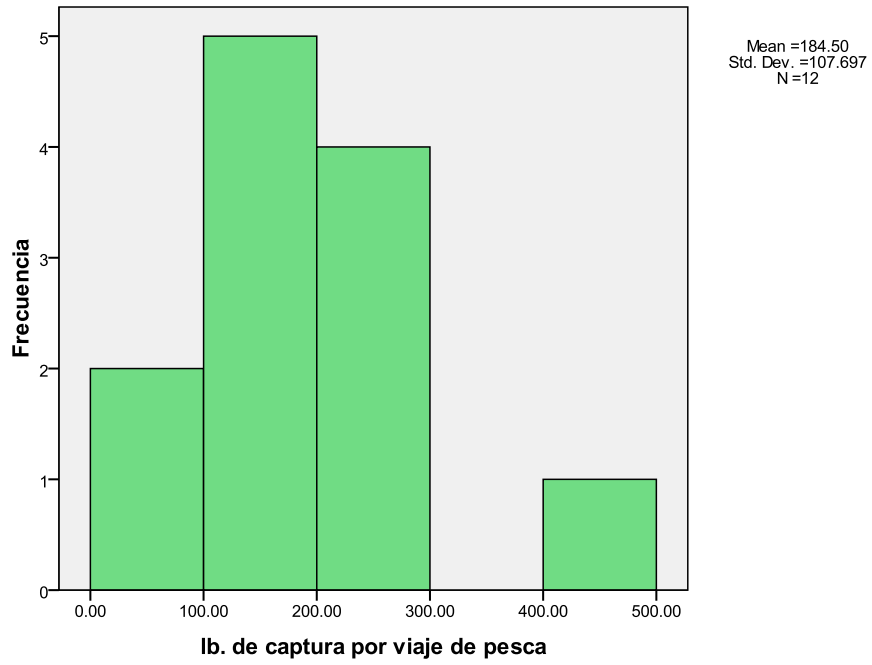
En cuanto a los montos aproximados en libras de pesca (1 libra = 0.45359237 kilogramos), se encontraron diferencias sustanciales entre los pescadores de Bahía de Kino y de San Carlos, ya que, aunque el promedio de pesca de todos los pescadores deportivos encuestados oscila en las 148.49 ± 105.597 libras de captura (Gráfica 4.5); para el caso de los pescadores deportivos de Bahía de Kino la media indica 184.50 ± 107.69 libras (Gráfica 4.6), mientras que los de San Carlos el promedio desciende a 76.47 ± 55.30 libras (Gráfica 4.7).

Gráfica 4.5



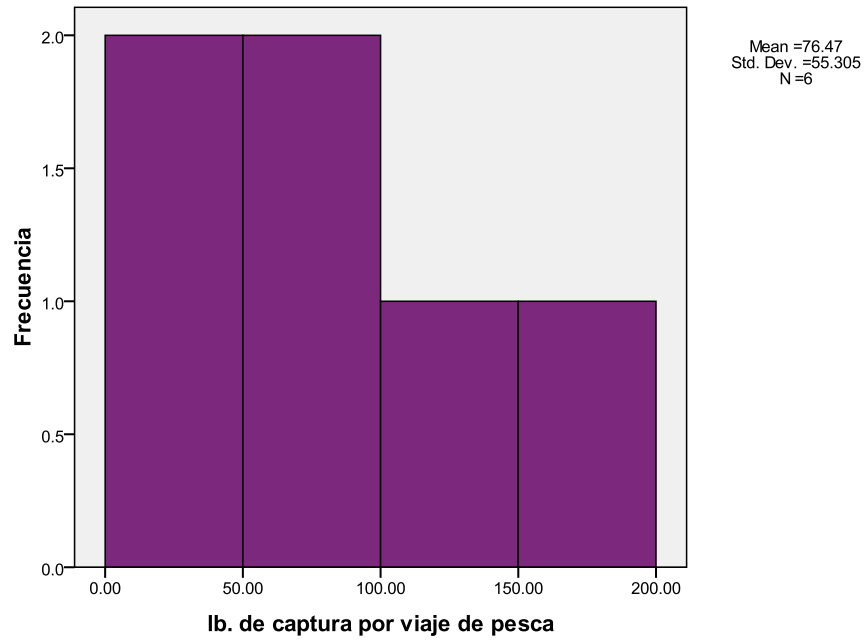
Gráfica 4.6

Libras de captura por viaje de pesca (pescadores deportivos Bahía de Kino)



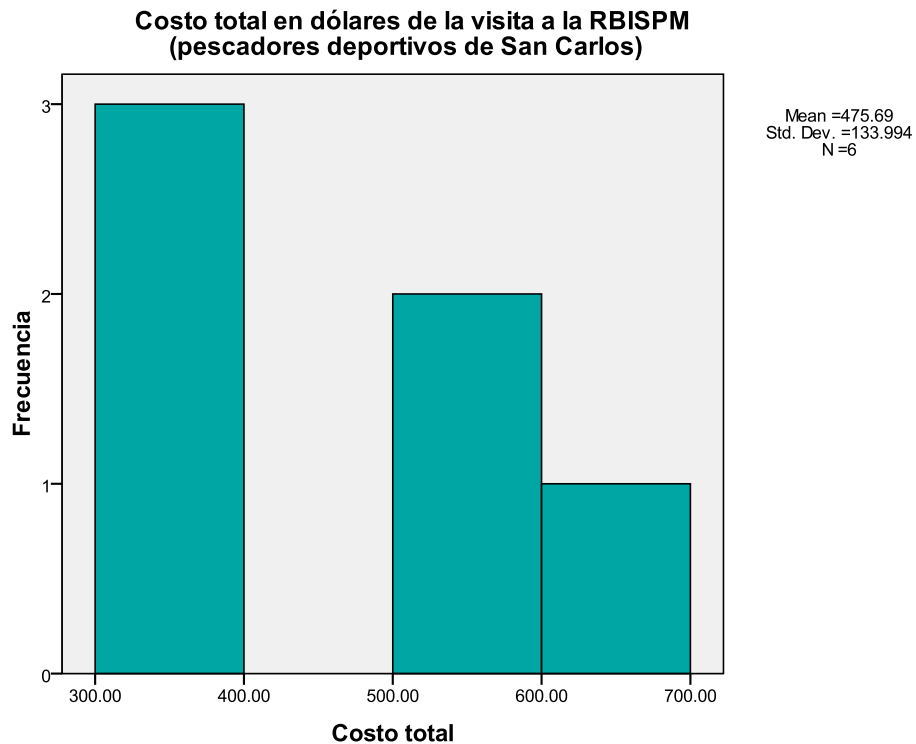
Gráfica 4.7

Libras de captura por viaje de pesca (pescadores deportivos San Carlos)

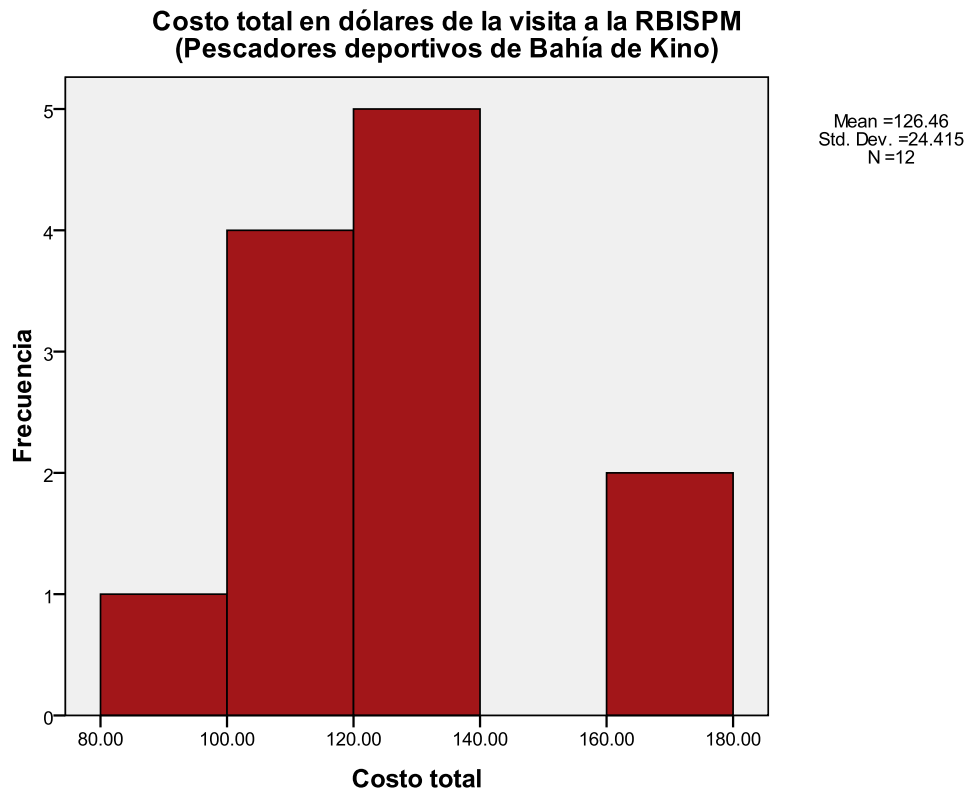


El costo total de la visita a la Reserva se ve afectado por el gasto en gasolina y el gasto en alimentación durante el viaje. El gasto en gasolina difiere entre los grupos de visita de acuerdo al tipo de embarcación con la que se cuenta y el puerto de partida desde donde se realiza el viaje. El gasto en alimentación variará de acuerdo al número de personas que formen parte de cada grupo o familia que conformen el viaje. Como podemos observar en las Gráficas 4.8 y 4.9, se encontraron diferencias importantes entre los pescadores deportivos encuestados de San Carlos y Bahía de Kino. Mientras que en San Carlos el costo total representa en promedio $\$475.69 \pm 133.99$ dólares, en Bahía de Kino es de $\$126.46 \pm 24.41$ dólares. En definitiva, la distancia hacia la isla y los gastos que implica son un determinante crucial en la decisión de visitar o no la Reserva.

