



**COOPERACIÓN TÉCNICA ENTRE MÉXICO Y ALEMANIA
BAJO EL PROGRAMA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO BASADA EN
ECOSISTEMAS CON EL SECTOR PRIVADO EN MÉXICO**

VN: 81223262
PN: 15.9074.4-001.00

**ANÁLISIS COSTO BENEFICIO SOCIAL (ACB) DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN BASADAS EN
ECOSISTEMAS EN TRES SITIOS PILOTO**

Paquete temático implementado por el consultor:
Paquete de Trabajo III: Desarrollo de Capacidades e Integración



José Alberto Lara Pulido

Empresa consultora:
GITEC-IGIP GmbH
(Alemania)



ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO BASADA EN ECOSISTEMAS CON EL SECTOR PRIVADO (ADAPTUR)**Índice del contenido**

INTRODUCCIÓN	1
1 CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES ANÁLISIS COSTO BENEFICIO (ACB) SOCIAL	1
2 ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS	2
REFERENCIAS	25

Lista de figuras y tablas

Figura 1:	Sitios de intervención y vegetación en San Miguel de Allende	3
Figura 2:	Sitios de intervención y vegetación en Riviera Nayarit	3
Figura 3:	Sitios de intervención y vegetación en Riviera Maya	4
Figura 4:	Distribución del VPN de pago por servicios ambientales en selva (pesos/hectárea)	8
Figura 5:	Distribución del VPN de restauración de dunas costeras (pesos/hectárea)	9
Figura 6:	Distribución del VPN de restauración de arrecifes (pesos/hectárea)	10
Figura 7:	Distribución del VPN de restauración de pastos marinos (pesos/hectárea)	11
Figura 8:	Distribución del VPN de geotubos (pesos/hectárea)	12
Figura 9:	Distribución del VPN de restauración de muro de contención (pesos/hectárea)	13
Figura 10:	Distribución del VPN de restauración de relleno de playas (pesos/hectárea)	14
Figura 11:	Distribución del VPN de restauración de humedal costero (pesos/hectárea)	15
Figura 12:	Distribución del VPN de ADVC (pesos/hectárea)	16
Figura 13:	Distribución del VPN de extracción de lirio (pesos/hectárea)	17
Figura 14:	Distribución del VPN de restauración de la ribera Los Cachinches (pesos/hectárea)	18
Figura 15:	Distribución del VPN de restauración de suelos y bosques (pesos/hectárea)	19
Figura 16:	Distribución del VPN de ADVC Hacienda Rinconcillo de Los Morales y Valle de los Senderos (pesos/hectárea)	20
Figura 17:	Distribución del VPN de corredores biológicos y áreas verdes (pesos/hectárea)	21
Figura 18:	Índice Costo Beneficio Social de las medidas analizadas para Riviera Maya	23
Figura 19:	Índice Costo Beneficio Social de las medidas analizadas para Riviera Nayarit	23
Figura 20:	Índice Costo Beneficio Social de las medidas analizadas para San Miguel de Allende	24
Tabla 1:	Medidas analizadas	5
Tabla 2:	Llegada de turistas y potencial pérdida de turistas por degradación de ecosistemas.	22

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta los resultados de un análisis costo beneficio (ACB) social desarrollado para un conjunto de medidas de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas, para San Miguel de Allende (SAM), Riviera Maya (RM) y Riviera Nayarit (RM). Estas medidas fueron previamente identificadas por los asesores regionales de la Agencia de Cooperación Alemana en México (GIZ) en cada sitio y en coordinación con actores locales. Las medidas tienen un enfoque simultáneo de fortalecimiento o sostenimiento de la actividad turística y de preservación de los ecosistemas. Este doble objetivo tiene la finalidad de compatibilizar los fines públicos y privados para contribuir al desarrollo sostenible.

En la siguiente sección se describen las consideraciones fundamentales del análisis costo beneficio, posteriormente se presentan los resultados de cada medida; y para cada una su descripción, las fuentes de información utilizadas y los resultados obtenidos. Después, se presenta una discusión de los resultados y se plantean recomendaciones generales.

1 CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES ANÁLISIS COSTO BENEFICIO (ACB) SOCIAL

El ACB social que se presenta aquí se fundamenta en el cálculo del beneficio neto o valor presente neto (VPN), el cual se calcula con la fórmula (1):

$$VPN = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+\delta)^t} \quad (1)$$

Donde B representa los beneficios del año t , C los costos del año t , T es el año final de una medida y δ es la tasa de descuento. **Si el VPN es positivo la inversión es rentable.**

El cálculo del VPN considera también externalidades ambientales (positivas o negativas) de cada medida. Estas externalidades se monetizan a partir de información de fuentes secundarias, privilegiando aquella que proviene de revistas bajo un proceso de arbitraje. En su defecto se utiliza información de reportes de organismos internacionales y multilaterales. **Si el valor presente de las externalidades es positivo significa que el proyecto genera beneficios sociales.** En este sentido un Análisis Costo Beneficio Privado se distingue de uno social en que el primero no incluye los costos y beneficios provenientes de estas externalidades.

Adicional al VPN se reporta el Índice Costo Beneficio (ICB) que se define como:

$$ICB = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+\delta)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+\delta)^t}} \quad (2)$$

Es decir, el ICB es la división de los beneficios totales descontados entre los costos totales descontados. **Si el ICB es mayor a 1 la inversión es rentable.** El ICB indica cuántos pesos de beneficios se tienen por cada peso invertido.

También se reporta una probabilidad de éxito de las medidas, que se calcula a través de una simulación Monte Carlo. Esta simulación toma en cuenta valores mínimos y máximos de los costos y beneficios de cada medida y genera rondas aleatorias de cada uno de ellos con la finalidad de estimar indicadores de rentabilidad promedio y su variación estándar. **Si la probabilidad de éxito es cercana a 100% quiere**

decir que aun considerando la variación de los costos y beneficios la medida tiene una alta probabilidad de ser rentable.

Asimismo, se establecieron algunos supuestos generales del análisis:

1. Una tasa de descuento base de 10%, la cual se basa en la utilizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para la evaluación social de proyectos sociales.¹
2. Para restauración de servicios ecosistémicos se parte de un supuesto de recuperación de dichos servicios en un horizonte de 15 años. Este periodo, un tanto arbitrario, permite modelar un incremento gradual en la recuperación de los ecosistemas y no suponer que los beneficios se dan de manera inmediata.
3. Un horizonte de evaluación (el número de año en que se contabilizan costos y beneficios) de 20 años, con la finalidad de dar no sobreestimar o subestimar los costos y beneficios de las distintas medidas.

2 ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS

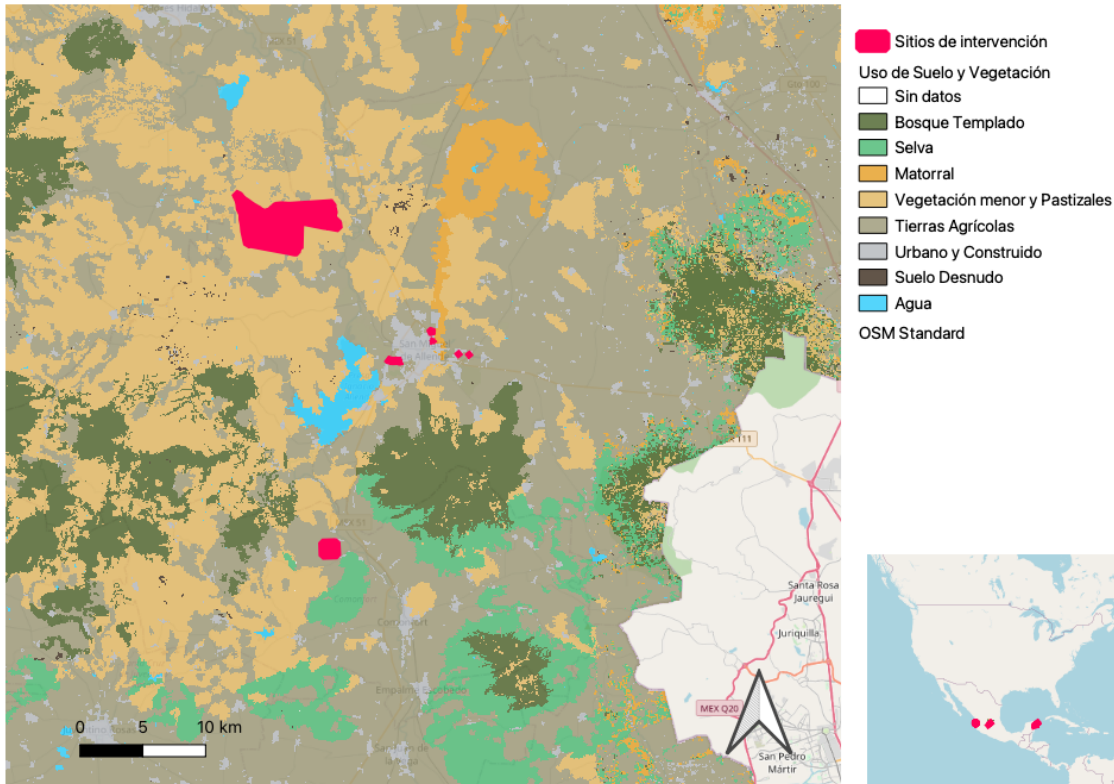
Las medidas de adaptación basada en ecosistemas analizadas se enfocan principalmente a la restauración y conservación de ecosistemas que son soporte de servicios ecosistémicos que benefician a la población en cada sitio, así como a la actividad económica. En particular, algunos de los servicios que tienen una relación más directa con la población y con la actividad económica (particularmente la turística) son:

1. Regulación de la calidad del aire (por ejemplo, menos contaminación).
2. Regulación del clima (por ejemplo, control de temperaturas extremas como ondas de calor o heladas).
3. Moderación de eventos extremos (por ejemplo, menos inundaciones).
4. Regulación de los flujos de agua (por ejemplo, más infiltración hídrica).
5. Asimilación de desechos (por ejemplo, purificación de agua).
6. Prevención de la erosión (por ejemplo, menos sedimentos en los cuerpos de agua y/o deslaves).
7. Polinización (conservación y/o mejora en la salud de ecosistemas y por tanto, incremento en la resiliencia ante el cambio climático)
8. Control biológico (por ejemplo, menos probabilidad de plagas en cultivos o de exposición ante virus).
9. Mayor biodiversidad (mantiene o mejora el atractivo turístico de la zona).
10. Belleza escénica, la cual es soporte de la actividad turística.

