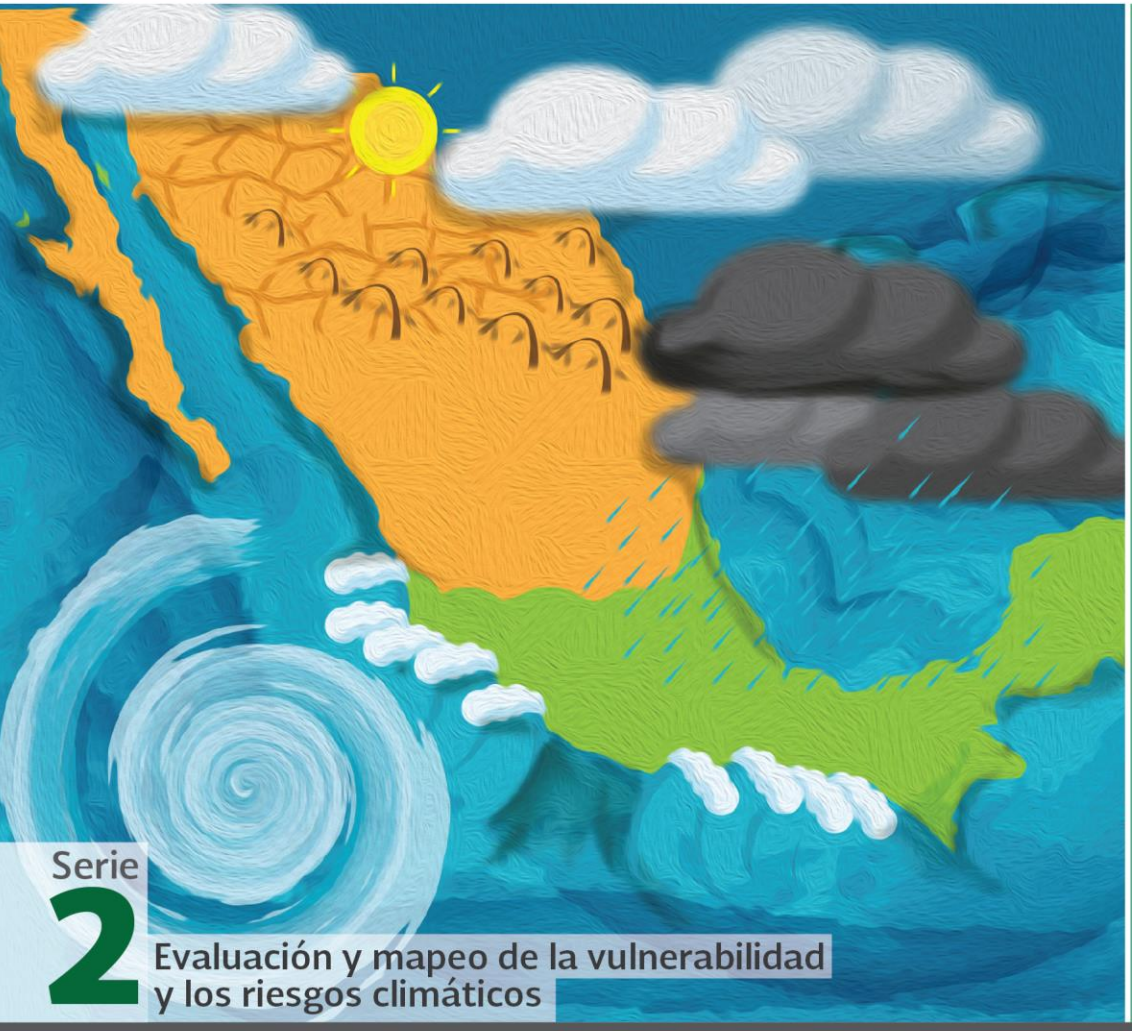
SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

PNUD
Al servicio de las personas y las naciones

Metodología para la evaluación de impactos del cambio climático por elevación del nivel del mar para las islas de México