Gráfica 4.8

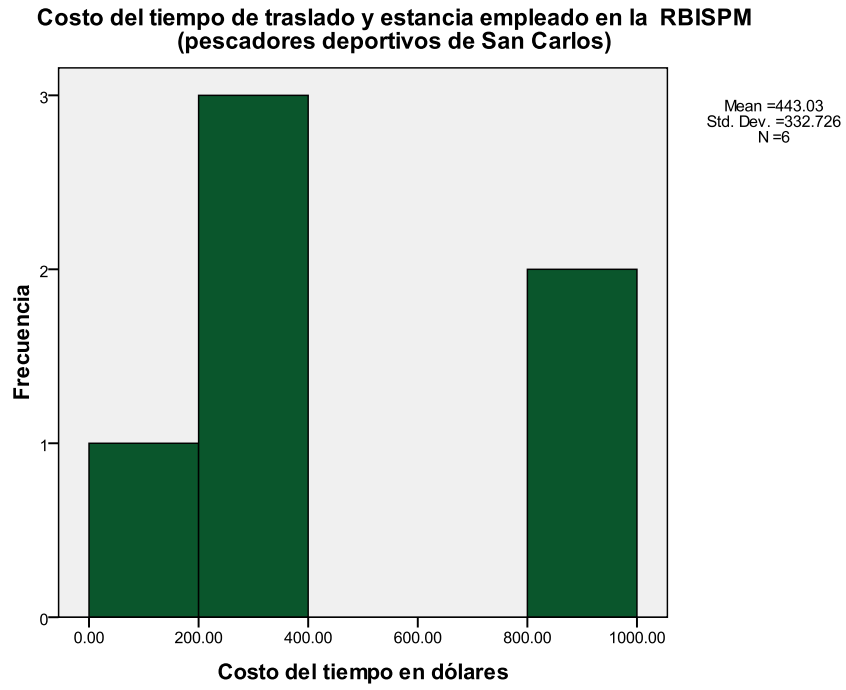


Gráfica 4.9

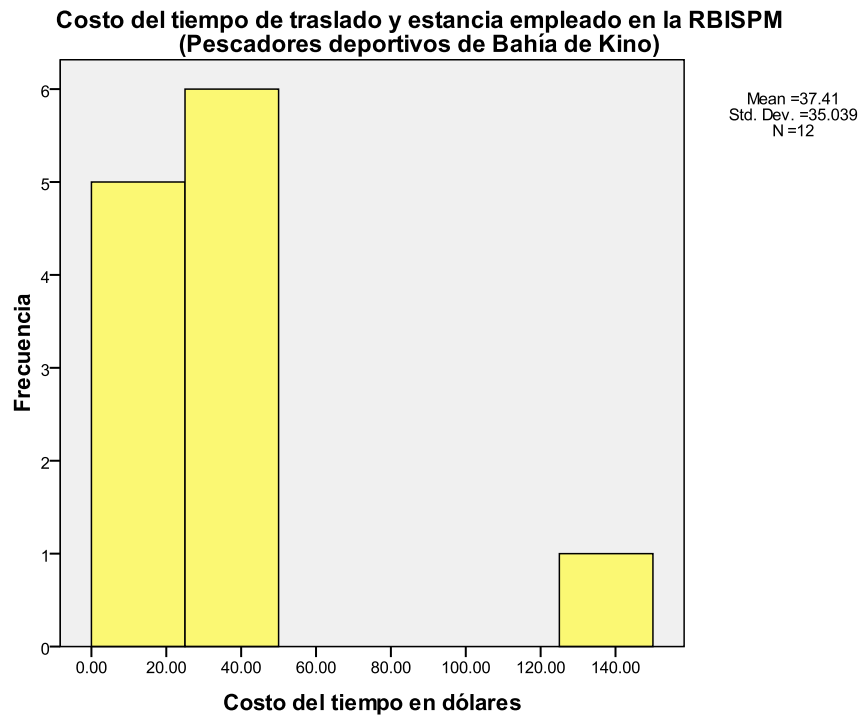


El costo del tiempo de traslado y estancia en la RBISPM se vio influenciado por la cantidad de tiempo que se tarda un pescador deportivo en viajar hacia la isla además del tiempo de permanencia en ella. Como vimos anteriormente, los pescadores deportivos de San Carlos tardan más horas en trasladarse a la RBISPM y en promedio permanecen más tiempo en la isla en contraste con los pescadores deportivos de Bahía de Kino que tienen acceso a la Reserva tan sólo en una hora y media y permanecen en promedio sólo algunas horas del día realizando sus actividades recreativas. Es así, que para los pescadores encuestados de San Carlos el costo del tiempo en visitar la isla se vio reflejado con una media de \$443.03 ± 332.72 dólares, mientras que para los de Bahía de Kino el promedio del costo del tiempo desciende a \$37.41 ± 35.03 dólares (véase Graficas 4.10 y 4.11).

Gráfica 4.10



Gráfica 4.11



En lo que respecta a la disposición a contribuir con un pago para la conservación de la RBISPM con un monto mayor a la cuota de \$27.00 pesos (m. n.) por persona y por día, que el programa de pago de derechos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) dispone por el uso, goce y aprovechamiento de la Reserva, se encuentra que 13 de los encuestados (72.2 %) está dispuesto a contribuir con un pago y los 5 restantes (27.8 %) no está dispuestos a pagar (ver Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1

Contribuir a pagar o no un monto mayor por conservar la RBISPM

	Frecuencia	%	% válido	% acumulado
Valid Sí	13	72.2	72.2	72.2
No	5	27.8	27.8	100.0
Total	18	100.0	100.0	

En los comentarios adicionales que acompañaban esta pregunta, los encuestados que no están dispuestos a contribuir con un pago mayor para la conservación de la RBISPM mencionaron que no realizarían el pago porque los pescadores ribereños ignoran las reglas y no respetan la zona núcleo (de no pesca), lo cual consideran injusto y requiere acciones directas por parte de la autoridad federal. Incluso algunos encuestados que sí están dispuestos a contribuir con un pago consideran que se necesitan tomar medidas para que las políticas de manejo en la RBISPM sean respetadas. También se señaló que los pagos se deben aplicar directamente en acciones y recursos que beneficien la conservación de la Reserva sin centralismo en el manejo de recursos.

En el Cuadro 4.2 se describe la cantidad que se está dispuesto a erogar por conservar a RBISPM con las características naturales que la definen. Cabe destacar que 53.9 % de los encuestados dispuestos a contribuir a la conservación de la isla pueden contribuir con un pago que varíe desde \$81 pesos o más. Resalta que el 30.8% de esta población está dispuesto a contribuir con \$201 – 300 pesos por día de visita.

La forma en que se preferiría realizar la contribución para la conservación de la RBISPM muestra que el 44.4 % quisiera que se pagara una cuota antes de partir a la isla, el 16.7 % mencionó que prefería pagarlo por medio de un donativo y el 11.1 % preferiría otro método de pago como por ejemplo las licencias de pesca (ver Cuadro 4.3).

Cuadro 4.2

Disposición a pagar en pesos mexicanos por vista a la RBISPM

		Frecuencia	%	% válido	% acumulado
Valid	\$28 - 40	3	16.7	23.1	23.1
	\$41 - 60	3	16.7	23.1	46.2
	\$81 - 100	2	11.1	15.4	61.5
	\$201 - 300	4	22.2	30.8	92.3
	\$301 o más	1	5.6	7.7	100.0
	Total	13	72.2	100.0	
Valores perdidos		5	27.8		
Total		18	100.0		

Cuadro 4.3

Forma de pago

		Frecuencia	%	% válido	% acumulado
Valid		5	27.8	27.8	27.8
	Cuota	8	44.4	44.4	72.2
	Donativo	3	16.7	16.7	88.9
	Otro	2	11.1	11.1	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

4.1.1 Costo de viaje: modelo empírico

Se estimó por mínimos cuadrados ordinarios la siguiente ecuación:

$$V = \beta_0 + \beta_1 CVIAJE + \beta_2 CO + \beta_3 VP + u$$

donde, V es el tiempo en horas que dura la visita de cada grupo o familia; $CVIAJE$ es el costo de viaje; CO es el costo del tiempo de traslado y estancia empleado en la RBISPM; VP es el volumen de captura promedio de pesca en el sitio; y u es el termino de error. Los resultados de la estimación aparecen en los Cuadros 4.4, 4.5 y 4.6.

Cuadro 4.4

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Valor-p
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	38.713	11.818		3.276	.006
CVIAJE	-.119	.045	-.387	-2.667	.019
CO	.251	.028	1.189	8.979	.000
VP	-.019	.008	-.198	-2.448	.029

a. Variable Dependiente: V

La ecuación de regresión múltiple es $Y' = 38.713 - 0.119 CVIAJE + 0.251 CO - 0.019 VP$. El valor de la intersección es 38.713. Este es el punto donde la ecuación de regresión cruza al eje Y .

Los coeficientes de regresión para el costo de viaje de transportación y estancia en la isla ($CVIAJE$), además del volumen de captura pesquera (VP), son negativos. En el caso de la variable $CVIAJE$, conforme aumentan las horas de estancia en la RBISPM, disminuye el costo de viaje porque básicamente los gastos en gasolina y estancia no aumentan en el caso de estar solo unas horas, todo un día o una semana en los alrededores de la isla. Así, se espera una relación inversa. Por lo tanto, por cada hora que aumenta la visita de cada grupo o familia en la RBISPM (V), se espera que el costo de viaje ($CVIAJE$) disminuya \$0.119 dólares por viaje, manteniendo constantes las otras dos variables.

La interpretación del coeficiente negativo de la variable VP debe hacerse con cautela ya que, en el cálculo de esta variable el comportamiento de los pescadores deportivos de Bahía de Kino, que en promedio pescan por viaje 184.5 ± 107.7 lb., son al mismo tiempo los que invierten

de dos a siete horas de visita a la isla, reflejando menor tiempo de estancia en la RBISPM a comparación de los pescadores deportivos de San Carlos que por mayor distancia y mayor costo en visitar la isla, duran más tiempo visitándola (82.7 ± 68.8 horas), pero sorprendentemente pescan en promedio 76.5 ± 55.3 lb. El comportamiento de los pescadores deportivos encuestados de San Carlos puede deberse a que contestaron con mucha reserva la pregunta relacionada a las libras de captura pesquera sin reflejar los montos reales de pesca, por el hecho de que estuvieron mucho más tiempo en la isla que cualquier otros pescador deportivo de Bahía de Kino, y por lo tanto no les dió confianza informar montos más elevados, aunque por supuesto, esta conjetura no la podemos comprobar en este momento. Es así que si el resto de las variables se mantienen constantes, por cada hora que aumenta la visita de cada grupo o familia en la RBISPM (V), se espera que disminuya en 0.19 lb la captura pesquera por viaje (VP).

El coeficiente positivo de la variable CO indica que entre mayor tiempo de visita a la RBISPM, mayor es el costo del tiempo reflejado en el costo de oportunidad salario-horas de traslado y visita en la isla. De esta forma, por cada hora que aumenta la visita de cada grupo o familia en la RBISPM (V), se espera que aumente en \$0.251 dólares el salario-hora (CO) como representación del costo del tiempo en traslado y estancia en la RBISPM, manteniendo constantes las otras dos variables.

Cuadro 4.5

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R ²	R ² ajustada	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	.976 ^a	.954	.943	13.82553	1.843

a. Predictores: (Constant), CVIAJE, CO, VP

b. Variable Dependiente: V

El Cuadro 4.5 nos muestra que el coeficiente de determinación múltiple R^2 indica que el 95.4 % de la cantidad de horas que los pescadores deportivos pasan en la RBISPM puede ser explicado por el costo de viaje de la visita a la isla, el costo del tiempo de traslado y estancia empleado en la RBISPM y por el volumen de captura promedio de pesca en el sitio.

Cuadro 4.6

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Valor-p
1	Regresión	51009.378	3	17003.126	88.954	.000 ^a
	Residual	2484.887	13	191.145		
	Total	53494.265	16			

a. Predictores: (Constante), CVIAJE, CO, VP

b. Variable Dependiente: V

Para verificar la validez del modelo de regresión múltiple, se utilizará el valor F en donde se probará si los coeficientes de regresión neta en la población son cero. Las hipótesis se muestran a continuación:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1: \text{No todas las } \beta = 0$$

Los grados de libertad para el numerador y para el denominador pueden encontrarse en la tabla de análisis de varianza (ANOVA) que se presenta en el Cuadro 4.6. El número superior en la columna marcada como “Grados de libertad” es 3, lo que indica que hay tres grados de libertad en el numerador. El número central en dicha columna (13) indica que hay 13 grados de libertad en el denominador. Tal cifra 13 se obtiene de $n - (k + 1) = 17 -$

$(3 + 1) = 13$. El 3 corresponde al número de variables independientes. Hay que resaltar que aunque se encuestaron a 18 pescadores deportivos, para la obtención de la regresión se eliminó a uno de los encuestadores por representar una observación muy extrema que ocasionaba sesgo en la obtención de los resultados.

El valor crítico de F se obtuvo de una tabla de valores críticos de la distribución F para un nivel de significancia 5 %, dando como valor crítico la cifra de 3.41.

La regla de decisión es: no rechazar la hipótesis nula de que todos los coeficientes de regresión son 0, si el valor calculado de F es menor o igual que 3.41. Como se puede apreciar en el Cuadro 4.3, el valor calculado de F es 88.954, valor mayor a 3.41, con lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 de que todos los coeficientes de regresión múltiples son cero. El valor p es < 0.001 según la tabla de ANOVA, lo que indica que se tiene una evidencia *extremadamente fuerte* de que H_0 no es verdadera. Desde un punto de vista práctico, esto significa que las variables

independientes (*CVIAJE*, *CO* y *VP*) tienen la capacidad de explicar la variación en la variable dependiente (*V*).