Los ecosistemas que existen en las áreas de estudio son matorrales, selvas y áreas adyacentes a cuerpos de agua (Ver Figuras 1, 2 y 3). Las medidas analizadas se muestran en la tabla 1.

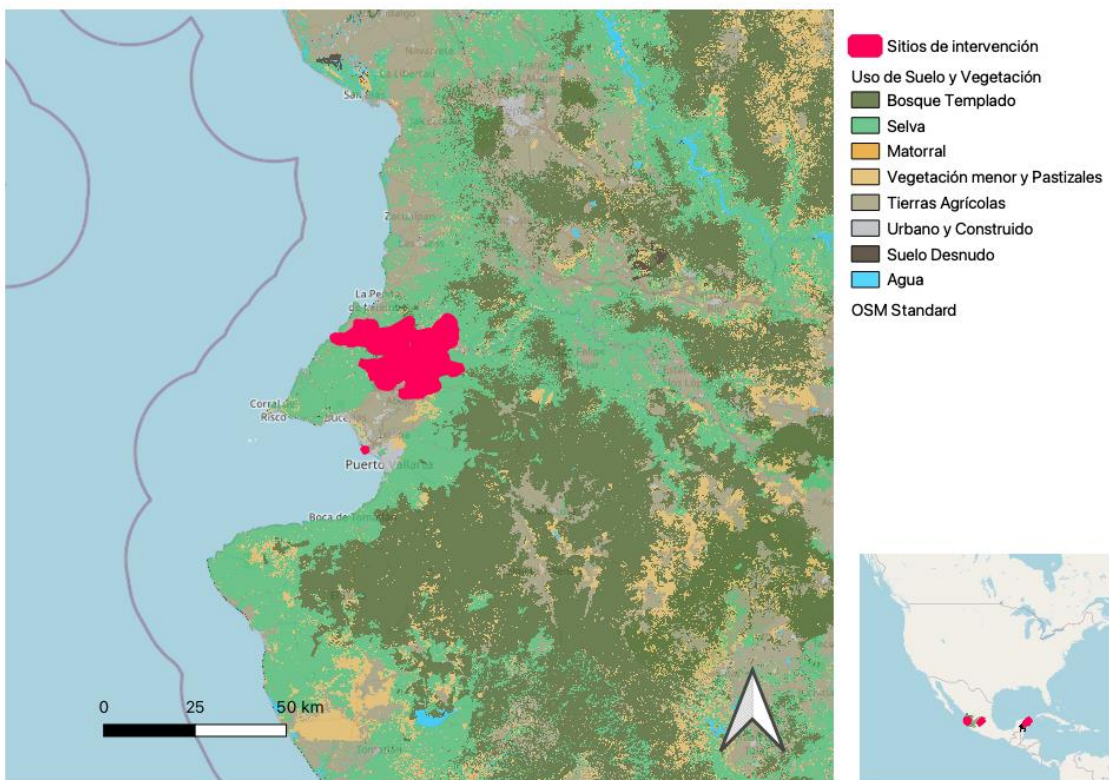
¹ <https://www.gob.mx/shcp/documentos/tasa-social-de-descuento-tds>

Figura 1: Sitios de intervención y vegetación en San Miguel de Allende

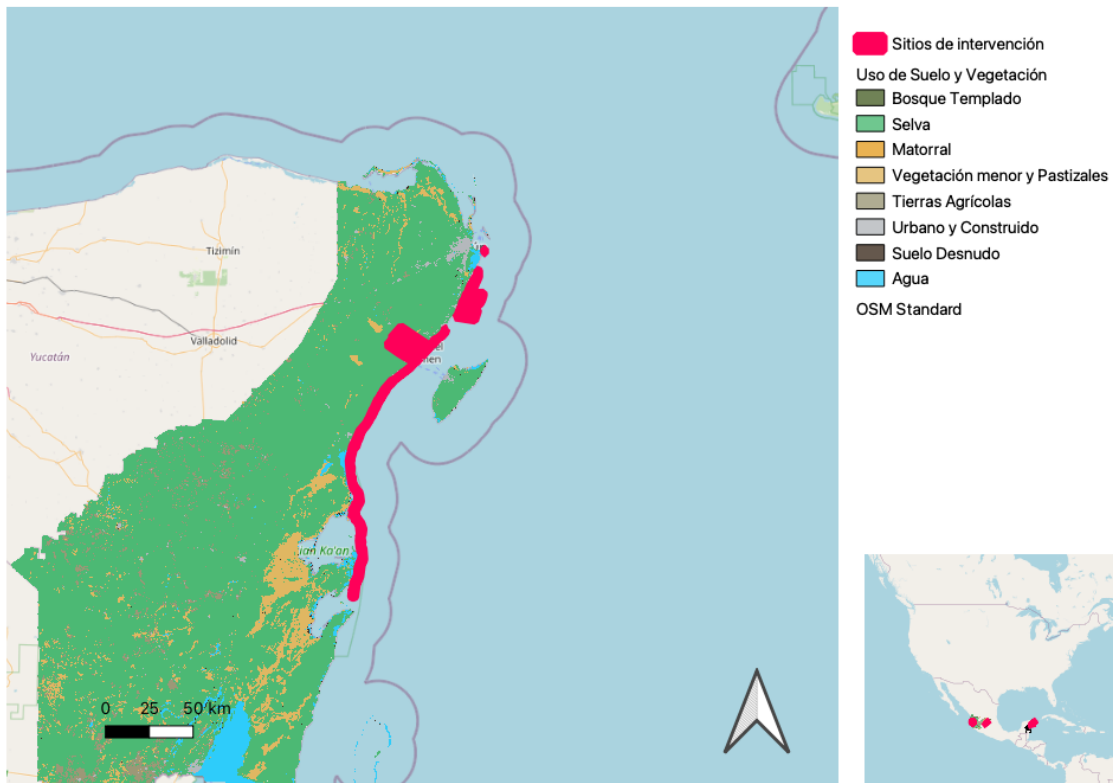


Fuente: Elaboración propia con información de CONABIO (2018) e información de las fichas descriptivas de cada medida.

Figura 2: Sitios de intervención y vegetación en Riviera Nayarit



Fuente: Elaboración propia con información de CONABIO (2018) e información de las fichas descriptivas de cada medida.

Figura 3: Sitios de intervención y vegetación en Riviera Maya

Fuente: Elaboración propia con información de CONABIO (2018) e información de las fichas descriptivas de cada medida.

Tabla 1: Medidas analizadas

Sitio	Nombre	Localización	Ecosistema	Extensión (hectáreas)	Actividades específicas
Riviera Maya	PSA acuífero en selva	Ejido Cozumel, Quintana Roo	Selva	25	Pago por Servicios Ambientales (fondos concurrentes) con la finalidad
	Restauración de dunas costeras	Puerto Morelos, Quintana Roo	Sistemas costeros	9	Rehabilitación de la vegetación de la duna costera con vegetación nativa
	Restauración de arrecifes	Arrecifes en Quintana Roo	Arrecifes de coral	29,426	Manejo sustentable, conservación, restauración y/o rehabilitación de arrecifes
	Restauración de pastos marinos	Puerto Morelos, Quintana Roo	Pastos marinos	4475	Manejo sustentable, conservación, restauración y/o rehabilitación de pastos marinos
Riviera Nayarit	ANP Boca Negra-Boca de Tomates	Boca Negra, Boca de Tomates, delta Río Ameca	Humedal costero	150	Vigilancia de las actividades humanas, reforestación de manglar, restauración de áreas degradadas con vegetación nativa, mejorar la conectividad de las áreas, prevención de incendios forestales, monitoreo de la biodiversidad.
	ADVC Sierra de Vallejo	Sierra de Vallejo, Bahía de Banderas	Selva mediana subcaducifolia	30	Vigilancia de las actividades humanas, reforestación de manglar, restauración de áreas degradadas con vegetación nativa, mejorar la conectividad de las áreas, prevención de incendios forestales, monitoreo de la biodiversidad.
	ADVC Jardín Botánico Puerto Vallarta	Ejido Las Juntas y los Veranos, Cabo Corrientes, Jalisco	Selva mediana subcaducifolia	34.7	Vigilancia de las actividades humanas, reforestación de manglar, restauración de áreas degradadas con vegetación nativa, mejorar la conectividad de las áreas, prevención de incendios forestales, monitoreo de la biodiversidad.
	Manejo de plantas acuáticas invasoras	Estero de San Francisco, Bahía de Banderas	Humedal costero	4	Extracción mecánica de lirio y lechuguilla acuáticas con la participación de los pescadores locales con una embarcación de motor y redes adaptadas para el arrastre del lirio a la orilla, de donde se trasladará a centros de compostaje local, para generar insumos que permitan mejorar suelos, beneficiando así a la agricultura local.
San Miguel de Allende	Restauración ribera (7.5+1.2+1.8 km) tramos de arroyo Cachinches	Arroyo Los Cachinches, San Miguel de Allende	Matorral alto espinoso y selva baja caducifolia	17	Desazolve y saneamiento del cauce de agua, reforestación y restauración de la ribera/PTAR/equipamiento actividad turística/clausura descargas clandestinas
	Restauración de bosques (Río Laja y ejido Las Tinajas) [2 medidas]	Ejidos Los Torres y El Salitre, San Miguel de Allende	Bosque de encino y selva baja caducifolia	600	Presas filtrantes / terrazas de piedra / brechas cortafuego / reforestación
	ADVC hacienda Rinconcillo de Los Morales y Valle de Los Senderos	Hacienda Rinconcillo de los Morales, localidad Morales, municipio Comonfort	Matorral alto espinoso y selva baja caducifolia	1500	Realizar acciones de conservación de las especies nativas y de la biodiversidad, así como acciones de restauración de suelo que aumenten la filtración de agua al acuífero y detener la erosión.