Reporte Técnico Final



2016

Dr. Alfonso Aguirre Muñoz

DIRECTORIO

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Antonio Molpeceres *Coordinador Residente del Sistema de las Naciones Unidas y Representante Residente* Katyna Argueta *Directora de país* Gerardo Arroyo O`Grady *Director del Programa de Desarrollo Sustentable* Alejandro Ismael Monterroso Rivas *Coordinador de la Plataforma de Colaboración sobre cambio climático y crecimiento verde entre Canadá y México* Francisco Hernández Estens *Gerente del Programa de Desarrollo Sustentable* Itzel Nayeli Jiménez García *Administradora de la Plataforma de Colaboración sobre cambio climático y crecimiento verde entre Canadá y México*	María Amparo Martínez Arroyo *Directora General* Ana Cecilia Conde Álvarez *Coordinadora General de Adaptación al Cambio Climático* Jorge López Blanco *Director de Gestión de Riesgos y Adaptación* Daniel Iura González Terrazas *Director de Manejo de Cuencas y Adaptación* Margarita Caso Chávez *Directora de Vulnerabilidad y Adaptación Ecológica*

Derechos Reservados © 2016
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
Periférico Sur 5000, Colonia Insurgentes Cuicuilco, Delegación Coyoacán, CP. 04530, Ciudad de México

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Producción editorial: Elsa Barreda / Diseño: sonideas

Se sugiere citar como:

PNUD-INECC. 2016. Metodología y descripción de las 35 islas de México estudiadas para evaluar el impacto del aumento del nivel del mar. Evaluación de impactos del cambio climático (por elevación del nivel del mar 1m, 2m y 5m) sobre línea costera, ecosistemas y especies, así como población en las islas de México. Informe Final. Autor y responsable técnico: Alfonso Aguirre Muñoz. Seguimiento técnico por INECC: Karina Santos y José Machorro Reyes. Elaborado en el marco del proyecto #86487 "Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México", Coordinador: Alejandro Monterroso Rivas. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Ciudad de México. 108p.

Colaboradores: Federico Méndez Sánchez, Evaristo Rojas Mayoral, Ana G. Cárdenas Tapia, Daniela Y. Munguía Cajigas, Yutzil Lora Cabrera, y A. Castro-Girón

Esta publicación fue desarrollada en el marco del proyecto #86487 "*Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México*". El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

AGRADECIMIENTO: Al Gobierno de Canadá a través de *Environment Canada* por el apoyo financiero recibido para el desarrollo de la *Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México*, durante 2014-2017. Así mismo, al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático por el apoyo prestado para el buen desarrollo de la Plataforma.

Contenido

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR PARA LAS ISLAS DE MÉXICO 1

ÍNDICE DE FIGURAS 5

ÍNDICE DE CUADROS 5

PARTE 1: EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO (ÚNICAMENTE POR ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR) SOBRE LÍNEA COSTERA, ECOSISTEMAS Y ESPECIES, ASÍ COMO POBLACIÓN EN LAS ISLAS DE MÉXICO 6

1 INTRODUCCIÓN 6

1.1 NIVEL DEL MAR: SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIONES 6
1.2 IMPACTOS DE LA ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR 9
1.1.1 ISLAS Y BIODIVERSIDAD 9
1.1.2 LÍNEA DE COSTA 9
1.1.3 POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA 10
1.3 EL TERRITORIO INSULAR MEXICANO 10
1.4 PRODUCTO 1 13

2 OBJETIVOS 13

2.1 OBJETIVO GENERAL 13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ISLAS POR AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR 14

4 PLAN DE TRABAJO 15

5 LITERATURA CITADA 18

6 ANEXO I.- LISTA DE REFERENCIAS SOBRE ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR E ISLAS 19

PARTE 2: REVISIÓN DE MÉTODOS EXISTENTES Y PROPUESTA METODOLÓGICA 25

1 INTRODUCCIÓN 25

1.1 NIVEL DEL MAR: SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIONES 25
1.2 IMPACTOS DE LA ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR 27
1.1.4 ISLAS Y BIODIVERSIDAD 27
1.1.1 LÍNEA DE COSTA 27
1.1.2 POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA 28