Hasta ahora se ha mostrado que algunos, pero no necesariamente todos los coeficientes de regresión, no son iguales a cero y, por lo tanto, son útiles para las predicciones. El siguiente paso consiste en probar individualmente las variables para determinar cuáles coeficientes de regresión pueden ser 0 y cuáles no.

Ahora se realizarán tres pruebas de hipótesis: para *CVIAJE*, *CO* y *VP*.

Para <i>CVIAJE</i>	Para <i>CO</i>	Para <i>VP</i>
$H_0: \beta_1 = 0$	$H_0: \beta_2 = 0$	$H_0: \beta_3 = 0$
$H_1: \beta_1 \neq 0$	$H_1: \beta_2 \neq 0$	$H_1: \beta_3 \neq 0$

Se probará la hipótesis al nivel de significancia α 0.05. La forma en que se ha establecido la hipótesis alternativa indica que la prueba es de dos colas. El estadístico de prueba es la distribución *t* de Student con $n - (k + 1)$ grados de libertad. Siendo n el número de observaciones muestrales y k el número de variables independientes. Por lo tanto hay 13 grados de libertad.

El valor crítico para *t* en una prueba de dos colas, con 13 grados de libertad y nivel de significancia de 0.05 es de 2.160. Por lo tanto, se rechaza H_0 si *t* es menor que -2.160 o mayor que 2.160.

La razón *t* calculada que se muestra en el Cuadro 4.4 es de -2.667 para la variable *CVIAJE*, de 8.979 para *CO*, y de -2.448 para *VP*. Todos los valores *t* se encuentran en la región de rechazo. Así que se concluye que los coeficientes de regresión para las variables *CVIAJE*, *CO* y *VP* no son cero.

El estadístico de *Durbin-Watson* prueba la independencia de los residuos, es decir, que valores observados en una variable para un individuo no deben verse influenciados por los valores de la variable en otros individuos, proporciona valores que pueden fluctuar entre 0 y 4. Un valor cercano a cero indicará autocorrelación positiva, en tanto que uno cercano a 4, autocorrelación negativa. El valor 2 indica ausencia de autocorrelación; que es lo esperado en un modelo de Regresión.

H_0 : No hay autocorrelación, positiva y negativa

La regla de decisión indica que no se rechazará la hipótesis nula de no autocorrelación, positiva y negativa si $d_U < d < 4 - d_U$. A partir de las tablas de Durbin-Watson, se encuentra que para 17 observaciones y tres variables explicativas, $d_L = .897$ y $d_U = 1.710$ al nivel de significancia α 0.05. Puesto que el valor estimado de d , que se observa en el Cuadro 4.5, es 1.843 está por arriba de 1.710 (d_U) y a su vez está por debajo de 2.29 ($4 - d_U$), se determina que no se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación, positiva y negativa.

4.1.2 El cálculo del valor económico

Una vez conocidos los valores de la pendiente de la curva de demanda, el cálculo del valor económico de la RBISPM se obtiene sustituyendo la fórmula expuesta por Kealy y Bishop (1986) que se expuso en la metodología.

A partir de la información anterior, se pudieron ofrecer dos rangos de evaluación económica de los servicios ecosistémicos asociados con la actividad recreacional de la RBISPM. Así con el coeficiente *CVIAJE* la valoración media, por familia o grupo de visita en la reserva fue de \$1,936.2 dólares o su equivalente en Pesos mexicanos (m.n), con un sesgo estimado de ± 14.05 por 100. Si debe asumimos que el tiempo de ocio en la RBISPM debe computarse como un costo, debemos sumar el resultado de la evaluación económica derivada del coeficiente *CO*, el cual resulta en \$630.23 dólares o su equivalente en Pesos mexicanos (m.n), con un sesgo estimado de ± 1.24 por 100. En total se cuenta con una cifra próxima a \$2,566.43 dólares o su equivalente en Pesos mexicanos (m.n).

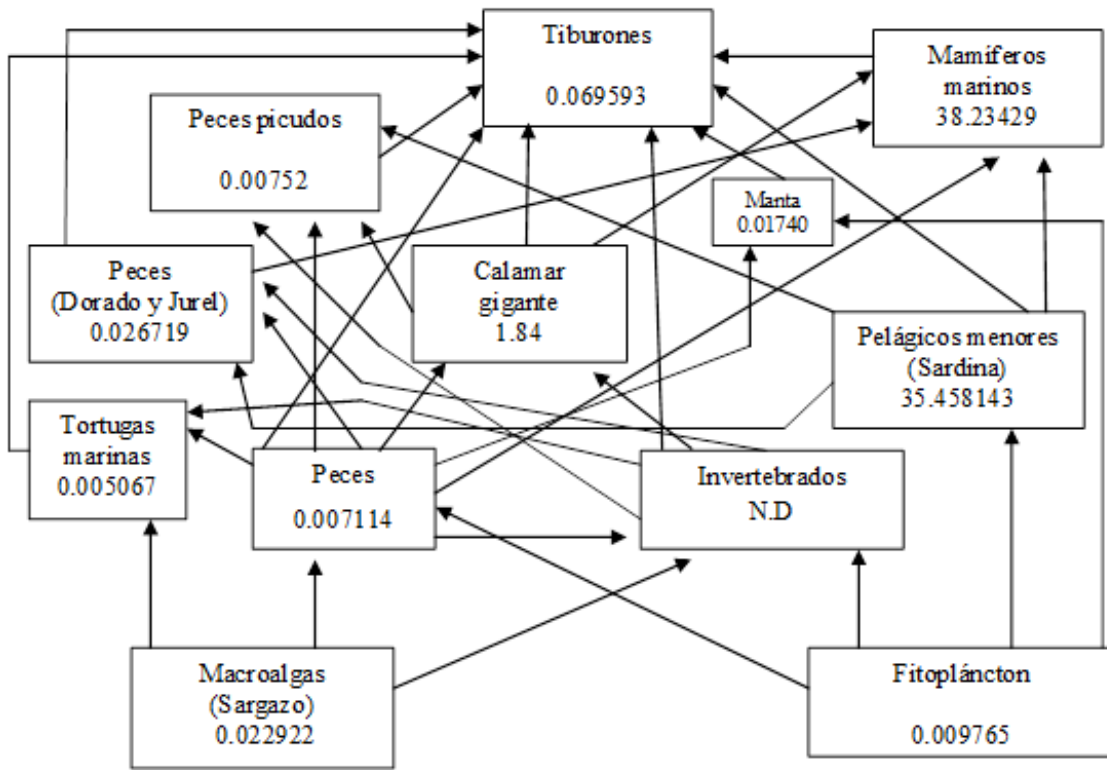
4.2 Cálculo de la eco-exergía de los ecosistemas en la RBISPM

Para el cálculo de la capacidad de trabajo o eco-exergía en la RBISPM primeramente se requiere estimar la información de biomasa contenida en los ecosistemas acuáticos de la isla y representarla a través de la cadena trófica en estado estacionario para sus diferentes niveles tróficos. El modelo en estado estacionario que se muestra en la Figura 4.1 es producto de los cálculos y procedimientos descritos anteriormente en el apartado de Metodología.

Figura 4.1

Representación básica de la cadena trófica en estado estacionario en el área marina

de la RBISPM. Todas las biomazas están en g/m^2 .



Fuente: Elaboración propia

Por medio de la aplicación de los valores β (ver cuadro 3.5) y la biomasa en g/m^2 de la Figura 4.5, se obtiene la exergía total expresada como gramos de detritus equivalentes por m^2 : $20(0.009765 + 0.022922) + 833(0.005067) + 310(1.84) + 499(0.007114 + 35.458143 + 0.017403 + 0.026719 + 0.00752 + 0.069593) + 2127(38.23429) = 99,657.26889 \text{ g "detritus"}/\text{m}^2$ ó $99,657.26889 \times 18.7 = 1,863,590.928 \text{ kJ}/\text{m}^2$ (eco-exergía).

Si de cada especie representada en la cadena trófica se obtiene su índice de eco-exergía y se clasifica de acuerdo a si pertenece a una especie que representa ecosistemas de zona costera o zona pelágica, tenemos que la suma de eco-exergía por especies de la zona costera es de: $149.77 \text{ kJ}/\text{m}^2$, mientras que de la zona pelágica: $1,863,441.05 \text{ kJ}/\text{m}^2$. Estos valores de eco-exergía se obtuvieron en relación al área total marina de la RBISPM.

Cuadro 4.7
Eco-exergía total derivada de los ecosistemas acuáticos de la RBISPM

Eco-exergía (kJ/m ²)	1,863,590.82
Eco-exergía (MJ/m ²)	1,863.59
Eco-exergía (GJ/ha)	18,635.91

En el Cuadro 4.7 se muestran las diferentes conversiones de eco-exergía en kJ o MJ por m², así como en GJ/ha. Si el contenido de información de los valores β no se hubieran incluido, el contenido de exergía de la biomasa hubiera sido sólo $75.69853457 \times 18.7 = 1,415.562596$ kJ ó cerca de 1316.5 veces menos que la exergía basada en la inclusión del contenido de información que los organismos vivos contienen.

4.2.1 Valor total de los servicios ecosistémicos en la RBISPM

Podemos afirmar que con la información con la que contamos hasta ahora, el valor total de los servicios ecosistémicos en la RBISPM es de \$260,902.71 dólares por hectárea (o su equivalente en Pesos mexicanos, m.n.). Si tomamos en cuenta el total del área marina de la RBISPM correspondiente a 29,879.26 ha., el valor de los servicios ecosistémicos asciende a \$7,795,580,037.07 dólares.

Los valores derivados de la capacidad de trabajo en los ecosistemas conllevan altos valores monetarios porque incluyen todos los servicios posibles que los ecosistemas acuáticos de la RBISPM pueden ofrecer, y no sólo los servicios que actualmente se están utilizando.

4.2.2 Índice de eco-exergía específica

El índice de eco-exergía también se puede utilizar para comparar dos o más ecosistemas. Para integrar en éste análisis el estado de desarrollo y organización de los ecosistemas que integran la zona costera en comparación con los de la zona pelágica de la RBISPM se calculó el índice de eco-exergía específica (ver Cuadros 4.8 y 4.9).

Cuadro 4.8

Eco-exergía e índice específico de eco-exergía en relación al área costera de la RBISPM

Especies (Zona costera)	Biomasa g/m ²	kJ/m ²	valor β	Eco-exergía por especie (kJ/m ²)
Tortuga prieta	162.03704	3030.0926	833	2,524,067.13
Sargazo	1444.9367	27020.316	20	540,406.33
Peces	246.01109	4600.4074	499	2,295,603.29
Fitoplancton	0.0097653	0.1826108	20	3.65
Total	1852.9946			5,360,080.40
Eco-exergía específica (eco-exergía/biomasa) kJ/g	2,892.66			

Cuadro 4.9
Eco-exergía e índice específico de eco-exergía en relación al área pelágica de la RBISPM

Especies (Zona pelágica)	Biomasa g/m ²	kJ/m ²	valor β	Eco-exergía por especie (kJ/m ²)
Tortuga golfina	0.000381547	0.0071349	833	5.94
Peces picudos	0.007520484	0.1406331	499	70.18
Tiburones	0.069595436	1.3014347	499	649.42
Mamíferos marinos	38.23539256	715.00184	2127	1,520,808.92
Peces dorado y jurel	0.026720143	0.4996667	499	249.33
Manta gigante	0.017403879	0.3254525	499	162.40
Sardina	35.45814286	663.06727	499	330,870.57
Calamar gigante	1.84	34.408	310	10,666.48
Fitoplancton	0.009765284	0.1826108	20	3.65
Total	75.66492219			1,863,486.89
Eco-exergía específica (eco-exergía/biomasa) kJ/g	24,628.15			

Como se puede observar, la zona pelágica contiene más eco-exergía específica, lo que significa mayor dominio de organismos superiores. Lo anterior se explica por los altos valores β de los organismos que componen la zona pelágica. Generalmente, organismos superiores son característicos de ecosistemas más desarrollados donde la eco-exergía y el índice de eco-exergía específico (nivel de información) son altos.