Tabla 1 Medidas analizadas (continuación)

Sitio	Nombre	Localización	Ecosistema	Extensión (hectáreas)	Actividades específicas
San Miguel de Allende	Corredores biológicos y áreas verdes	Cañada del Obraje, parques Clouthier, Zeferino Torres y Bicentenario, Landeta y ribera del arroyo Cachinches.	Matorral alto espinoso y selva baja caducifolia	2,500	Protección, conservación, restauración y áreas naturales protegidas. Uso de especies nativas.
	Restauración de suelo y bosque [2 medidas]	Predios Loma Dimas, Corral de Piedras, Santa María Támara y Sosnabar, Predio Doña Juana, ejido Doña Juana, localidad Doña Juana, municipio San Miguel de Allende	Bosque de encino y selva baja caducifolia	500	Construcción de presas filtrantes y terrazas de piedra acomodada a curva de nivel, además de reforestación de especies endémicas, para detener la erosión del suelo y recuperar el acuífero.

Fuente: Elaboración propia con información de las fichas descriptivas de cada medida

a. Riviera Maya

En este sitio se analizaron un pago por servicios ambientales en selva, restauración de dunas costeras, restauración de arrecifes y restauración de pastos marinos como medidas de Adaptación Basadas en Ecosistemas (ABE). Adicionalmente, se realizó un análisis de medidas tradicionales, en específico, la instalación de estructuras paralelas a la costa, la construcción de un muro de contención y el relleno de playas. Estas medidas se han realizado tradicionalmente en lugar de un enfoque de ecosistemas (por ejemplo, en lugar de la restauración de arrecifes, de dunas costeras y de pastos marinos).

Pago por servicios ambientales en selva

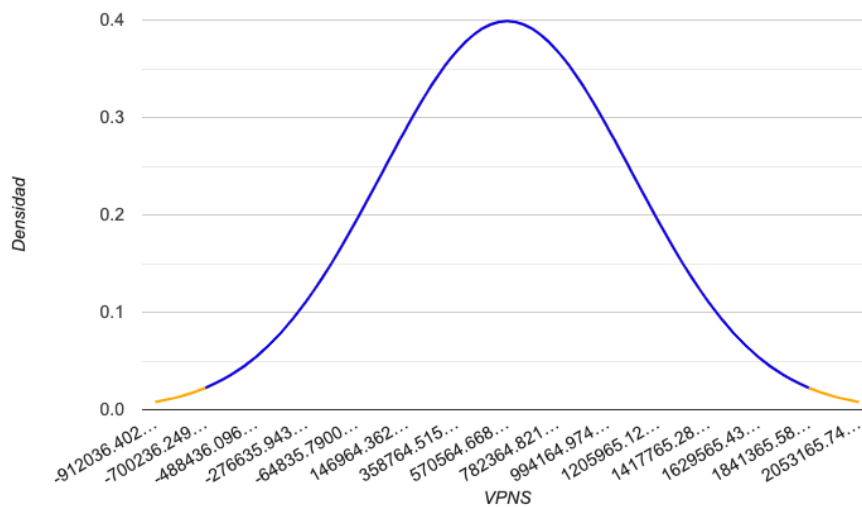
Para esta medida se consideró el valor de los servicios ecosistémicos de bosques tropicales reportado por de Groot et al. (2012), que asciende a 5,264 dólares por hectárea al año, un valor mínimo de 1,581 dólares/ha/año y máximo de 20,851 dólares/ha/año. Estos montos se adaptaron al poder adquisitivo de México con base en un factor de 0.5, de acuerdo con el Banco Mundial², se consideró un tipo de cambio de 23 pesos por dólar, y se consideró la inflación de Estados Unidos entre 2012 (año del valor reportado por de Groot et al., (2012) y septiembre 2020. Con este cálculo se obtuvo que el valor de los servicios ecosistémicos de una hectárea de selva en México está en un promedio de 62,641 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 18,813 pesos/ha/año y máximo de 248,127 pesos/ha/año.

Respecto a los costos se consideró el pago por servicios ambientales (PSA) establecido por CONAFOR 2020 de 800 pesos/ha/año para este tipo de vegetación. Asimismo, se consideró que una persona se dedica de tiempo completo a la administración del mecanismo de PSA. El salario se fijó en 20,000 pesos mensuales, de acuerdo con los niveles salarios del gobierno del estado de Quintana Roo.³

Para el análisis se partió del supuesto de que se establece el PSA en un área de mil hectáreas. Los resultados del análisis indican que el VPN social asciende a 570.6 mil pesos por hectárea y el ICB a 54.68 pesos. La probabilidad de éxito es de 86% (ver Figura 4, en la que se muestra la distribución del VPN de esta medida, la cual en 86% de los casos es positiva).

² <https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PPPC.RF>

³ <http://transparencia.groo.gob.mx/documentos/2017/11/6b46258445623201bda52cbf8943944b.pdf>

Figura 4: Distribución del VPN de pago por servicios ambientales en selva (pesos/hectárea)

Nota: en azul el intervalo del 99%.

Rehabilitación de dunas costeras

Se realizó el ACB social de la rehabilitación de dunas costeras considerando información del valor de los servicios ecosistémicos de sistemas costeros⁴ reportado por de Groot et al. (2012). Considerando el poder adquisitivo y la inflación de México como se explicó en la medida anterior se obtiene que el valor de los servicios ecosistémicos de una hectárea de este ecosistema ascienden a 344,112 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 224,041 pesos/ha/año y uno máximo de 464,183 pesos/ha/año. Dado que se trata de una rehabilitación, se parte del supuesto de que los servicios ecosistémicos se van incrementando gradualmente, empezando de niveles muy bajos (prácticamente cero) hasta alcanzar su valor máximo después de 15 años. Este aumento gradual se modeló considerando el modelo de difusión de Bass (1969), calculándose los parámetros requeridos para que se obtuviera el valor máximo en el periodo señalado de 15 años.

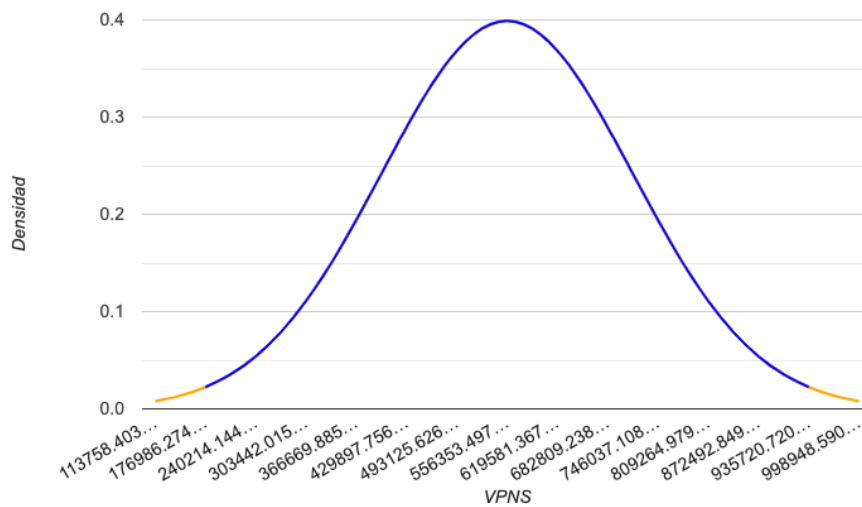
Respecto a los costos de restauración y mantenimiento se considera el trabajo de Pérez-Maqueo et al. (2013), los cuales transformándolos al contexto mexicano⁵ ascienden a 143,430 pesos/ha y 26,525 pesos/ha/año, respectivamente.

Con estos datos se obtiene un VPN de 556.4 mil pesos/ha, un ICB de 2.58 pesos y una probabilidad de éxito de 99.9% (ver Figura 5).

⁴ Incluye pastos marinos, plataforma continental, playas rocosas y arenosas. Los arrecifes de coral y humedales costeros están clasificados como ecosistemas aparte por su especial importancia en términos de servicios ecosistémicos por de Groot et al.

⁵ Como se ha indicado, tomando en cuenta el poder adquisitivo y nivel de inflación de México

Figura 5: Distribución del VPN de restauración de dunas costeras (pesos/hectárea)



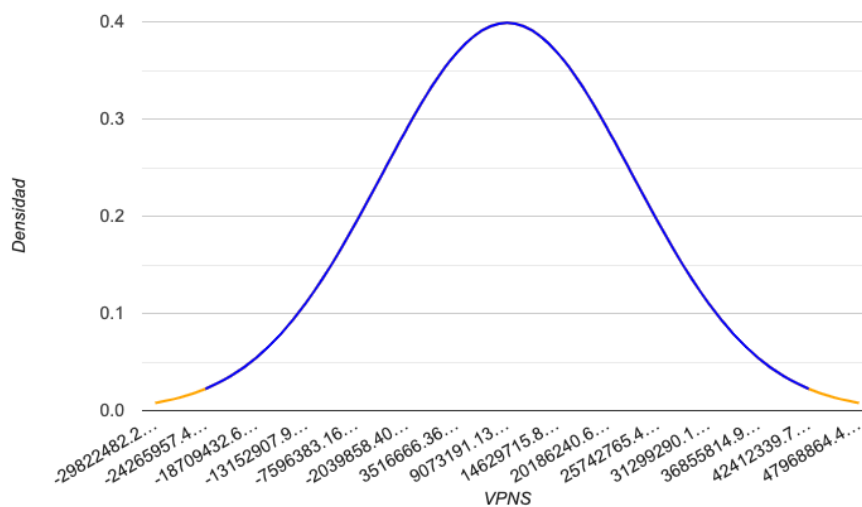
Nota: en azul el intervalo del 99%.