2 OBJETIVOS 29

2.1 OBJETIVO GENERAL 29
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 29

3 REVISIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS ISLAS 30

4 TERRITORIO INSULAR MEXICANO 36

5 METODOLOGÍA 39

5.1 SIMULACIÓN DE ELEVACIÓN DE NIVEL MEDIO DEL MAR 39
5.2 EVALUACIÓN DE IMPACTO ECOLÓGICO 39
5.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LA POBLACIÓN 39

6 LITERATURA CITADA 41

PARTE 3: DESCRIPCIÓN DE LAS 35 ISLAS DE MÉXICO ESTUDIADAS PARA EVALUAR EL IMPACTO DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR 44

1 INTRODUCCIÓN 44

2 MATERIALES Y MÉTODOS 47

2.1 SELECCIÓN DE LAS ISLAS DE ESTUDIO 47

3 RESULTADOS 47

3.1 ISLAS DE ESTUDIO SELECCIONADAS 47
3.2 FICHAS TÉCNICAS DE LAS ISLAS DE ESTUDIO SELECCIONADAS 52

4 REFERENCIAS 109

Índice de Figuras

FIGURA 1. PROMEDIO GLOBAL DEL NIVEL DEL MAR, RELATIVO AL PROMEDIO DE 1986-2005 (PERIODO DEL CONJUNTO DE DATOS MÁS EXTENSO). LOS CONJUNTOS DE DATOS ESTÁN ALINEADOS AL MISMO VALOR EN 1993, PRIMER AÑO EN QUE SE CONTÓ CON DATOS DE ALTIMETRÍA SATELITAL. TODAS LAS SERIES DE TIEMPO (LÍNEAS DE COLORES QUE INDICAN DIFERENTES CONJUNTOS DE DATOS) MUESTRAN VALORES ANUALES. LA VARIABILIDAD, CUANDO ÉSTA FUE EVALUADA, SE MUESTRA COMO UNA SOMBRA GRIS (ADAPTADO DE IPCC, 2014A, P. 41). 6
FIGURA 2. PROYECCIONES DE LA ELEVACIÓN MEDIA GLOBAL DEL NIVEL DEL MAR DURANTE EL SIGLO XXI, EN RELACIÓN CON EL PERÍODO 1986-2005. EL RANGO PROBABLE RESULTANTE DE LA EVALUACIÓN SE INDICA CON UNA BANDA SOMBREADA. LOS RANGOS PROBABLES RESULTANTES DE LA EVALUACIÓN PARA LA MEDIA, DURANTE EL PERÍODO 2081-2100 PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE RCP, SE MUESTRAN CON BARRAS VERTICALES DE COLORES, Y EL VALOR DE LA MEDIANA CORRESPONDIENTE SE INDICA CON UNA LÍNEA HORIZONTAL. 8
FIGURA 3. PROMEDIO GLOBAL DEL NIVEL DEL MAR, RELATIVO AL PROMEDIO DE 1986-2005 (PERIODO DEL CONJUNTO DE DATOS MÁS EXTENSO). LOS CONJUNTOS DE DATOS ESTÁN ALINEADOS AL MISMO VALOR EN 1993, PRIMER AÑO EN QUE SE CONTÓ CON DATOS DE ALTIMETRÍA SATELITAL. TODAS LAS SERIES DE TIEMPO (LÍNEAS DE COLORES QUE INDICAN DIFERENTES CONJUNTOS DE DATOS) MUESTRAN VALORES ANUALES. LA VARIABILIDAD, CUANDO ÉSTA FUE EVALUADA, SE MUESTRA COMO UNA SOMBRA GRIS (ADAPTADO DE IPCC, 2014A, P. 41). 25
FIGURA 4. PROYECCIONES DE LA ELEVACIÓN MEDIA GLOBAL DEL NIVEL DEL MAR DURANTE EL SIGLO XXI, EN RELACIÓN CON EL PERÍODO 1986-2005. EL RANGO PROBABLE RESULTANTE DE LA EVALUACIÓN SE INDICA CON UNA BANDA SOMBREADA. LOS RANGOS PROBABLES RESULTANTES DE LA EVALUACIÓN PARA LA MEDIA, DURANTE EL PERÍODO 2081-2100 PARA TODOS LOS ESCENARIOS DE RCP, SE MUESTRAN CON BARRAS VERTICALES DE COLORES, Y EL VALOR DE LA MEDIANA CORRESPONDIENTE SE INDICA CON UNA LÍNEA HORIZONTAL. 26
FIGURA 5. LOCALIZACIÓN DE LAS 35 ISLAS DE MÉXICO SELECCIONADAS PARA EVALUAR EL EFECTO DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR ANTE DOS ESCENARIOS DE 1 M Y 5 M (ELABORACIÓN PROPIA)..... 48