En la zona costera de la RBISPM, en cambio se encuentra el mayor nivel de biomasa pero el menor nivel de información (valores β). Se encuentra mayor nivel de biomasa tomando

cuenta que la zona costera representa menor extensión en comparación a la extensión correspondiente a la zona pelágica. De esta manera, al llevarse a cabo los distintos monitoreos de especies que corresponden a ecosistemas costeros, arroja niveles más altos de biomasa en g/m^2 en contraposición con la zona pelágica.

El Cuadro 4.8 indica que en los ecosistemas pertenecientes a la zona costera se encuentran organismos con niveles bajos de información pero con mayor biomasa (v.gr. sargazo), mismo que cuenta con alto nivel fotosintético. Sin embargo, podemos observar que a pesar de que los peces de esa zona cuentan con alto nivel de información, representan menor biomasa en g/m^2 . Los ecosistemas con mayor eco-exergía son más complejos y más desarrollados, a su vez tienen la capacidad de producir mayor eco-exergía, lo que implica que también requiere más energía (eco-exergía) para su sustento, que es la respiración.

Por lo tanto, de acuerdo con los resultados arrojados por los cálculos presentados, en la RBISPM se puede considerar al ecosistema que compone la zona pelágica como un lugar que alberga organismos desarrollados que le corresponde un nivel alto de eco-exergía específica ya que representan altos niveles tróficos, lo que denota que el ecosistema se encuentra muy desarrollado.

Aún así vale la pena subrayar que por ausencia de información, en los ecosistemas costeros faltó contabilizar biomasa de hábitats y organismos como el coral negro, rodolitos e invertebrados. Por lo tanto, no podemos contar con un análisis acabado de los ecosistemas acuáticos de esta zona pero es de especial importancia tomar en cuenta el deterioro que esta área ha sufrido por la sobre-explotación de los recursos a la que ha sido expuesta desde hace varias décadas.

V. CONCLUSIONES

5.1 Costo de viaje en la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir

Los resultados de la regresión muestran claramente que la valoración de los servicios ecosistémicos asociados con la actividad recreacional en la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir (RBISPM) se comporta de acuerdo a los supuestos que se tomaron en cuenta en la construcción de la variable costo de viaje. Si se asume que el tiempo de ocio no debe computarse porque los pescadores deportivos lo habrían gastado en cualquier caso en otra actividad, el valor real debe estar más próximo a \$1,936.2 dólares o su equivalente en Pesos mexicanos (m.n); si, por el contrario, se asume que el tiempo, aunque sea de ocio, debe tener un costo de oportunidad, el valor real se aproximará a la cifra de \$2,566.43 dólares o su equivalente en Pesos mexicanos (m.n).

La relación negativa entre el costo de viaje (*CVIAJE*) y el tiempo de visita a la RBISPM (*V*), así como la relación positiva entre el costo del tiempo de traslado y estancia en la Reserva (*CO*) y el tiempo de visita en ella (*V*) indican que el modelo resultante se ajusta a los datos y los coeficientes derivados del mismo son consistentes con otros estudios de valoración económica. Sin embargo, la interpretación del coeficiente negativo de la variable de volumen de captura promedio de pesca (*VP*) debe hacerse con cautela, ya que las respuestas de los pescadores deportivos encuestados de San Carlos no reflejaron montos reales de captura pesquera debido probablemente a la falta de confianza para proporcionar esa información en específico.

Como se pudo observar en los resultados, los pescadores deportivos de Bahía de Kino son los que registran mayor visitación a la RBISPM porque se encuentran a menor distancia y el costo para acceder al sitio es menor, lo que refleja que los beneficios derivados de los servicios ecosistémicos asociados con la actividad recreacional están inversamente relacionados con la distancia que se recorre para llegar a la Reserva.

El modelo que se presenta considera solamente costos de viaje, costo de tiempo y volumen de pesca como las variables que influyen en la visitación y en el tiempo de permanencia en la RBISPM, pero se tiene que recalcar que existen otros factores socioeconómicos, culturales y de percepción que, por características intrínsecas del método o por problemas relativos a la recolección de datos, no son posibles integrar a las regresiones.

Consideramos que los resultados del método de costo de viaje nos indican con mucha

claridad aspectos del comportamiento y la utilización real del entorno que este tipo de usuarios llevan a cabo en la RBISPM. En este sentido, conocer su “precio de acceso” resalta el valor de uso de la isla en términos de los servicios ecosistémicos que le dan sentido a las actividades turísticas y los productos pesqueros aprovechados por los pescadores deportivos. Esto valida los resultados obtenidos y avala su potencial para contribuir en la toma de decisiones.

Con todo, es preciso señalar que el modelo presentado cuenta con limitaciones, derivadas principalmente por el restringido tamaño de muestra con el que se contó, debido a que los pescadores deportivos viven temporalmente en Bahía de Kino o San Carlos y el período de trabajo de campo coincidió con la temporada baja de visitación; además existe ausencia de encuestas respondidas por pescadores deportivos mexicanos, que si bien hay registros por parte del Club Deportivo de Bahía de Kino como usuarios de la isla, no fue posible contactar a ninguno de ellos para encuestarlo ya que en su mayoría viven en la ciudad de Hermosillo u Obregón, Son. Por lo tanto, los resultados de la estimación del costo de viaje a la RBISPM deben ser considerados como una valiosa aproximación, que puede ser perfeccionada en un futuro cercano.

5.2 Disposición de pago por conservar la RBISPM

Considerando que el 72.2 % de los encuestados están dispuestos a contribuir con un pago para la conservación de la RBISPM con un monto mayor a la tarifa actual que el programa de pago de derechos de la CONANP dispone por el uso, goce y aprovechamiento de la Reserva, se vislumbra la viabilidad de incorporar un programa de pago por servicios ambientales, con el propósito de fomentar la participación de la sociedad y los usuarios de la Reserva en la conservación de los recursos naturales del área. Además de constituir un potencial para contribuir en la sostenibilidad financiera de las actividades de conservación, manejo y gestión del área en el largo plazo.

No obstante, para generar esquemas de pago por servicios ambientales en la RBISPM, se necesita elaborar un estudio de valoración contingente que integre información de mayor número de usuarios, prestadores de servicios turísticos y comunidad en general para conocer a profundidad esta disponibilidad de pago. Asimismo, se tendría que gestionar entre gobierno federal, local, asociaciones civiles y usuarios.

5.3 Eco-exergía e índice específico de eco-exergía en la RBISPM

En su conjunto, nuestros resultados sugieren que el índice de exergía es capaz de capturar información útil acerca del estado de los ecosistemas acuáticos de la RBISPM. El hecho de que haya una diferencia de 1316.5 veces entre la exergía de la biomasa de los ecosistemas marinos en la isla y la eco-exergía donde se integra la información incorporada (valores β), indica que los organismos vivos contribuyen significativamente a la eco-exergía y por lo tanto a la sustentabilidad. Como se mencionó en el apartado 2.6.2, la eco-exergía está fuertemente relacionada a la suma de capacidades de amortiguamiento de los ecosistemas y entre mayor eco-exergía contenga un ecosistema, mayor será la resistencia contra los cambios, por lo tanto derivará en mayor sustentabilidad.

Como la eco-exergía en un ecosistema se incrementa cuando la biomasa, la red de cooperación y la información (valores β) aumentan (Jorgensen, 2006), el bajo índice de eco-exergía que muestran los recursos que representan los ecosistemas de la zona costera de la isla en relación al área total marina de la Reserva puede deberse a que existe bajo nivel de biomasa de los recursos pesqueros por unidad de área debido a que desde hace tiempo se ha ejercido una intensa presión sobre los recursos pesqueros en el área. Esto coincidiría con el Reporte de la Condición Marina de la RBISPM (Torre *et al.*, 2011) donde se resalta que los monitoreos pesqueros llevados a cabo en la zona, muestran que el estado de las especies que se pescan ha disminuido y afectan al desarrollo y funcionamiento de los ecosistemas involucrados. Por lo tanto, el valor del índice de eco-exergía en esta zona nos hace saber que el ecosistema es vulnerable y tiene poca resistencia o capacidad de amortiguamiento, pero será necesario incorporar indicadores adicionales que muestren qué está pasando y qué se necesita hacer para llevar a cabo acciones para su remediación.

Se encontraron diferencias en el valor de los indicadores de eco-exergía específica entre la zona pelágica y la zona costera de la Reserva. La zona pelágica contiene más eco-exergía específica, lo que representa mayor dominio de organismos superiores (mayor nivel trófico) en comparación con la zona costera. En términos de organización, éste indicador nos está informando que en la zona pelágica la sustentabilidad está basada en altos niveles de información (valores β) y biomasa, mientras que en la zona costera se basa solamente en biomasa –de sargazo básicamente-. Con esta afirmación no estamos aseverando que el sargazo sea una especie dominante al grado de ocasionar eutroficación en la zona costera, sino más bien, la representación de los peces (con mayor nivel de información) no es elevada, aunado a que por

ausencia de información, faltó integrar biomásas de hábitats y organismos como el coral negro, rodolitos e invertebrados. Sin embargo, con los datos disponibles se vislumbran perfectamente el estado ambiental y las diferencias que existen entre los ecosistemas de cada zona.

Finalmente, el cálculo del valor monetario de los servicios ecosistémicos de \$260,902.71 dólares por hectárea (o su equivalente en Pesos mexicanos, m.n.) en la RBISPM, demuestra que los cálculos basados en la eco-exergía son una buena medida del espectro completo de todos los servicios que los ecosistemas ofrecen, y no solamente de los que se utilizan actualmente.

5.4 Integración de metodologías en la valoración de los servicios ecosistémicos en la RBISPM

La economía ecológica se caracteriza por articular disciplinas orientadas a comprender la interacción de los procesos económicos con los ecológicos. Consideramos que este trabajo de investigación cumple con los atributos básicos de esta perspectiva, ya que es un ejercicio que integra propuestas de valoración desde la racionalidad económica neoclásica (costo de viaje), pero va más allá, incluyendo la evaluación física (eco-exergía) de los impactos ambientales que las actividades humanas producen.

En esta investigación se llevó a cabo la valoración de los servicios ecosistémicos de la RBISPM, y aunque los resultados de los métodos de costo de viaje y el de eco-exergía se expresan en valores monetarios, es indispensable resaltar que estos montos provienen de distintos tipos de valor. En primer lugar, la valoración del método de costo de viaje proviene de precios de mercado. En segundo lugar, el valor de los servicios ecosistémicos, por medio de la capacidad de trabajo o eco-exergía, representa el flujo de materiales o flujo de energía (exergía).

Los dos métodos provienen de perspectivas distintas. El costo de viaje es parte del enfoque de según las preferencias, y la eco-exergía es uno de los métodos del enfoque biofísico. La valoración por medio del método de costo de viaje en la RBISPM reflejó el valor de uso que los pescadores deportivos obtienen de ella en los términos recreativos y de recursos pesqueros que, bajo el esquema de servicios y funciones de los ecosistemas, se refieren a los componentes de abastecimiento y de cultura y esparcimiento (ver Cuadro 1.2). En cambio, la valoración de los servicios ecosistémicos por medio del cálculo de la eco-exergía midió “como un todo” los componentes de abastecimiento, regulación, apoyo o hábitat y el de cultura y esparcimiento.