Restauración de arrecifes

Se consideró el valor de los servicios ecosistémicos reportado por de Groot et al. (2012) para arrecifes, el cual con su debida transformación al contexto mexicano asciende a 3.5 millones de pesos por hectárea al año, con un valor mínimo de 367 mil pesos/ha/año y uno máximo de 21.3 millones de pesos/ha/año. Al igual que en el caso anterior se consideró que los servicios ecosistémicos se van recuperando gradualmente en un periodo de aproximadamente 15 años.

Con lo que respecta a los costos de restauración se tomó el dato de Bayraktarov et al. (2016), quienes reportan un valor para este rubro de países desarrollados equivalente a 184,320 pesos/ha, con un valor mínimo y máximo de 184,320 pesos/ha y uno máximo de 1,214,520 pesos/ha. Además, se supone un mantenimiento anual de 5% de estos costos.

Los resultados indican que el VPN es igual a 9.1 millones de pesos por hectárea y el ICB a 36.43 pesos, con una probabilidad de éxito de 74% (Ver figura 6).

Figura 6: Distribución del VPN de restauración de arrecifes (pesos/hectárea)

Nota: en azul el intervalo del 99%.

Restauración de pastos marinos

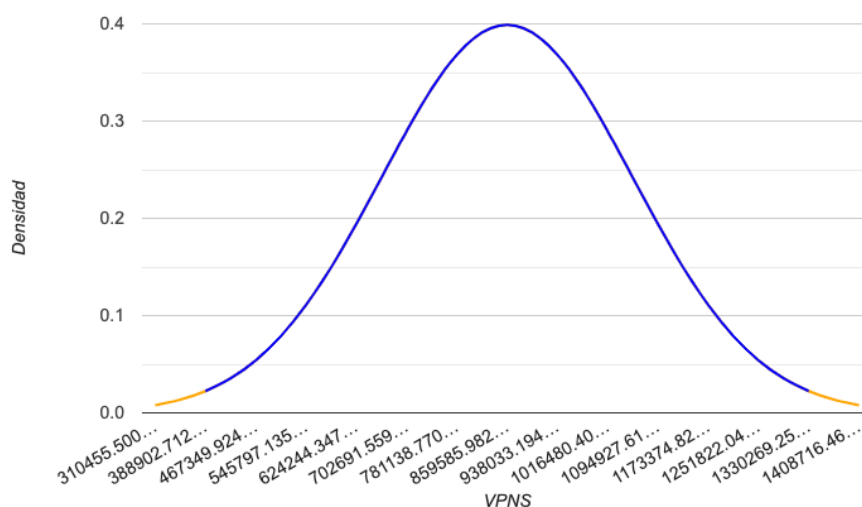
Esta medida considera la restauración de pastos marinos, y en particular dicha restauración en una extensión de 2 hectáreas, que se van multiplicando año con año, hasta cubrir una extensión de 51 hectáreas. El valor de los servicios ecosistémicos se tomó de de Groot et al. (2012) para ecosistemas costeros⁶, mismo que se estima en 344,112 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 224,041 pesos/ha/año y uno máximo de 464,183 pesos/ha/año. Se parte del supuesto de que este valor va aumentando gradualmente en un periodo de 15 años como en casos anteriores.

Los costos de restauración se tomaron de Pérez-Maqueo et al. (2013), ascendiendo a 1.27 millones de pesos por hectárea. Asimismo, de acuerdo con una consulta a una experta local en Riviera Maya⁷ se planteó que esta restauración no requiere de un mantenimiento.

Con esta información se estima que el VPN es igual a 859.6 mil pesos por hectárea, el ICB igual a 18.4 pesos y la probabilidad de éxito de 100% (ver Figura 7).

⁶ Incluye pastos marinos, plataforma continental, playas rocosas y arenosas. Los arrecifes de coral y humedales costeros están clasificados como ecosistemas aparte por su especial importancia en términos de servicios ecosistémicos por de Groot et al. de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Christie, M., Crossmang, N., Ghermandii, A., Heina, L., Hussainj, S., Kumark, P., McVittiej, A., Portelal, R., Rodriguezg, L. C., ten Brinkm, P., & van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 50-61. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>

⁷ Dra. Brigitta Van Tussenbroek, Unidad Académica: Sistemas Arrecifales Puerto Morelos, UNAM.

Figura 7: Distribución del VPN de restauración de pastos marinos (pesos/hectárea)

Nota: en azul el intervalo del 99%.

Escenarios contrafactuales

Como complemento a las medidas analizadas de Riviera Maya, se realizó un análisis para escenarios alternativos que se han realizado en la zona de estudio tradicionalmente, a saber, el establecimiento de geotubos, de muros de contención y relleno de playas.

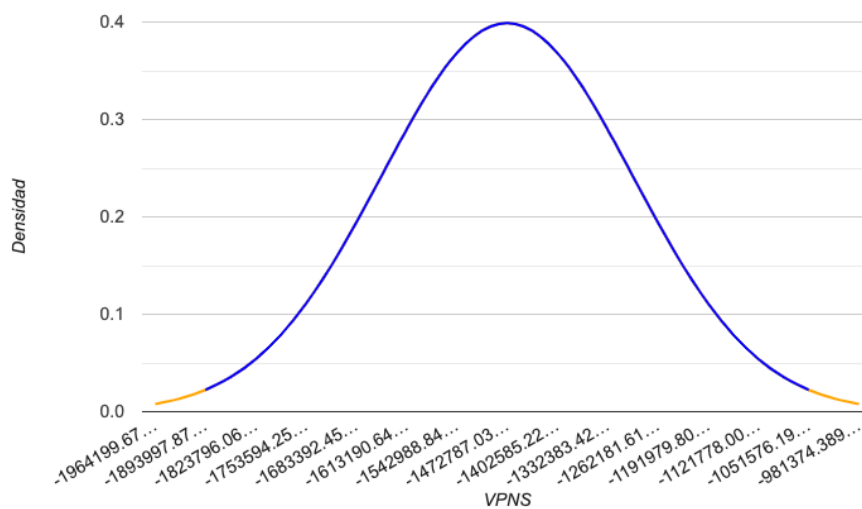
Geotubos

Se considera que este tipo de estructura mantiene el valor de los servicios recreativos de la playa (turismo), los cuales de acuerdo con Pérez-Maqueo et al. (2013), y una vez adaptados al contexto mexicano, ascienden a 145.1 mil pesos/ha/año, con un valor mínimo de 99.8 mil pesos/ha/año y un máximo de 188.5 mil pesos/ha/año.⁸

Respecto a los costos se tomó el estimado de Pérez-Maqueo et al. (2013) que asciende a un valor actualizado y adaptado para México de 1.5 millones de pesos/ha por la infraestructura y 10% por mantenimiento a partir de información de Blacka et al. (2017).

Con esta información se obtiene un VPN de -1.5 millones de pesos por hectárea, un ICB de 0.4 pesos, y una probabilidad de éxito de 0% (Ver Figura 8).

⁸ Cabe señalar que este tipo de infraestructura tiene efectos negativos como la erosión (ver por ejemplo Phong et al., Phong, N. T., Parnell, K. E., & Cottrell, A. (2017). Human activities and coastal erosion on the Kien Giang coast, Vietnam. *Journal of Coastal Conservation*, 21(6), 967-979. <https://doi.org/10.1007/s11852-017-0566-9> . Para incorporar este efecto consideramos que el servicio de protección ante la erosión no está presente en esta medida, pero sí lo está en otras medidas basadas en ecosistemas. Si se incorporara en esta medida habría una doble contabilidad cuando se comparen las medidas basadas en ecosistemas con esta.

Figura 8: Distribución del VPN de geotubos (pesos/hectárea)

Nota: en azul el intervalo del 99%.

Muro de contención

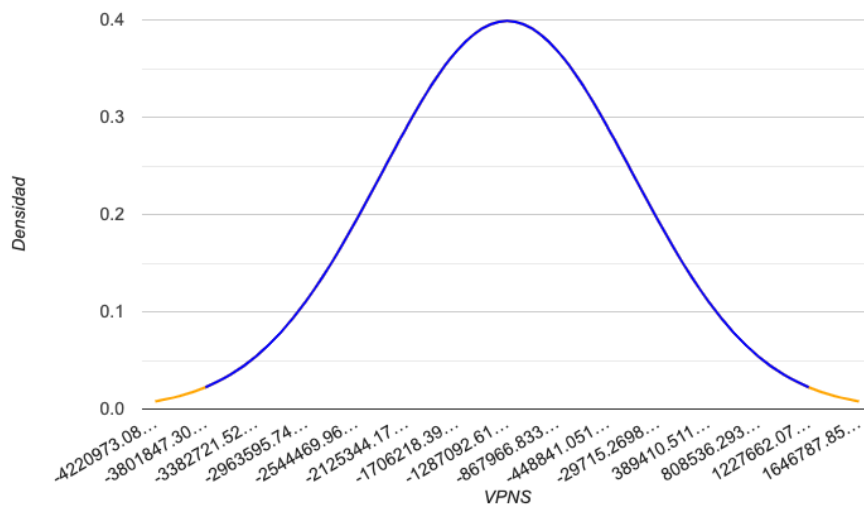
Para esta medida se consideró el mismo valor de los servicios de recreación de playa de la medida anterior.⁹

Respecto a los costos, tanto de restauración como de mantenimiento se consideró el trabajo de Blacka et al. (2017), los cuales equivalen para México a 22,950 pesos/metro lineal y 99.45 pesos/metro lineal, respectivamente. Asimismo, se está suponiendo que hay un área de costa de 20 metros. Es decir, el muro de contención protege un área de costa de esos 20 metros.

Con esta información se obtiene un VPN de -158.2 mil pesos/ha, un ICB de 0.88 pesos y una probabilidad de éxito de 44% (Ver Figura 9).

⁹ Ver pie de página 8.

Figura 9: Distribución del VPN de restauración de muro de contención (pesos/hectárea)



Nota: en azul el intervalo del 99%.

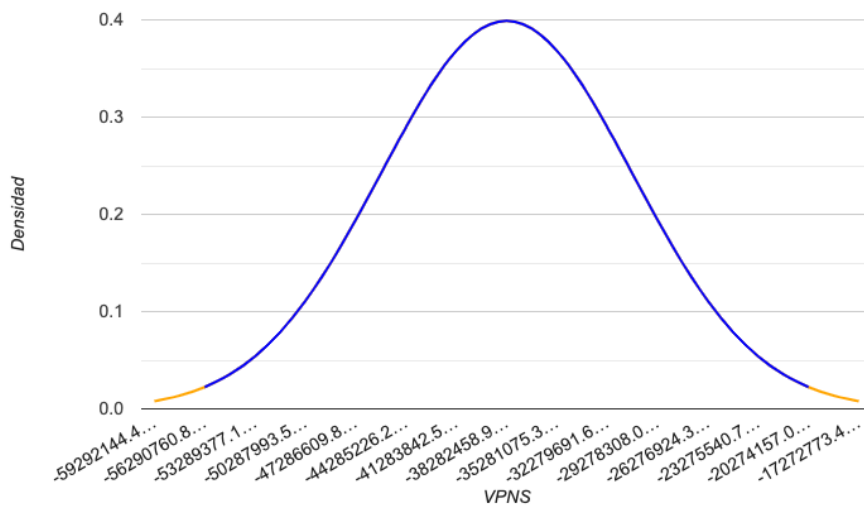
Relleno de playas

Para el valor del servicio recreativo de las playas se utilizó lo reportado por Pérez-Maqueo et al. (2013), que adaptado para México asciende a 122,451 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 99.8 mil pesos/ha/año y uno máximo de 145.0 mil pesos/ha/año.

Con lo que respecta al costo de restauración se utilizaron datos de Hoagland et al. (2011) quienes reportan un valor que equivale en México a 818.9 mil pesos por metro de playa. Igual que en el caso anterior, se parte del supuesto de que hay una línea de playa de 20 metros tierra adentro.

Con esta información se obtiene un VPN negativo de -38.3 millones de pesos por hectárea, un ICB de 0.02 pesos y una probabilidad de éxito de 0% (Ver Figura 10).

Figura 10: Distribución del VPN de restauración de relleno de playas (pesos/hectárea)



Nota: en azul el intervalo del 99%.

b. Riviera Nayarit

En este sitio se analizaron esquemas de conservación de ecosistemas como medidas de adaptación al cambio climático, ya sea a través de Áreas Naturales Protegidas (ANP) o de Áreas Dedicadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), así como el manejo de plantas acuáticas invasoras.

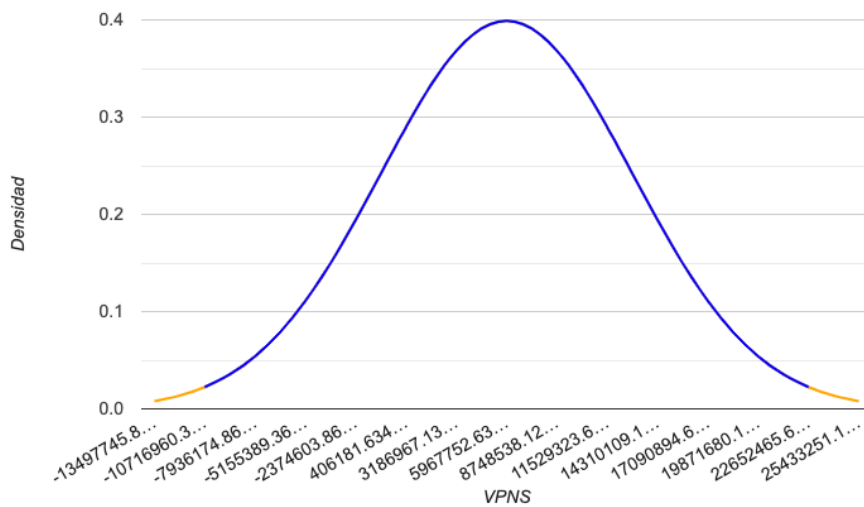
Área Natural Protegida (ANP) Boca Negra y Boca de Tomates

Para esta medida se consideró el valor de de Groot et al. (2012) referente a humedales costeros, el cual adaptado para México asciende a 2.3 millones de pesos/ha/año, con un valor mínimo de 3,570 pesos/ha/año y uno máximo de 10.6 millones de pesos/ha/año.

Se está suponiendo también que hay un proceso de restauración del humedal, el cual tiene un costo de 36,000 pesos/ha con información adaptada de Narayan et al. (2016) y suponemos un costo de mantenimiento de 10% anual. Además, se considera el costo de establecimiento y operación de un área protegida con base en una adaptación para México del trabajo de (2004), el cual asciende a 8,842 pesos/ha/año. El área en la que se piensa establecer esta medida es de 150 hectáreas.

Con estos datos se obtiene un VPN de 6.0 millones de pesos/ha, un ICB de 45.32, y una probabilidad de éxito de 80% (Ver Figura 11).

Figura 11: Distribución del VPN de restauración de humedal costero (pesos/hectárea)



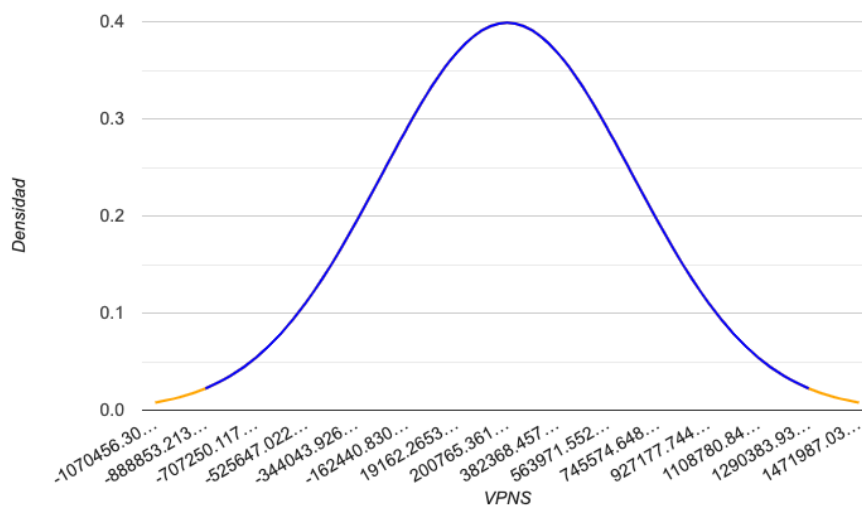
Nota: en azul el intervalo del 99%.

Áreas Dedicadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) (Sierra de Vallejo y Jardín Botánico Puerto Vallarta)

Se considera el establecimiento de 2 ADVC, una de 30 hectáreas (Sierra de Vallejo) y otra de 34.7 hectáreas (Jardín Botánico Puerto Vallarta). El valor de los servicios ecosistémicos se tomó de de Groot et al. (2012) para un ecosistema de selva, ascendiendo a 62,641 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 18,813 pesos/ha/año y máximo de 248,127 pesos/ha/año.

El costo de establecimiento y mantenimiento del ADVC se ajustó a partir del trabajo de Bruner et al.(2004) y asciende a entre 31.3 mil y 35.5 mil pesos/ha/año.

Con esta información se encuentra un VPN de 200.7 mil pesos/ha, un ICB de 1.67 pesos y una probabilidad de éxito de 67% (Ver Figura 12).

Figura 12: Distribución del VPN de ADVC (pesos/hectárea)

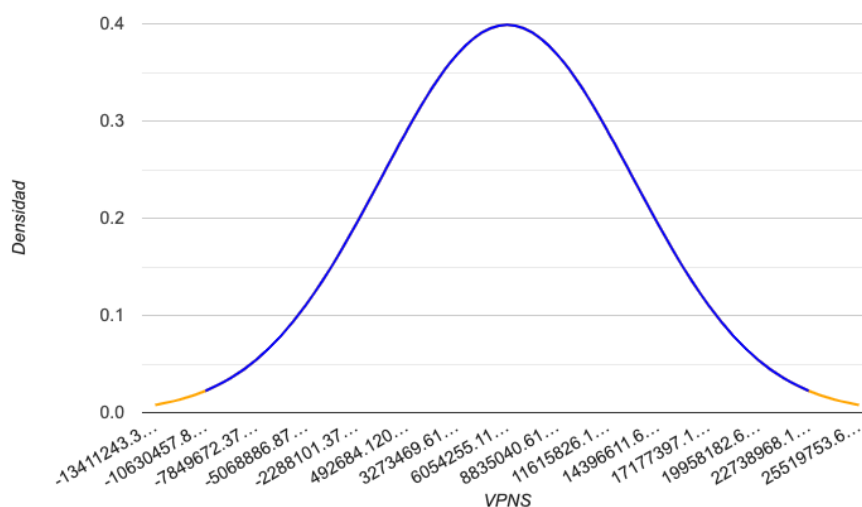
Nota: en azul el intervalo del 99%.