Consideramos que ambos métodos son instrumentos de gran utilidad para conocer

distintos aspectos de la relación ecosistema-hombre en el ámbito de la reserva. El hecho de que las actividades recreativas (pesca deportiva) actualmente se lleven a cabo lo suficiente como para estar a la par y a veces a la cabeza ante la pesca ribereña en los alrededores de la isla, requiere que se conozca a profundidad aspectos del comportamiento, variables socio-económicas, utilización real del espacio físico y el aprovechamiento de los recursos marinos por parte de los usuarios que realizan este tipo de actividades. En cambio, conocer el indicador de eco-exergía e índice de eco-exergía específica para los ecosistemas acuáticos de la isla - y además trasladar estas representaciones en valores monetarios- permitió conocer las propiedades sistémicas de los ecosistemas en términos de desarrollo y salud de los mismos. Por lo tanto, consideramos pertinente y acertado el haber hecho uso de estos dos métodos con enfoques distintos entre sí – pero complementarios en ejercicio-, ya que el contexto particular de la RBISPM lo requiere para una adecuada gestión y gobernanza ambiental.

5.5 Valoración desde la economía ecológica en el proceso de gestión y gobernanza ambiental de la RBISPM

En el documento “Plan Estratégico de la Reserva de Biosfera Isla San Pedro Mártir” (CONANP, COBI, WWF, 2007) se manifiesta que en la Reserva se han acordado y puesto en marcha diversas acciones para avanzar desde el co-manejo, hacia mecanismos de gestión con perspectiva ecosistémica.

La valoración de los servicios ecosistémicos en la RBISPM como producto del presente trabajo de investigación, constituye un avance sustancial en el proceso de gestión y gobernanza ambiental del área, debido a que este documento implicó el cumplimiento con diversos elementos clave que conforman el enfoque ecosistémico:

- Usar una perspectiva de servicios ecosistémicos: la valoración de los servicios ecosistémicos favorecerá a determinar prioridades y políticas de manejo adecuadas de acuerdo a la problemática de la Reserva.
- Principio de manejo adaptativo: los resultados del presente trabajo reúne información ecológica, social y económica, que es apropiada para contribuir y adaptar políticas a través del proceso de gestión.
- Todos los grupos de interés deben ser tomados en cuenta para atender sus necesidades, acceder a sus insumos y asegurar su cooperación: como se mencionó en la metodología,

esta investigación conto con acceso a información y bases de datos sin correcciones proporcionadas por COBI, A.C., diversos investigadores de distintos centros de investigación, por la oficina de CONANP que se encarga del manejo de la RBISPM y por el Grupo de Monitoreo Submarino de Bahía de Kino, el cual está integrado por ocho pescadores ribereños de la localidad.

Con estos elementos aunados a los ya puestos en marcha por la RBISPM, se reconoce que en el área existen avances en la implementación del enfoque ecosistémico que actualmente son considerados como punto medular en las acciones de gestión y gobernanza ambiental.

5.6 Recomendaciones

Es de importancia trascendental mantener en buen estado de conservación los servicios ecosistémicos que ofrece la RBISPM, para que el área continúe siendo un lugar atractivo para el tipo de turistas que la visitan. La enorme biodiversidad marina y terrestre es el principal atractivo para la realización de actividades recreativas como el buceo, pesca deportiva, buceo libre y avistamiento de aves y mamíferos marinos.

El monitoreo de usos humanos en el sitio y los registros de visitación hacia la isla por parte del Club Deportivo de Bahía de Kino indican que el número de visitantes que realizan actividades recreativas en el área ha ido tomando mayor importancia y constituyen una importante actividad con gran potencial económico, pero también provocan impactos sobre los recursos y los ecosistemas de la isla, ya que existe la problemática del aprovechamiento ilegal de recursos marinos, contaminación por desechos sólidos y pesca deportiva que se lleva a cabo en la zona núcleo (de no pesca).

Con la información recabada por la encuesta también se muestran los volúmenes promedio de pesca por viaje realizado y las especies que se capturan en mayor proporción. Esto, aunado con la cantidad de viajes promedio al año, demuestra que los volúmenes de pesca capturados por los pescadores deportivos en los alrededores de la isla son montos considerables. Por lo tanto, se sugiere que además de un monitoreo de los impactos ocasionados por la actividad turística en el área marina de la Reserva, se realice un estudio del estado de los recursos pesqueros que se capturan por los pescadores deportivos, y no solamente los capturados por parte de los pescadores ribereños como ya se ha venido haciendo, esto para conocer el estado de las

poblaciones y tendencias en el aprovechamiento de esos recursos.

Se recomienda seguir recabando información proveniente de los pescadores deportivos bajo el método de costo de viaje y la aplicación de las encuestas que se utilizaron para ello, ya que además de la información socioeconómica que puedan aportar, es muy útil conocer los datos sobre el volumen de captura promedio, tipo de especies que se pescan y temporadas, ya que se convierte en una fuente complementaria de información para estimar los cálculos de eco-exergía.

Más que una simple descripción del estado ambiental de los ecosistemas, las variaciones espaciales y temporales del índice de eco-exergía y del indicador específico de eco-exergía pueden proveer un mejor entendimiento del desarrollo y salud de los ecosistemas. Si estos indicadores se calculan periódicamente, se podrá saber si los ecosistemas estudiados mantienen su nivel de eco-exergía y eco-exergía específica a largo plazo –con fluctuaciones temporales, por supuesto-, y determinar si el o los ecosistemas son saludables y sustentables.

Por lo tanto, se sugiere que los cálculos del indicador holístico de eco-exergía y eco-exergía específica se incorporen al programa de monitoreo integral de la RBISPM, ya que como se demostró con nuestro trabajo, se puede contar con intercambio de información realizando los procesos de gestión adecuados, para acceder a bases de datos que la oficina de la Reserva produce, junto con la de COBI, el Grupo de Monitoreo Submarino de Bahía de Kino y los investigadores y estudiantes que realizan sus proyectos académicos en la Reserva.

Para finalizar, es preciso exponer que con este ejercicio se pretende informar y sensibilizar con valores a las autoridades, organismos internacionales, organizaciones nacionales e internacionales y a la comunidad en general, que invertir hoy en la conservación de la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir no sólo es importante, sino también factible desde la perspectiva ambiental, social, económica y de gobernanza.

BIBLIOGRAFÍA

Agardy, Tundi; John Davis, Kristin Sherwood y Ole Vestergaard. 2011. *Taking Steps toward Marine and Coastal Ecosystem-Based Management - An Introductory Guide*. United Nations Environment Programme. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 189. Tomado de: www.unep.org/ecosystemmanagement

Álvarez-Borrego, S. 2002. "Physical oceanography", p. 41-59. En T. J. Case, M. L. Cody, y E. Ezcurra (editores), *A New Island Biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford University Press, New York, New York.

Avila-Foucat, V. S. 2007. "Los modelos de la economía ecológica: una herramienta metodológica para el estudio de los servicios ambientales", *Gaceta ecológica número especial*, Instituto Nacional de Ecología, 84-85, 85-91.

Ayres, R. U., 1998, "Eco-thermodynamics: economics and the second law", *Ecological Economics*, Núm. 26, pp. 189-209.

Azqueta, Oyarzun Diego, 1994, *Valoración económica de la calidad ambiental*, Madrid, España, McGraw-Hill.

Balvanera, Patricia y Helena Cotler, 2007, "Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: restos y perspectivas", *Gaceta ecológica número especial*, Instituto Nacional de Ecología, 84-85: 117-123.

Bateman, I.J., Carson, R.T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T., Jones-Lee, M., Loomes, G., Mourato, S., Özdemiroglu, E., Pearce, D.W., Sugden, R., Swanson, J. 2002. *Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A Manual*. Edward Elgar, Cheltenham.

Belausteguigoitia, J. C. y O. E. Pérez. 1994. "Valuación económica del medio ambiente y de los recursos naturales". En Yúnez-Naude (Compilador), *Medio ambiente, problemas y soluciones*. México: El Colegio de México, Centro de estudios económicos.

Bingham, G., Bishop R., Brody M., Bromley D., Clark E. T., Cooper W., Costanza Robert, Hale T., Hayden G., Kellert S., Norgaard, R., Norton B., Payne J., Russell C., Suter G., 1995, "Issues in ecosystem valuation: improving information for decision-making", *Ecological Economics*, Núm.14, pp. 73-90.

BIPM (International Bureau of Weights and Measures). 2006. *The International System of Units (SI)*. Octava edición, 133 p.

Bishop, R. C., Boyle K. J. and Welsh M. P., 1987, "Toward total economic value of Great Lakes fishery resources" *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 116, Núm.3, pp.339-345.

Boulton, M. P. S. Ward. 2002. Ants, p. 112-128. En T. J Case, M.L. Cody, y E. Ezcurra (editors), *A New Island Biogeography of the Sea of Cortes*. New York, NY. Oxford University Press.

Burkhard, B., I. Petrosillo y R. Costanza. 2010. "Ecosystem services – Bridging ecology, economy and social sciences", *Ecological Complexity* 7, 257-259.

Cabrera-Santiago, H., C. G. Suárez Gracida, J. P. Gallo Reynoso, y A. L. Figueroa Carranza. 2001. *Listados de flora, fauna y usos de las Islas de la Bahía San Francisco, Guaymas, Sonora*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Guaymas. Documento no publicado. 76 p.

Callicott, J. B., 2004, "Explicit and implicit Values in the ESA", en Davies, F., D. Goble, G. Heal, and M. Scott, Edits., *The Endangered Species Act at Thirty: Retrospect and Prospects*, Island Press, Washington, D.C.,

Cameron, C. H., I.C. Kaplan, P.S. Levin, R- Cudney-Bueno, E.A. Fulton, M. Mangel, P. Turk-Boyer, J. Torre, A. Pares-Sierra, H.N. Morzaria Luna, 2011, *Atlantis model development for the Northern Gulf of California*, US Dept. of Commerce, NOAA Tehnical Memorandum NMFS-NWFSC-110.

Carabias, J., J. A. Meave, T. Valverde y Z. Cano-Santana. 2009. *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Primera ed. México. Pearson Educación, 264 p.

Carta Nacional Pesquera, 2010, Instituto Nacional de la Pesca, México, Publicada en el D.O.F. el 02 de diciembre de 2010.

Carvajal, M. A., Ezcurra E., Robles A., 2004, "The Gulf of California: natural resource concerns and the pursuit of a vision", en Glover L.K., Earl S.A., Edits., *Defying ocean's end: an agenda for action*. Washington, DC: Island Press, pp. 105–23.

Casazza T., L. y S., W., Ross, 2008, "Fishes associated with pelagic *Sargassum* and open water lacking *Sargassum* in the Gulf Stream off North Carolina" *Fishery Bulletin*, Núm. 106, pp. 348–363.

Case, T.J. 2002. Reptiles: ecology, p. 221-270. En T. J Case, M.L. Cody, y E. Ezcurra (editors), *A New Island Biogeography of the Sea of Cortes*. New York, NY. Oxford University Press.

Castañeda Fernández V., R. Loaiza Villanueva, S. Pérez Valencia, Martínez Tovar I; A. Sánchez Cruz, P. Turk Boyer, y Castillo López A., 2008, *Importancia de los arrecifes rocosos del norte del Golfo de California*, Ponencia presentada en la 1ra Biental de la Agenda de Investigación del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.SEMARNAT-INE, en http://www.ine.gob.mx/descargas/ord_ecol/1biental_oemgc_res_vcastaneda_et al.pdf,

Castro L. R., R. H. Barraza., M. Graza y E. Aguirre. 2007. *Estudio técnico del Plan de Manejo para la langosta, panulirus spp., en la Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir*. Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. Hermosillo, Mexico. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Chan, K.M.A., J. Goldstein, T. Satterfield, N. Hannahs, K. Kikiloi, R. Naidoo, N. Vadeboncoeur,

U. Woodside, "The Theory and Practice of Ecosystem Service Valuation in Conservation" en P.K. Kareiva, T.H. Ricketts, G. C. Daily, H. Tallis, and S. Polasky, Edits., *The Theory and Practice of Ecosystem Service Valuation in Conservation*, Oxford University Press, Oxford, En prensa.

Chee, Y. E., 2004, "An ecological perspective on the valuation of ecosystem services", *Biological conservation*, Núm. 120, pp. 59–565.

Cody, M.L. y E. Velarde. 2002. Land birds, p. 271-312. En T. J. Case, M.L. Cody, y E. Ezcurra (editors), *A New Island Biogeography of the Sea of Cortes*. New York, NY. Oxford University Press.

Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, National Research Council. 2004. *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making*. The National Academies Press, Washington, D.C. 290 p.

Committee on International Capacity-Building for the Protection and Sustainable Use of Oceans and Coasts. 2008. *Increasing Capacity for Stewardship of Oceans and Coasts: A Priority for the 21st Century*. National Research Council, National Academies Press, tomado de: <http://www.nap.edu/catalog/12043.html>

Common, M. y S. Stagl. 2005. *Ecological Economics: An Introduction*. United Kingdom. Cambridge University Press., 560 p.

Comunidad y Biodiversidad, A. C. 2004. *Elaboración participativa del Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir*. Informe final al programa del Golfo de California del World Wildlife Fund (WWF). Documento no publicado. México.

CONANP (Comisión de Áreas Naturales Protegidas). 2011. *Áreas Protegidas Decretadas*. Recuperado de http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), COBI (Comunidad y Biodiversidad, A.C.) y WWF. 2007. *Plan Estratégico de la Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir*. Guaymas, México. Documento no publicado.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2007. *Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, 213 p.

Costanza R., d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M., Hannon B., Limburg K., O'Neil R, Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., and van den Belt, M. 1997. "The value of the world ecosystem services and natural capital". *Nature* 387, 253-260

Costanza, R., 2000." Social goals and the valuation of ecosystem services". *Ecosystems*. 3, 4-10.

Costanza, Robert, 2000, "Social goals and the valuation of ecosystem services", *Ecosystems*,

Núm. 3, pp. 4-10.

Costanza, Robert, R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutoon and M. van den Belt, 1997. "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital". *Nature*, Núm.387, pp. 253–260.

Costanza, Robert. 1980. "Embodied energy and economic valuation". *Science* 210: 1219–1024.

Costanza, Robert. 1992. "Toward an operational definition of ecosystem health". En Robert Costanza, B. G. Norton y B. D. Haskell (editores): *Ecosystem health, new goals for environmental management*. Island Press, Washington, DC. 239-56.

Costello, M., J., Cheung A., and De Hauwere N., 2010, "Surface Area and the Seabed Area, Volume, Depth, Slope, and Topographic Variation for the World's Seas, Oceans, and Countries" *Environ. Sci. Technol*, Vol. 44, Núm.23, pp. 8821–8828.

Cristeche, E. y J. A. Penna, 2008, *Métodos de valoración económica de los servicios ambientales Documento de trabajo No. 3*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.

Cudney-Bueno, R., L. Bourillón, A. Sáenz-Arroyo, J. Torre-Cosío, P. Turk-Boyer, W.W. Shaw. 2009. "Governance and effects of marine reserves in the Gulf of California, Mexico". *Ocean & Coastal Management* 52, 207–218 pp.

Cuerdo, M., M. y J. L. Ramos G, 2000, *Economía y Naturaleza: Una historia de la naturaleza*, Madrid, España, Editorial Síntesis.

Daily, G., 1997, *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, Washington, DC, Island Press.

Daily, G., C. T., Soderqvist, S. Aniyar, K. Arrow, P. Dasgupta, Ehrlich, P.R., Folke, C., Jansson, A., Jansson, B., N. Kautsky, S. Levin, J. Lubchenco, K. Maler, D. Simpson, D. Starrett, D. Tilman, B. Walker, 2000, "The value of nature and the nature of value", *Science*, Núm. 289, pp. 395–396.

De Groot, R. S., 1992, *Functions of Nature, Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making*, The Netherlands, Groningen, Wolters-Noordhoff.

De Groot, R. S., Stuij, M. Finlayson, M., Davidson, N. 2006. *Valuing Wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services*. Ramsar Technical Report No. 3, CBD Technical Series No. 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, 66 pp.

De Groot, R. S., Wilson, M. A., Boumans, R. M. J., 2002, "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services", *Ecol. Econ.* Num. 41, pp. 393-408.

De Groot, R.S., Alkemade R., Braat L., Hein, L., Willemsen L., 2010, "Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision

making”, *Ecological Complexity*, Núm. 7, pp. 260-272.

Diario Oficial de la Federación. 2002. *Decreto por el que se declara área natural protegida con la categoría de Reserva de la Biosfera, la región denominada Isla San Pedro Mártir, ubicada en el Golfo de California, frente a las costas del municipio de Hermosillo, Estado de Sonora, con una superficie total de 30,165 hectáreas*. 13 de Junio, 2002. México, D.F.

Ellis, G. M., y A.C. Fisher. 1987. “Valuing environment as input”, *Journal of Environmental Management* 25, 149-156.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations-. 2012. Fisheries Glossary. Fisheries and Aquaculture Department Consultado en: <http://www.fao.org/fi/glossary/default.asp>

Farber, S., Robert Costanza y M. Wilson, 2002, “Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services”, *Ecological Economics*, Núm. 4, pp. 375-392.

Figuerola, J., 2003, *¿Puede la Valoración Económica de la Diversidad Biológica dar Respuesta a su Gestión Sostenible?*, Bogota.

Fischer-Kowalski, M. y W. Hüttler, 1999, “Society’s Metabolism. The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part II, 1970-1998”, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 2, Núm.4, pp. 107-136.

Fujitani, M.L., E.P. Fenichel, J. Torre, L.R. Gerber. En prensa. “Implementation of a marine reserve has a rapid but short-lived effect on recreational angler use”. *Ecological Applications*.

Gallo, Juan Pablo. 2011. Zona pelágica. En Jorge Torre, A.L. Figuerola, J.P. Gallo, J. García, R. Riosmena. 2011. *Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir. Reporte de Condición Marina: Agua, Hábitats y Recursos Biológicos*. Documento interno no publicado. 88 p.

García, Jaqueline; D. Aguilera y G. Leyva. 2011. “Agua. Nutrientes y Salud de los Ecosistemas”. En Jorge Torre, A.L. Figuerola, J.P. Gallo, J. García, R. Riosmena. 2011. *Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir. Reporte de Condición Marina: Agua, Hábitats y Recursos Biológicos*. Documento interno no publicado. 29-30 pp.

Garcia, S.M., Comp., 2009, “Glossary”, en Kavern Cochrane and S.M. Garcia, Edits., *A fishery managers’ handbook*, FAO and Wiley-Blackwell, pp. 473-505.

Gómez, Baggethun E., R. de Groot, 2007, “Natural capital and ecosystem functions: exploring the ecological grounds of the economy”, *Ecosistemas*, Vol. 16, Núm. 3, pp. 4–14.

Greene, W. H., 2003, *Econometric analysis*. 5ta ed., Prentice Hall.

Hamdouch, A., B. Zuindeau. 2010. “Sustainable development, 20 years on: methodological innovations, practices and open issues”. *Journal of Environmental Planning and Management* 53, 427-438.

Harbor Branch Oceanographic Institute-Florida Atlantic University (2012) Tomado de: http://www.hboi.edu/marinesci/water_column.html. Consultado el 27 de mayo del 2012

Hornborg, Alf. 2001. *The Power of the Machine: Global Inequalities of Economy, Technology, and Environment*. New York: AltaMira Press, 273 pp.

IHO/IOC, 1985, *Standardization of undersea feature names: guidelines, proposal form, terminology*, Monaco, International Hydrographic Bureau.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2010, Censo de Población y Vivienda, Consultado el: 03 de marzo del 2012

Instituto Nacional de Medicina Genómica (Inmegen) 2012 . En: <http://www.inmegen.gob.mx/es/divulgacion/glosario-de-terminos/genoma/> Consultado el 11 de julio de 2012

International Bureau of Weights and Measures (2006), *The International System of Units (SI) (8th ed.)*, p. 120.

IUCN. 1994. *Guidelines for Protected Area Management Categories*. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.

Jones, Peter; Wanfei Qiu, y Elizabeth De Santo. 2011. *Governing Marine Protected Areas - Getting the Balance Right*. Technical Report, United Nations Environment Programme. Tomado de: www.unep.org/ecosystemmanagement.

Jorgensen Sven E., Fu-Liu Xu, F. Salas, J.C Marques. 2005b. "Application of indicators for the assessment of ecosystem health". En: Sven Jorgensen, Robert Costanza, y Fu-Liu Xu (editores): *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. CRC Press. pp 5-66.

Jorgensen Sven E., Fu-Liu Xu, Joao.C Marques y Fuensanta Salas. 2010. "Application of indicators for the assessment of ecosystem health". En: Sven Jorgensen, Fu-Liu Xu y Robert Costanza (editores): *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. Segunda edición. CRC Press. pp 9-75.

Jorgensen, Sven E. 2002. *Integration of Ecosystem Theories: A Pattern*, 3ª edición, Kluwer Academic Publisher: Dordrecht.

Jorgensen, Sven E. 2010b. "Eco-exergy as Ecological Indicator". En: Sven Jorgensen, Fu-Liu Xu y Robert Costanza (editores): *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. Segunda edición, CRC Press. pp 77-87.

Jorgensen, Sven E. y H. F. Mejer. 1979. "A holistic approach to ecological modeling". *Ecological Modeling* 7, 169-189 pp.

Jorgensen, Sven E. y H. F. Mejer. 1981. *Application of exergy in ecological models. Progress in*

Ecological Modeling, ed. D. Dubois, Liege University Press: Liege, 39-47 pp.

Jorgensen, Sven. E. 2006. *Eco-exergy as Sustainability*. WIT Press, Great Britain, 225 p.

Jorgensen, Sven. E. 2010. "Ecosystem services, sustainability and thermodynamic indicators". *Ecological Complexity* 7, 311-313.

Jorgensen, Sven. E., N. Ladegaard, M. Debeljak, J. C. Marques. 2005. "Calculations of exergy for organisms", *Ecological Modelling* 185, 165-175.

Kahn, James R., 1995, *The Economic Approach to Environmental and Natural Resources*, United States of America, The Dryden Press.

Kolstad, C.D., 2000, *Environmental Economics*, New York, Oxford, Oxford University Press.

Kontoleon, A. and Pascual, U. 2007. *Incorporating Biodiversity into Integrated Assessments of Trade Policy in the Agricultural Sector*. Volumen II: Reference Manual. Chapter 7. Economics and Trade Branch, United Nations Environment Programme. Geneva. En: <http://www.unep.ch/etb/pdf/UNEP%20T+B%20Manual.Vol%20II.Draft%20June07.pdf>.

Krutilla, J.V., A. C. Fisher, 1975, *The Economics of the Natural Environment. Studies in the Valuation of Commodity and Amenity resources*, Baltimore, John Hopkins Press for Resources for the Future.

Leff, E. 2007. *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*, Siglo XXI editores, México.

LGPAS, 2007, Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, Publicada en el D.O.F. el 24 de julio de 2007. México

Lind, Douglas; William Marchal; Robert Mason; "Estadística para Administración y Economía"; Onceava Edición; McGraw Hill; Madrid 2006

MA. 2003. *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington, D.C.

MA. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*. Island Press, Washington, D.C.

Martínez Alier, Joan, Munda, G., O'Neill, J., 1998, "Weak comparability of values as a foundation for ecological economics", *Ecological Economics*, Núm.26, pp. 277-86.

Martínez, Alier Joan, 1998, *Curso de economía ecológica*, México D.F., Textos básicos para la formación ambiental.

Martinez-Alier, J. 1987. "Introduction". En: Martínez-Alier, J. (Ed.), *Ecological Economics: Energy, Environment and Society*. Blackwell, Cambridge, MA, pp. 1-19.