Manejo de plantas acuáticas invasoras

Para esta medida se consideró el estimado de de Groot et al. (2012) para humedales costeros que adaptado para México asciende a 2.3 millones de pesos/ha/año, con un valor mínimo de 3,570 pesos/ha/año y uno máximo de 10.6 millones de pesos/ha/año. El área a restaurar es de 4 hectáreas. Dado que se trata de una restauración se adoptó el supuesto, como en algunos casos anteriores, de una recuperación gradual de los servicios ecosistémicos en 15 años.

Los costos de restauración se obtuvieron de Camarena Medrano & Aguilar Zepeda (2013), los cuales una vez actualizados ascienden a 26.9 mil pesos/ha. Además, se está suponiendo un costo de mantenimiento del 10% sobre esta inversión.

Con esta información se encuentra un VPN de 6.1 millones de pesos/ha, un ICB de 126.7 pesos y una probabilidad de éxito de 81% (Ver Figura 13).

Figura 13: Distribución del VPN de extracción de lirio (pesos/hectárea)

Nota: en azul el intervalo del 99%.

c. San Miguel de Allende

En este sitio se analizaron medidas de adaptación al cambio climático relacionadas con la restauración de riberas, de bosques y suelos, y establecimiento de áreas protegidas.

Restauración de la ribera del Arroyo Los Cachinches

Se modeló la restauración de un área de 17 hectáreas de la ribera del Arroyo Los Cachinches. Se consideraron los servicios de calidad de agua, el goce de un entorno naturalizado (bajo el supuesto de que las obras consideren elementos naturales en su construcción), el incremento de la biodiversidad y el goce de infraestructura turística y recreativa a lo largo de la ribera. Para su valor monetario se utilizaron datos de Chen et al. (2018), los cuales adaptados para México ascienden a 1,048 pesos/hogar/año (mín.: 785.4, máx.: 1,645.0) por calidad del agua, a 92.8 pesos/hogar/año (mín.: 50.6, máx.: 136.9) por un entorno naturalizado, a 473.1 pesos/hogar/año (mín.: 273.8, máx.: 771.2) por concepto de biodiversidad, a 179.4 pesos/hogar/año (mín.: 36.5, máx.: 374.4) por el goce de infraestructura recreativa/turística.

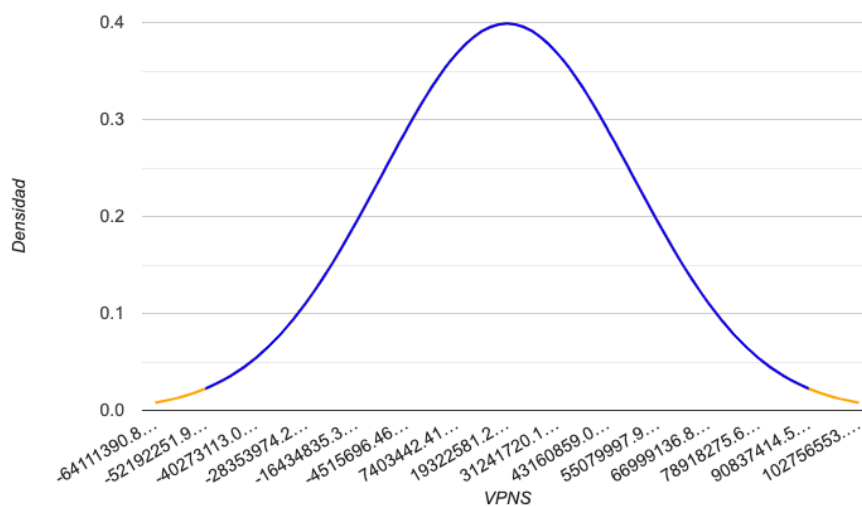
Para el costo de la infraestructura se consideró la manifestación de impacto ambiental del proyecto “Dignificación de Imagen Urbana del Arroyo de los Cachinches y de la Zona Federal Aledaña”¹⁰, el cual actualizado a precios de 2020 asciende a 97.3 millones de pesos. Además, se está suponiendo un costo de mantenimiento de 10% de esta inversión.

Con estos datos se obtiene un VPN de 19.3 millones de pesos, un ICB de 1.11 y una probabilidad de éxito de 74% (Ver Figura 14).

¹⁰ <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/gto/estudios/2011/11GU2011H0036.pdf>

Es importante señalar que el éxito de esta medida está relacionada de manera muy estrecha a las actividades que se realicen cuenca arriba. Por ejemplo, la erosión, la calidad y cantidad de agua que provengan cuenca arriba impactarán de manera negativa o positiva la condición que se presente en la ribera. Por tanto, los beneficios se generaran en la medida de que se maneje la cuenca desde una visión integral.

Figura 14: Distribución del VPN de restauración de la ribera Los Cachinches (pesos/hectárea)



Nota: en azul el intervalo del 99%.

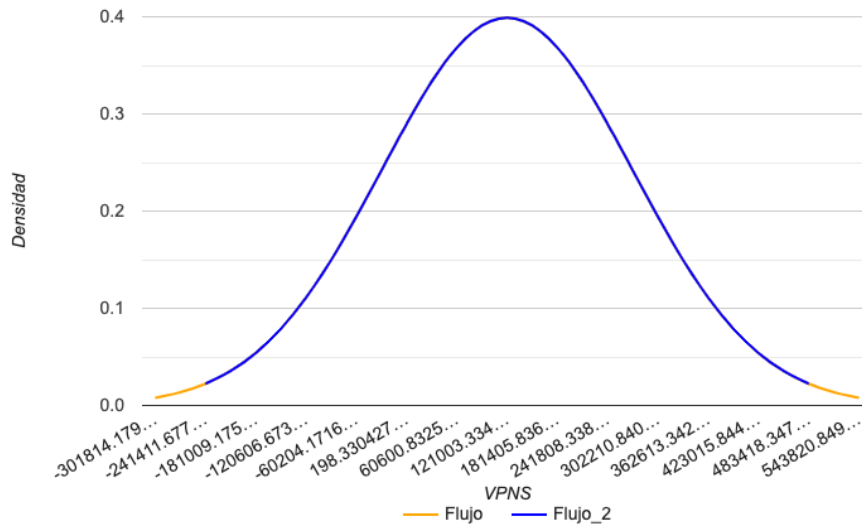
Restauración de suelo y bosque en ejidos de la cuenca alta del Río Laja, en el ejido Las Tinajas y en la microcuenca Doña Juana

Se consideró un área tipo de 600 hectáreas para restauración de suelos y bosques. El valor de los servicios ecosistémicos se tomó de de Groot et al. (2012) correspondiente a bosques tropicales, el cual asciende adaptado para México a 62,641 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 18,813 pesos/ha/año y máximo de 248,127 pesos/ha/año. Dado que es una restauración se supone un incremento gradual de los servicios ecosistémicos en un periodo de 15 años.

Los costos se tomaron de Molin et al. (2018), los cuales adaptados para México ascienden a 25,000 pesos/ha, con un valor mínimo de 16,667 pesos/ha y uno máximo de 33,333 pesos/ha. Además, se considera un mantenimiento de las obras de restauración de 10% anual.

Con esta información se obtiene un VPN de 121 mil pesos/ha, un ICB de 3.71 pesos y una probabilidad de éxito de 79% (Ver Figura 15).

Figura 15: Distribución del VPN de restauración de suelos y bosques (pesos/hectárea)



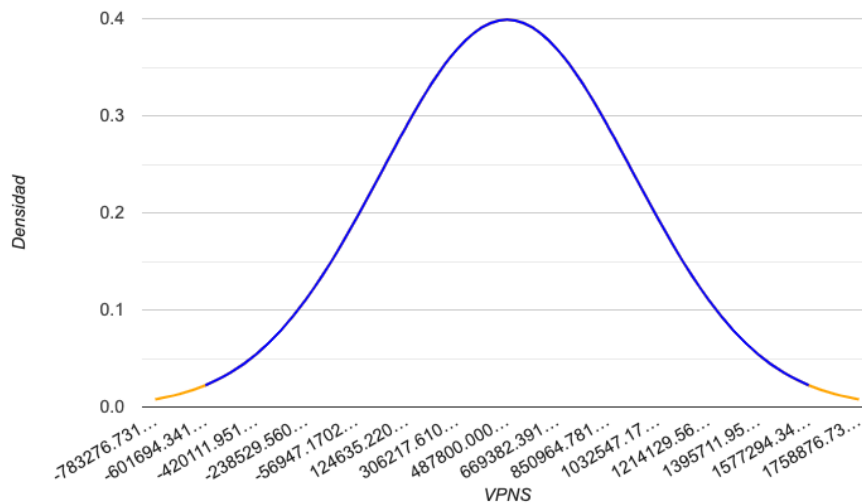
Nota: en azul el intervalo del 99%.

ADVC Hacienda Rinconcillo de Los Morales y Valle de Los Senderos

Se planteó el establecimiento de una ADVC de 1,500 hectáreas. Al igual que en el caso anterior el valor de los servicios ecosistémicos se tomó de de Groot et al. (2012) correspondiente a bosques tropicales, que asciende adaptado para México a 62,641 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 18,813 pesos/ha/año y máximo de 248,127 pesos/ha/año.

El costo de establecimiento y mantenimiento del área protegida se adaptó con información de Bruner et al. (2004) y asciende a 1,177 pesos/ha/año.

El VPN obtenido asciende a 487.8 mil pesos/ha, el ICB a 47.57 y la probabilidad de éxito a 86% (Ver Figura 16).

Figura 16: Distribución del VPN de ADVC Hacienda Rinconcillo de Los Morales y Valle de los Senderos (pesos/hectárea)

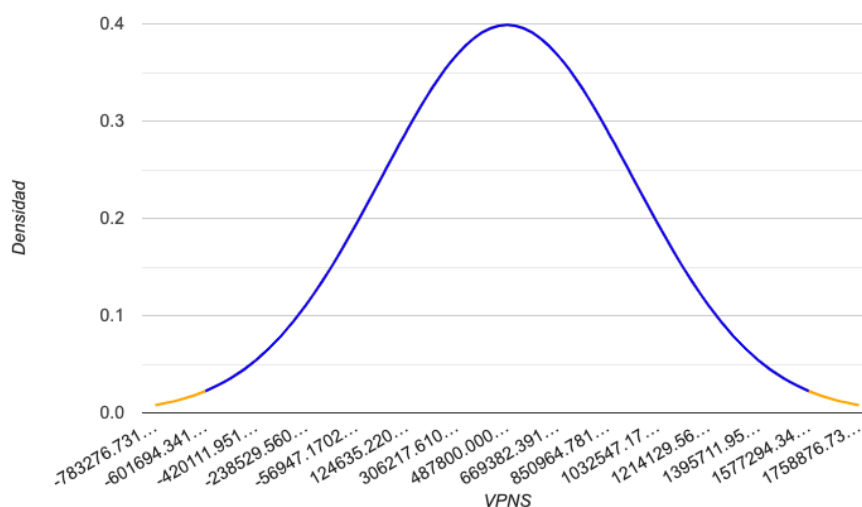
Nota: en azul el intervalo del 99%.

Corredores biológicos y áreas verdes

Se considera el establecimiento de áreas protegidas y de restauración en una extensión de 2,500 hectáreas. Como en otros casos se consideró el valor reportado por de Groot et al. (2012) correspondiente a bosques tropicales, que asciende adaptado para México a 62,641 pesos/ha/año, con un valor mínimo de 18,813 pesos/ha/año y máximo de 248,127 pesos/ha/año. Se parte del supuesto de que los servicios ecosistémicos se van recuperando gradualmente en un periodo de 15 años.

El costo de establecimiento y mantenimiento del área protegida se adaptó con información de Bruner et al. (2004) y asciende a 751.9 pesos/ha/año. Además, las obras de restauración se costearon con información de Molin et al. (2018), los cuales adaptados para México ascienden a 25,000 pesos/ha, con un valor mínimo de 16,667 pesos/ha y uno máximo de 33,333 pesos/ha. Asimismo, se supone un 10% de mantenimiento de las obras de restauración.

Los resultados indican que el VPN es igual a 111.9 mil pesos/ha/año, con un ICB de 2.08 pesos y una probabilidad de éxito de 77% (Ver Figura 17).

Figura 17: Distribución del VPN de corredores biológicos y áreas verdes (pesos/hectárea)

Nota: en azul el intervalo del 99%.

II. Una medida integradora

Las medidas analizadas deben verse como un conjunto de acciones encaminadas a un mismo fin y que están integradas en el sentido de que todas son necesarias para mantener la provisión de servicios ecosistémicos y la actividad económica de manera sostenible. En este sentido, en este apartado se analiza el efecto de una disminución en el turismo a consecuencia de la degradación de los ecosistemas.

Para ello se toma como base el trabajo de CONANP-GIZ (2017) en el que se estima que una disminución en la transparencia del arrecife generaría una disminución a mediano plazo de 12% (en un plazo de 10 años). Adicionalmente, Lara-Pulido et al. (2019) en un estimado conservador calculan que el turismo convencional podría ser 18% menor sin un buen estado de conservación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) cercanas (a menos de 2 horas de camino del destino turístico). Considerando como base estos dos estimados realizamos el cálculo de la pérdida económica que significaría una disminución de la actividad turística en los sitios de interés.

De acuerdo con SECTUR (2018) en las 3 zonas de estudio hubo un total de llegadas de turistas de 7.2 millones de personas (Ver Tabla 2). Considerando la disminución de turistas señalada en el párrafo anterior, habría entre 870 mil y 1.3 millones de turistas menos cada año por la degradación ambiental.

Considerando un gasto por hogar nacional de 8,165 pesos por viaje con pernocta¹¹ y de 851 dólares por viaje por turista extranjero,¹² la pérdida económica por la degradación ecológica estaría en el orden de entre 11,380 y 17,071 millones de pesos al año, cifra que representa alrededor de 1.4% del PIB nacional.

¹¹ Cifra de la Encuesta Nacional de Gasto Turístico en los Hogares (2013) actualizada por inflación https://www.datatur.sectur.gob.mx/Documentos%20Publicaciones/ENGATURH_2013.pdf

¹² Encuestas de Viajeros Internacionales <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/565>

Tabla 2: Llegada de turistas y potencial pérdida de turistas por degradación de ecosistemas.

Sitio	Llegada de turistas (2018)			Disminución en turismo	
	Total	Nacional	Extranjero	12%	18%
San Miguel de Allende	468,883	438,714	30,169	56,266	84,399
Riviera Maya	4,852,510	134,402	4,718,108	582,301	873,452
Riviera Nayarit	1,933,169	1,338,669	594,500	231,980	347,970
Total	7,254,562	1,911,785	5,342,777	870,547	1,305,821

Fuente: Elaboración propia con información de SECTUR (2018).

III. Discusión

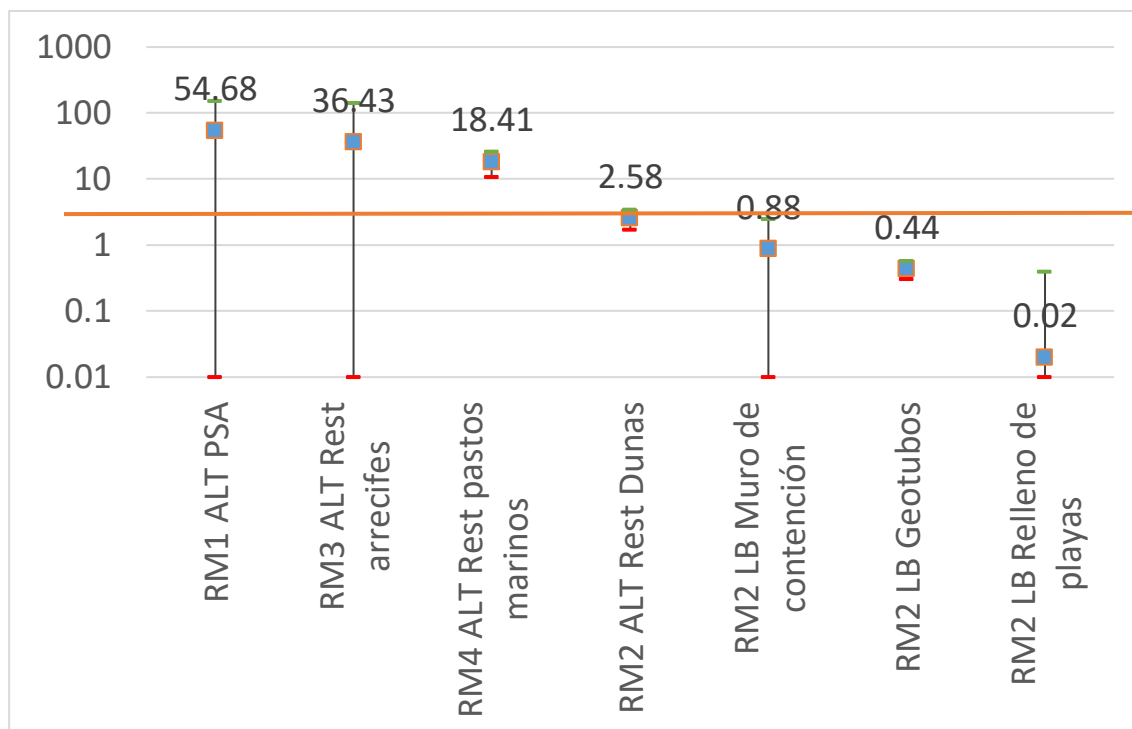
En la Figuras 18, 19 y 21 se presenta el ICB de todas las medidas analizadas y su intervalo de confianza para cada sitio. Como se puede observar, las medidas AbE analizadas son rentables. Además, se observa que la restauración de sistemas costeros representa las más altas rentabilidades. Por otra parte, las medidas tradicionales, como los muros de contención, geotubos y relleno de playas no son rentables.

Las medidas basadas en ecosistemas analizadas tienen una probabilidad de éxito promedio de 83%. Esto significa que a pesar de la alta variabilidad en el valor económico de los servicios ecosistémicos que se está considerando, hay una probabilidad relativamente alta de que este tipo de inversiones sea rentable para la sociedad.

Los análisis llevados a cabo tienen la limitante de que se realizaron con información secundaria por motivos de alcances de recursos y tiempo del mismo. Sin embargo, se procuró utilizar la mejor información disponible que se encontró en fuentes con rigor académico. Además, la estimación de intervalos de confianza para las rentabilidades permite conocer la incertidumbre asociada a las fuentes de información, la cual como se comentó en el párrafo anterior resulta relativamente baja.