Martínez-Alier, J., Munda, G., O'Neill, J. 1998. "Weak comparability of values as a foundation for ecological economics". *Ecological Economics* 26: 277–86.

Martínez-Alier, Joan; Giuseppe Munda y John O'Neill. 2001. "Theories and methods in ecological economics: a tentative classification". En *The Economics of Nature and the Nature of Economics*. Editado por Cutler J. Cleveland, David I. Stern y Robert Costanza, Edward Elgar, Cheltenham, 2001., 293 pp.

Maynard, S., D. James, A. Davidson. 2009. "The Development of an Ecosystem Services Framework for South East Queensland", *Environmental Management*, DOI 10.1007/s00267-010-9428-z.

McGlade J.M. Edit., 1999, "Ecosystem analysis and the governance of natural resources I: Advance in theoretical ecology", *Blackwell Scientific Publications*, pp.308-336.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2003, *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Washington, D.C., Island Press.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Washington, D.C., Island Press.

Mejer, H. F. y Sven E. Jorgensen. 1979. "Exergy and ecological buffer capacity". *State of the art in ecological modeling*, Sven E. Jorgensen (editor), ISEM, Copenhagen y Pergamon Press: Oxford, 829-846 pp.

Mooney, H., Cooper A., Reid W., 2005, "Confronting the human dilemma: How can ecosystems provide sustainable services to benefit society?", *Nature*, Núm. 34, pp. 561–562.

Munda, G., 2004, "Social Multi-criteria evaluation. Methodological foundations and operational consequences", *European Journal of Operational Research*, Núm.158, pp. 662–677.

Nahrstedt, B., H. P. Jorgensen, A. Hoff. 2002. *Estimation of Production Functions on Fishery: A Danish Survey*. Department of Environmental and Business Economics, University of Southern Denmark, IME Working Paper 33/02, 53 p.

Naredo, J.M. 2001. "Quantifying natural capital: beyond monetary value". En: M. Munasinghe, O. Sunkel (Eds.), *The sustainability of long term growth: socioeconomic and ecological perspectives*. Edward Elgar, Cheltenham, UK, Northampton MA.

Neumayer, E., 2003, "Weak versus Strong Sustainability", 2da ed., United Kingdom, Edward Elgar: Cheltenham.

Norgaard, R. B. 1989. "The case for methodological pluralism", *Ecological Economics* 1, 37-57.

O'Hara, Sabine U., 2001, "The challenges of valuation: ecological economics between matter and meaning", En: C. J. Cleveland, D. I. Stern y Robert Costanza, Edits., *The Economics of Nature and the Nature of Economic*. Cheltenham: Edward Elgar, pp. 89-108.

O'Neill, J., 1993, *Ecology, policy and politics*, London, Routledge.

Odum, H.T. 1996. *Environmental Accounting: Emergy and decision-making*. John Wiley. New York, USA.

Patten, B.C., B. D. Fath, J.S. Choi, S. Bastianoni, S. R. Borrett, S. Brandt-Williams, M. Debeljak, J. Fonseca, W.E. Grant, D. Karnawati, J. C. Marques, A. Moser, F. Müller, C. Pahl-Wostl, R. Seppelt, W. H. Steinborn y Y.M. Svirezhev, 2002, "Complex Adaptive Hierarchical Systems", en Robert Costanza y S. E. Jorgensen, Edits., *Understanding and solving environmental problems in the 21st century: Toward a new, integrated hard problem science*, Elsevier Science, Oxford, pp. 324.

Plummer, Ryan y Derek Armitage. 2007. "A resilience-based framework for evaluating adaptive co-management: Linking ecology, economics and society in a complex world". *Ecological Economics* 61, 62-74 p.

Randall, A., 1991, "Total and non use values", Chapter 10, en J. B. Braden and C.D. Kolstad, Edits., *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Amsterdam, North Holland.

Rees, William, 1996, "Indicadores territoriales de sustentabilidad", *Ecología política*, Núm.12.

Riosmena, Rafael., Alvin Suarez y Jazmín Hernández. 2011. "Macroalgas". En Jorge Torre, A.L. Figueroa, J.P. Gallo, J. García, R. Riosmena. 2011. *Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir. Reporte de Condición Marina: Agua, Hábitats y Recursos Biológicos*. Documento interno no publicado. 88 p

Riosmena, Rodríguez Rafael, 2009, "Servicios ambientales de las comunidades marinas vegetales: una primera aproximación", en: En J. Urciaga G., L.F. Beltrán M. y D. Lluch B. (Ed.) *Recursos Marinos y Servicios Ambientales en el Desarrollo Regional*. CIBNOR, UABCS, CICIMAR-IPN.

Scialabba, N., Edit., 1998, *Integrated Coastal Area Management and Agriculture, Forestry and Fisheries*, Roma, FAO.

SEMARNAT. 2006. *La Gestión Ambiental en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Seminoff, J.A., A. Resendiz, W.J. Nichols, 2002, "Diet of East Pacific green turtles (*Chelonia mydas*) in the central Gulf of California México", *Journal of Herpetology*, Núm. 36, pp. 447–453.

Spash, C., 2008, "Deliberative Monetary Valuation and the Evidence for a New Value Theory" *Land Economics*, Núm. 83, Vol. 3, pp. 469–488.

Stebbins, R. C. 1985. *Western Reptiles and Amphibians*. Peterson Field Guides. Houghton Mifflin Company. 338 p.

Straton, A. 2006. "A complex systems approach to the value of ecological resources". *Journal of Ecological Economics* 56, 402-411.

Svedsäter, H., 2003, "Economic valuation of the environment: how citizens make sense of contingent valuation questions", *Land Economics*, Núm. 79, pp.122–135.

Tacconi, L. 2000. *Biodiversity and Ecological Economics: Participation, Values and Resource Management*. Earthscan Publications Ltd., London. 254p.

Task Force on Economic Benefits of Protected Areas of the World Commission on Protected Areas (WCPA) de IUCN, en colaboración con the Economics Service Unit de IUCN. 1998. *Economic Values of Protected Areas: Guidelines for Protected Area Managers*. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. xii+52p.

TEEB. 2009. *Economic and Ecological Foundation. The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Consultado en: <http://www.teebweb.org/InformationMaterial/TEEBReports/tabid/1278/Default.aspx>

TEEB. 2010, "La economía de los ecosistemas y la diversidad: incorporación de los aspectos económicos de la naturaleza. Una síntesis del enfoque, las conclusiones y las recomendaciones del estudio TEEB". *The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Consultado en: <http://www.teebweb.org/InformationMaterial/TEEBReports/tabid/1278/Default.aspx>

Thershy, B. R., D. Breese, A. Ángeles-P., M. Cervantes-A., M. Mandujano-H., E. Hernández-N y A. Córdova-A. 1992. *Historia Natural y Manejo de la Isla San Pedro Mártir Golfo de California. Guaymas Sonora*. Reporte a Conservation International A. C. Programa Golfo de California.

Thershy, B. R., D. Breese. 1997. *The birds of San Pedro Martir Island, Gulf of California*, México. *Western Birds* 28:96-107.

Thomson, D. A. y S. Mesnick. 1994. *Biodiversity of the marine fauna of the islands in the Gulf of California: cruise report of an expedition of the Marine Ecology course of the University of Arizona on the BAJA TREASURE to islands in the Gulf of California, July 3 to July 23, 1993*. Reporte interno no publicado. University of Arizona, Tucson. 61 p.

Thomson, D. A., S. Mesnick y D. Schwindt. 1996. "Human impact and biodiversity of islands in the Gulf of California". *Cruise report of an expedition of the 1994 University of Arizona Marine Ecology course*. Reporte interno no publicado. University of Arizona, Tucson. 66 p.

Thompson, William I. 1995. Las implicaciones culturales de la Nueva Biología. En J. Lovelock, G. Bateson, L. Margulis, H. Atlan, F. Varela, H. Maturana: *Gaia*. Kairos, Barcelona, Tercera edición, 224 p.

Torre, Jorge., A.L. Figueroa, J.P. Gallo, J. García, R. Riosmena. 2011. *Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir. Reporte de Condición Marina: Agua, Hábitats y Recursos Biológicos*. Documento Interno No Publicado. 88pp.

U.S. Bureau of Labor Statistics (2010) Current Population Survey. Reporte 1031. U.S. Census Bureau. Consultado el 14 de junio de 2012, en <http://data.bls.gov/pdq/querytool.jsp?survey=ln>

UN Atlas of the Oceans (2012) <http://www.oceansatlas.org/servlet/CDSServlet?status=ND0yMzg1JjY9ZW4mMzM9KiYzNz1rb3M~> Consultado el 23 de junio de 2012

UNEP. 2012. *Ecosystem approaches to governance*. Environmental Governance, United Nations Environment Programme. Tomado de: <http://www.unep.org/environmentalgovernance/Home/tabid/180/Default.aspx> Consultado el 23 de junio de 2012

Valero, A., Uche, J., Valero, A., Martínez, A., Naredo, J.M. and Escriu, J. En prensa. “The Fundamentals of Physical Hydromonics: A Novel Approach for Physico-Chemical Water Valuation”. In: Pascual, U., Shah, A., and J. Bandyopadhyay (Eds), *Water, Agriculture and Sustainable Well-being*. Chapter 5. Oxford University Press, New Delhi.

Valiela, Ivan. 1984. *Marine ecological processes*. Springer-Verlag, New York and Heidelberg. 346 p.

Velarde, E. y D. W. Anderson. 1994. “Conservation and management of seabird islands in the Gulf of California. Setbacks and successes”. En: D. N. Nettleship, J. Burger y M. Gachfeld, *Seabirds on Islands: Threats, case studies and Action Plans*.

Visauta Vinacua, Bienvenido, 2007, *Análisis estadístico con SPSS 14*. 3ra ed., Madrid, Mc Graw Hill.

Vitousek, P. M., Ehrlich, P. R., Ehrlich A. H. Y Matson P. A., 1986, “Human appropriation of the products of photosynthesis”, *Bioscience*, Núm.36.

Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Callejas Linares, A., López Falfán, I.S., Méndez García, J., Suárez Guerrero, A.I., Suárez Guerrero, M.G. 1999. “Natural capital accounting with the Ecological Footprint concept”. *Ecological Economics* Vol. 29, Núm.3, pp. 375–390.

Waikiki Aquarium Education Department (August, 2007) http://www.waiaquarium.org/MLP/search/black_coral.html

WCED (World Commission on Environment and Development), 1987, *Our Common Future*, Oxford, United Kingdom, Oxford University Press.

Wilkinson, C., 2004, *Status of Coral Reefs of the World*, Townsville, Australia, Australian Institute of Marine Science

ANEXOS

Maestría en Administración Integral del Ambiente
“Encuesta para conocer la importancia de las actividades recreativas en la Reserva de la Biósfera Isla San Pedro Mártir”

Tipo de pescador: Deportivo

Fecha de aplicación ___/___/___

No. Encuesta _____

Lugar donde se aplica la encuesta: _____ Hora: _____

Observaciones: _____

PARTE I
Preferencias y actividades

1. ¿Cuáles son las actividades que ha realizado en la Isla San Pedro Mártir? (coloca números de acuerdo al orden de importancia)

___ Pesca deportiva

___ Caminata por la isla

___ Buceo

___ Avistamiento de mamíferos marinos

___ Snorkel

___ Otras(especifique) _____

___ Avistamiento de aves

2. ¿Qué otros lugares tomó en cuenta antes de elegir Isla San Pedro Mártir? (coloca números de acuerdo al orden de importancia)

___ Isla San Esteban

___ Queens Rock

___ Isla Turner

___ Dead man rock

___ Isla Patos

___ Cross Roads

___ Willard point

___ Barrel Point

___ Battleship rock

___ Colorado point

___ Deep reef

___ Dog bay

___ Eagle Nest

___ Monument point

___ Narrows / Christmas tree

___ Red rock point

___ Otros (especifique) _____

3. Aproximadamente cuántas veces sale a pescar en el año _____

4. De todas las veces que sale a pescar, cuántas son a la Isla San Pedro Mártir _____

5. ¿Por qué elegir Isla San Pedro Mártir?