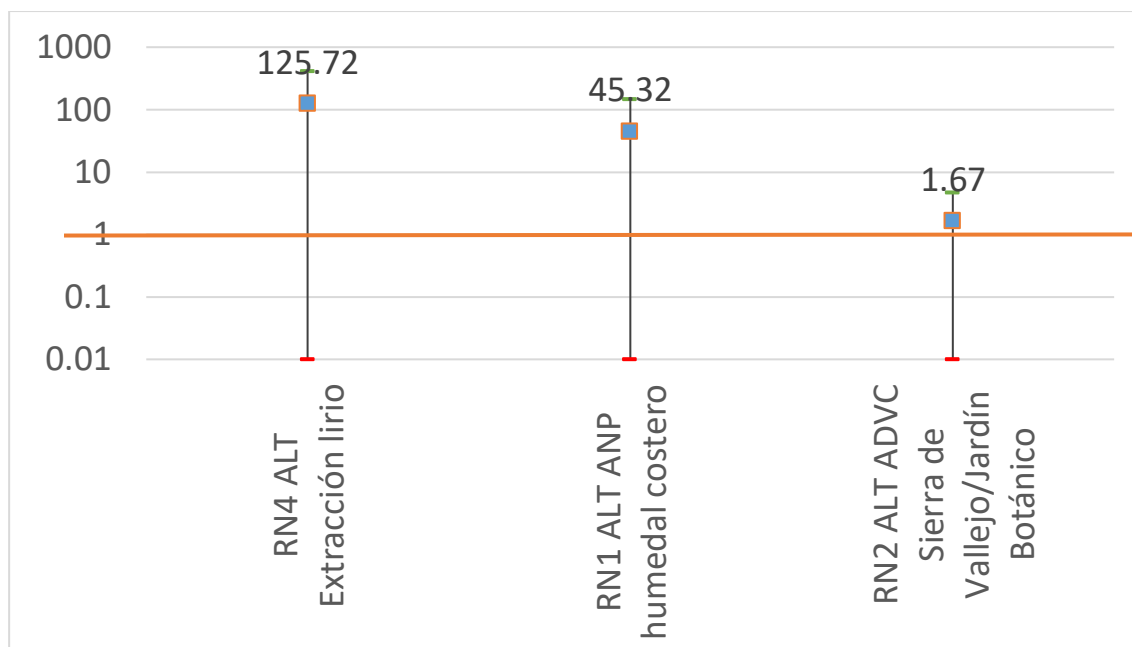
Los resultados hallados son consistentes con lo que se ha encontrado en la literatura respecto a que la AbE es una alternativa costo efectiva (ver por ejemplo Munang (2013)). Por tanto, lo que se encuentra en el presente análisis no hace más que confirmar que la AbE en el caso de los sitios bajo estudio sigue siendo una opción rentable.

Las recomendaciones que se desprenden de este análisis es la urgencia de priorizar la restauración y conservación de ecosistemas que son el soporte de las condiciones ecológicas y económicas de los sitios bajo estudio. Es importante resaltar que estas acciones no solo benefician al ecosistema, además, representan un valor económico para las actividades económicas, en especial del turismo.

Figura 18: Índice Costo Beneficio Social de las medidas analizadas para Riviera Maya

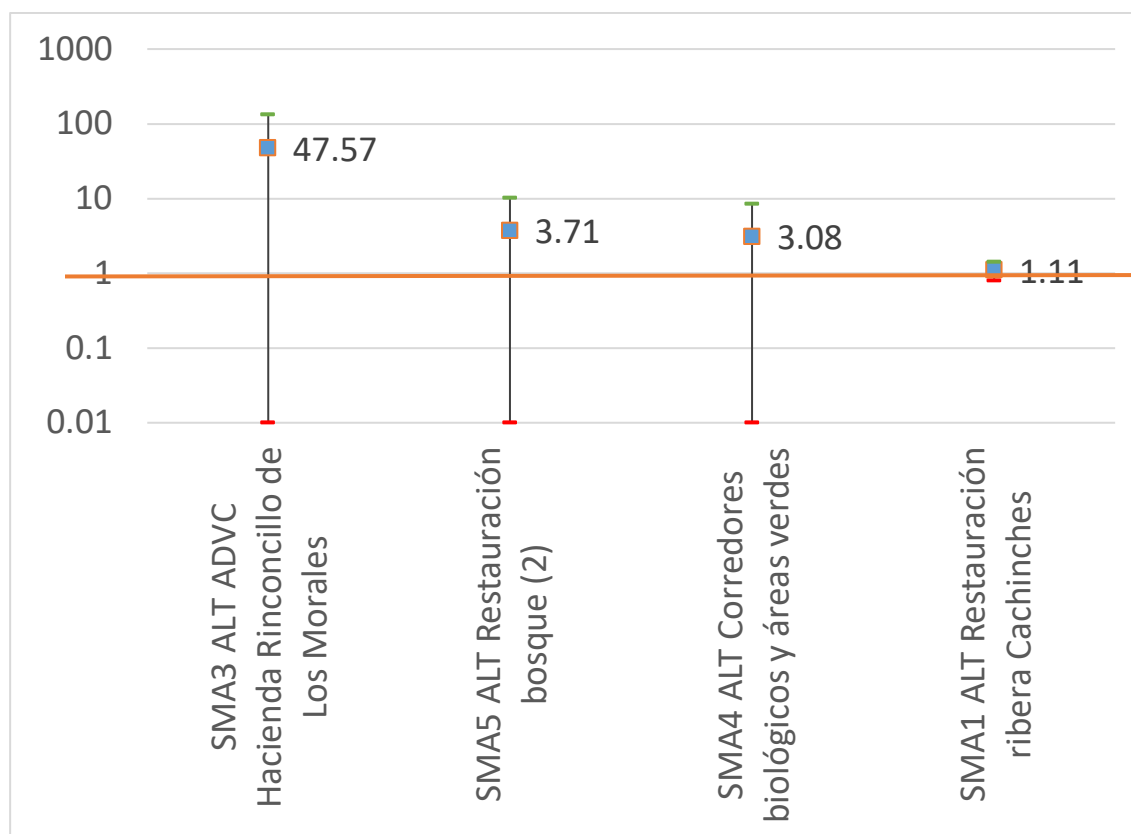
Nota: Los valores por arriba de la línea anaranjada indican medidas rentables.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19: Índice Costo Beneficio Social de las medidas analizadas para Riviera Nayarit

Nota: Los valores por arriba de la línea anaranjada indican medidas rentables.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Índice Costo Beneficio Social de las medidas analizadas para San Miguel de Allende

Nota: Los valores por arriba de la línea anaranjada indican medidas rentables.

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS

- Bass, F. M. (1969). A New Product Growth for Model Consumer Durables. *Management Science*, 15(5), 215-227.
- Bayraktarov, E., Saunders, M. I., Abdullah, S., Mills, M., Beher, J., Possingham, H. P., Mumby, P. J., & Lovelock, C. E. (2016). The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Applications*, 26(4), 1055-1074.
- Blacka, M., Shand, T., Howe, D., Coghlan, I., Carley, J., Estigarribia, L., & Whalley, O. (2017). Affordable coastal protection in the Pacific islands: Testing and design of alternative protection options for low-energy coastlines. *Australasian Coasts & Ports 2017: Working with Nature*, 116.
- Bruner, A. G., Gullison, R. E., & Balmford, A. (2004). Financial Costs and Shortfalls of Managing and Expanding Protected-Area Systems in Developing Countries. *BioScience*, 54(12), 1119-1126. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[1119:FCASOM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[1119:FCASOM]2.0.CO;2)
- Camarena Medrano, O., & Aguilar Zepeda, J. A. (2013). Control biológico del lirio acuático en México: primera experiencia exitosa con neoquetinos en distritos de riego: volumen I: distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa, distrito de riego 074 Mocorito, Sinaloa, distrito de riego 018 colonias Yaquis, Sonora. In: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Chen, W. Y., Hua, J., Liekens, I., & Broekx, S. (2018). Preference heterogeneity and scale heterogeneity in urban river restoration: A comparative study between Brussels and Guangzhou using discrete choice experiments. *Landscape and Urban Planning*, 173, 9-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.01.010>
- CONABIO. (2018). *Monitoring Activity Data for the Mexican REDD+ program (MAD-mex)*
- CONANP-GIZ. (2017). Valoración de Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Arrecife de Cozumel y del Área de Protección de Flora y Fauna Isla Cozumel. In: Ciudad de México.
- de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Christie, M., Crossmang, N., Ghermandii, A., Heina, L., Hussainj, S., Kumark, P., McVittiej, A., Portelal, R., Rodriguezg, L. C., ten Brinkm, P., & van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 50-61. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
- Hoagland, P., Jin, D., & Kite-Powell, H. L. (2011). The Costs of Beach Replenishment along the U.S. Atlantic Coast. *Journal of Coastal Research*, 28(1A), 199-204. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00066.1>
- Lara-Pulido, J. A., Guevara-Sanginés, A., Pérez-Cirera, V., Arias-Martelo, C., & Quiroga-Jiménez, C. (2019). Natural Protected Areas economic spillovers to conventional tourism destinations. In: Molin, P. G., Chazdon, R., Frosini de Barros Ferraz, S., & Brancalion, P. H. S. (2018). A landscape approach for cost-effective large-scale forest restoration [<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13263>]. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), 2767-2778. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2664.13263>
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Liu, J., & Rivington, M. (2013). Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 67-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.12.001>
- Narayan, S., Beck, M. W., Reguero, B. G., Losada, I. J., Van Wesenbeeck, B., Pontee, N., Sanchirico, J. N., Ingram, J. C., Lange, G.-M., & Burks-Copes, K. A. (2016). The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. *PloS one*, 11(5), e0154735.
- Phong, N. T., Parnell, K. E., & Cottrell, A. (2017). Human activities and coastal erosion on the Kien Giang coast, Vietnam. *Journal of Coastal Conservation*, 21(6), 967-979. <https://doi.org/10.1007/s11852-017-0566-9>
- Pérez-Maqueo, O., Martínez, M. L., Lithgow, D., Mendoza-González, G., Feagin, R. A., & Gallego-Fernández, J. B. (2013). The Coasts and Their Costs. In M. L. Martínez, J. B. Gallego-Fernández, & P. A. Hesp (Eds.), *Restoration of Coastal Dunes* (pp. 289-304). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33445-0_18
- SECTUR. (2018). *DATATUR, Análisis Integral del Turismo*. Mexico: SECTUR Retrieved from <https://datatur.sectur.gob.mx/SitePages/ActividadHotelera.aspx>