6. ¿Qué actividades realizó en la Isla San Pedro Mártir la última vez que la visitó?
(marcar con una X)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Pesca deportiva | <input type="checkbox"/> Caminata por la isla |
| <input type="checkbox"/> Buceo | <input type="checkbox"/> Avistamiento de mamíferos marinos |
| <input type="checkbox"/> Snorkel | <input type="checkbox"/> Avistamiento de aves |
| <input type="checkbox"/> Otras(especifique) _____ | |

7. ¿Cuánto tiempo permaneció en Isla San Pedro Mártir la última vez que la visitó?

8. ¿En qué temporada visitó la Isla San Pedro Mártir? (indicar mes y año)

9. ¿Con cuántas personas iba usted acompañado cuando visitaron la Isla San Pedro Mártir?

10. ¿Qué especies ha pescado en el último año en la Isla San Pedro Mártir y en qué cantidad?

Especie	No. Peces		Especie	No. Peces
White sea bass			Yellowtail	
Black sea bass			Dolphin fish (dorado)	
Leopard grouper (golden or sardinera)			Sierra Mackerel	
Gold spotted sand bass (goldie)			Mexican Bonito	
Spotted Cabrilla (pinta)			Sailfish	
Spotted sand bass (rock bass)			Striped Marlin	
Barred Pargo			Sheepshead	
Gulf Corvina			Trigger fish	
			Flounder	

Otros:

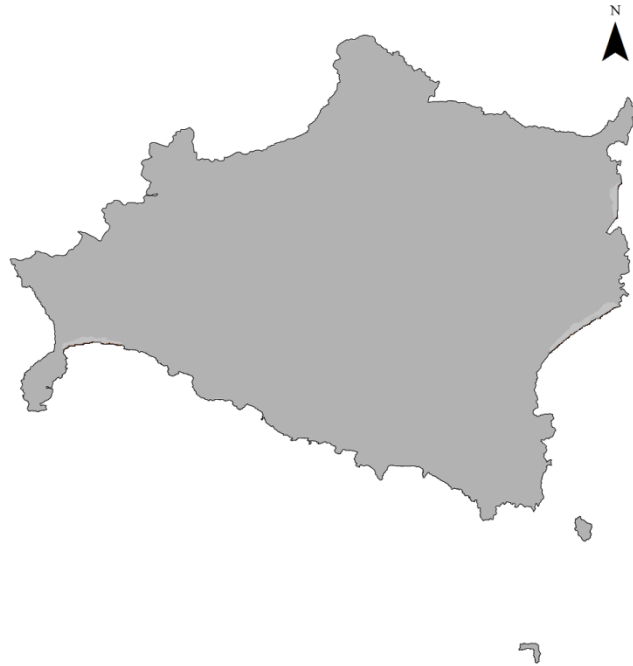
11. ¿Se comieron el pescado? ¿Lo regresaron, cuáles?

12. En promedio ¿cuál es el peso de su captura por viaje de pesca? _____ Kg

13. ¿Cuál es su opinión acerca de la calidad del área de la Isla San Pedro Mártir comparándolo con otros sitios que tienen características naturales similares de sitio? (atributos naturales del área como: limpieza del agua, paisaje, biodiversidad etc.) Marque con una X

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Excelente | <input type="checkbox"/> Mala |
| <input type="checkbox"/> Buena | <input type="checkbox"/> Pésima |

14. ¿En qué zona de la Isla San Pedro Mártir realizó sus actividades? (indique con una X en el mapa y enseguida indique la actividad que realizó)



15. ¿Cuántos viajes realiza anualmente a Isla San Pedro Mártir? _____

16. ¿Cuántas veces ha visitado la Isla en los últimos 5 años? _____

17. ¿Cuántas veces espera visitar la Isla en los próximos 5 años? _____

**PARTE II
CARACTERÍSTICAS DEL VIAJE**

18. ¿En qué tipo de embarcación viajó a la Isla San Pedro Mártir? (Marcar con una X e indicar tamaño de embarcación en pies)

Pies

___ bote con motor fuera de borda _____

___ bote con motor dentro de borda _____

19. El bote pertenece a:

___ De mi propiedad

___ Prestador de servicios turísticos ¿Cuánto se cobró por el viaje a la isla? _____

___ Otro (especifique): _____

20. ¿Aproximadamente cuánto gastó la embarcación en combustible para el viaje a la Isla San Pedro Mártir?

21. Si usted no vive todo el año en Bahía de Kino, indicar cuánto tiempo empleó en viajar desde su ciudad de residencia hacia Bahía de Kino (Indicar el número de días y/o horas)

22. ¿Qué medio de transporte utilizó para viajar a Bahía de Kino? (Marcar con una X)

Avión Automóvil: Rentado () Propio ()
 Autobús Otros (especifique) _____

23. ¿Con cuántas personas viajó hacia Bahía de Kino desde su lugar de origen?

24. En el transcurso del viaje hacia Bahía de Kino cuánto gasta en: (aproximadamente)

Transporte _____ Alojamiento _____ Alimentación _____ Gasolina _____ Otro _____

25. ¿Cuánto tiempo permanece en Bahía de Kino? (Indicar días o meses)

26. Durante su estadía en Bahía de Kino cuánto gasta en: (aproximadamente)

Transporte _____ Alojamiento _____ Alimentación _____ Otro(especifique) _____

III DISPONIBILIDAD DE PAGO

27. ¿Estaría Ud. dispuesto a contribuir con un pago con un monto mayor a la tarifa actual del programa de pago de derechos de la CONANP para conservar la Isla San Pedro Mártir con las características naturales que la definen? Si su respuesta es no ¿por qué?

28. Si su respuesta es sí ¿cuánto estaría dispuesto a pagar en pesos por visita? (Marcar con una X)

\$ 1– 20 \$ 81 – 100
 \$ 21 – 40 \$ 101 - 200
 \$ 41 – 60 \$ 201 - 300
 \$ 61 – 80 \$ 301 o más (especifique) _____

29. ¿De qué forma preferiría el pago? (Marcar con una X)

Pagando una cuota antes de partir a Isla San Pedro Mártir
 Impuesto
 Donativo Otros (especificar) _____

IV ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

30. ¿Cuál es su ocupación actual? (Marcar con una X)

Empresario Empleado privado no profesional
 Comerciante o pequeño empresario Obrero especializado
 Ejecutivo Obrero no especializado
 Profesional universitario independiente Ama de casa
 Profesional universitario empleado Estudiante

Técnico titulado independiente Jubilado o pensionado
 Técnico titulado empleado No tiene empleo
 Empleado público no profesional Otros (especificar) _____

31. Dentro de qué rango se ubica su ingreso mensual (pesos): (Marcar con una X)

Menos de \$ 3,000 \$ 12,001 – 15,000
 \$ 3,000 – 6,000 \$ 15,001 – 18,000 más
 \$ 6,001 – 9,000 \$ 18,001 – 21,000 más
 \$ 9,001 – 12,000 Más de \$ 21,001 (especificar) _____

V DATOS GENERALES

32. Sexo : Femenino Masculino

33. Edad: _____

34. Educación:

Primaria Secundaria Preparatoria Técnica Profesional
Otra (especificar) _____

35. Lugar de origen: Ciudad _____ País _____

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

¿Tiene algún comentario adicional?

Maestría en Administración Integral del Ambiente
“Survey to describe the importance of environmental and recreational services in
Biosphere Reserve Isla San Pedro Mártir”

Date _____

Place: _____ Hour: _____

1. Activities that you have done in the area (number in a descending order of importance)

_____ Sport fishing	_____ Walking on the island
_____ Diving	_____ Sea mammal watching
_____ Snorkeling	_____ Others (specify)
_____ Bird watching	

2. Did you considered other places before choosing Isla San Pedro Mártir? (number in a descending order of importance)

_____ Isla San Esteban
_____ Isla Turner
_____ Isla San Pedro Nolasco
_____ Isla Patos
_____ Willard point
_____ Others (specify) _____

3. Why did you choose to visit Isla San Pedro Mártir?

4. What activities did you do in San Pedro Martir Island the last time you visited?
(mark with an X)

_____ Sport fishing	_____ Walking on the island
_____ Diving	_____ Sea mammal watching
_____ Snorkeling	_____ Others (specify)
_____ Bird watching	

5. How long did you stay in San Pedro Martir Island the last time you visited?

6. In what season did you visit San Pedro Martir Island? (indicate month and year)

year? _____

14. Of all the times you go fishing and/or diving, how many times are to Isla San Pedro Martir? _____
15. How many times did you visit Isla San Pedro Mártir last year? _____
16. How many times did you visit San Pedro Mártir in the last 5 years? _____
17. How many times do you plan to visit San Pedro Mártir in the next 5 years? _____

II TRAVEL INFORMATION

18. What kind of boat you traveled to San Pedro Martir Island? (Mark with an X and indicate size of boat in feet) Feet

_____ boat with outboard motor _____

_____ boat with inboard motor _____

19. The boat belongs to:

_____ My property

_____ Tourist service provider. How much was paid for the trip to San Pedro Island? _____

_____ Other (specify) _____

20. Time to get Isla San Pedro Martir from San Carlos (hours) _____

21. Approximately how much fuel did you spend in the boat trip to Isla San Pedro Martir?

22. Approximately how much money did you spend in food and drinks in the boat trip to Isla San Pedro Mártir? _____

23. If you do not live all year in San Carlos, indicate how long you used to travel from your home town to San Carlos (Indicate the number of days and/or hours)

24. How did you get to San Carlos?

_____ Plane _____ Car Rental car () Own car ()

_____ Bus _____ Other (specify) _____

25. How many people traveled with you to San Carlos? _____

26. How much money did you spend to get to San Carlos? (approximate amounts in US dollars)

Transportation _____ Hotel _____ Food _____ Fuel _____ Others (specify) _____

27. How long you stay in San Carlos? (Indicate days or months) _____

III PAYMENT AVAILABILITY

28. Would you contribute to help to keep and protect San Pedro Martir Island's unique qualities by paying an amount greater than the current rate of CONANP? If your answer is no, please, explain why

29. If your answer to question 27 is yes. How much are you willing to pay per visit?

____ US \$ 2 or less

____ US \$ 8.1 – 10

____ US \$ 2.1 – 4

____ US \$ 10.1 - 20

____ US \$ 4.1 – 6

____ US \$ 20.1 - 30

____ US \$ 6.1 – 8

____ US \$ 30.1 or over (specify) _____

30. If you contributed to protect Isla San Pedro Mártir, how would you prefer to make the donation?

____ Paying an admission fee prior to travel to Isla San Pedro Mártir

____ Tax

____ Donatives

____ Others (specify)

IV SOCIO-ECONOMIC INFORMATION

30. Which of the following best describes your current occupation?

____ Corporation owner

____ Private employee (non- professional)

____ Salesman or small office owner

____ Specialized operator

____ Executive

____ Operator

____ Self employed professional

____ Homemaker

____ Employed professional

____ Student

____ Self employed college graduated

____ Retired

____ Employed college graduated

____ Not employed

____ Government: federal, state, municipal

____ Other (specify) _____

31. Approximate annual income?

____ US \$20,000 or under

____ US \$40,000 – 49,999

____ US \$20,001 – 29,999

____ US \$50,000 – 59,999

___ US \$30,000 – 39,999

___ US \$60,000 or over (specify) _____

V PERSONAL INFORMATION

32. Age: _____

33. Sex: ___ Female ___ Male

34. Education: ___ Elementary ___ High school ___ College ___ Graduate

Other(specify) _____

35. Permanent residence:

City _____ Country _____

36. Nationality: _____

THANK YOU!

Additional comments