Índice de Cuadros

CUADRO 1. PROYECCIÓN DEL CAMBIO DE LA ELEVACIÓN MEDIA GLOBAL DEL NIVEL DEL MAR PARA MEDIADOS Y FINALES DEL SIGLO XXI, EN RELACIÓN CON EL PERIODO DE REFERENCIA 1986-2005 (ADAPTADO DE IPCC, 2014B, P. 23). 8
CUADRO 2. CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO INSULAR MEXICANO DE ACUERDO A LA SUPERFICIE DE SUS ELEMENTOS INSULARES (ELABORADO A PARTIR DE SUBGRUPO DEL CATÁLOGO DE ISLAS NACIONALES EN PREPARACIÓN). ... 11
CUADRO 3. ISLAS O GRUPOS DE ISLAS PRIORITARIAS EN CADA UNA DE LAS REGIONES INSULARES DE MÉXICO (TOMADO DE CANTIM 2012). 11
CUADRO 4. PROYECCIÓN DEL CAMBIO DE LA ELEVACIÓN MEDIA GLOBAL DEL NIVEL DEL MAR PARA MEDIADOS Y FINALES DEL SIGLO XXI, EN RELACIÓN CON LAS METODOLOGÍAS DE REFERENCIA UTILIZADAS PARA LOS ESCENARIOS ESTABLECIDOS POR EL QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC (2014). 32
CUADRO 5. COMPILACIÓN DE ALGUNOS MODELOS Y HERRAMIENTAS PRESENTADOS POR EL MANUAL DE MODELADO DE NIVEL DEL MAR..... 34
CUADRO 6. ISLAS O GRUPOS DE ISLAS PRIORITARIAS EN CADA UNA DE LAS REGIONES INSULARES DE MÉXICO (TOMADO DE CANTIM 2012). 38
CUADRO 7. ESTRUCTURA DE LOS ÍNDICES DE VULNERABILIDAD CLIMÁTICA Y VARIABLES QUE LOS COMPONEN. 40
CUADRO 8. CLASIFICACIÓN DE LAS ISLAS DE MÉXICO DE ACUERDO A LA SUPERFICIE DE SUS ELEMENTOS INSULARES (ELABORADO A PARTIR DE INEGI, 2013). 44
CUADRO 9. CARACTERÍSTICAS DE LAS 35 ISLAS POBLADAS Y PRIORITARIAS SELECCIONADAS PARA EVALUAR EL EFECTO DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR ANTE DOS ESCENARIOS DE 1 M Y 5 M..... 49

1 Introducción

1.1 Nivel del mar: situación actual y proyecciones

El Quinto Informe de Evaluación (Fifth Assessment Report - AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), completado en noviembre de 2014 con su informe de síntesis, reporta un incremento global del nivel medio del mar de 0.19 ± 0.02 m durante el periodo 1901-2010 (Figura 1). La tasa de elevación del nivel del mar desde mediados del siglo XIX ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (IPCC, 2014a). Entre 1993 y 2010, la tasa media de elevación global promedio del nivel del mar fue de 3.2 ± 0.4 mm/año (IPCC, 2014a). Las dos causas fundamentales de todo lo anterior —que explican el 75% de la elevación observada— son la expansión térmica de los océanos (el agua se expande en la medida en que se calienta) y la pérdida de hielo terrestre debido al derretimiento de los glaciares.

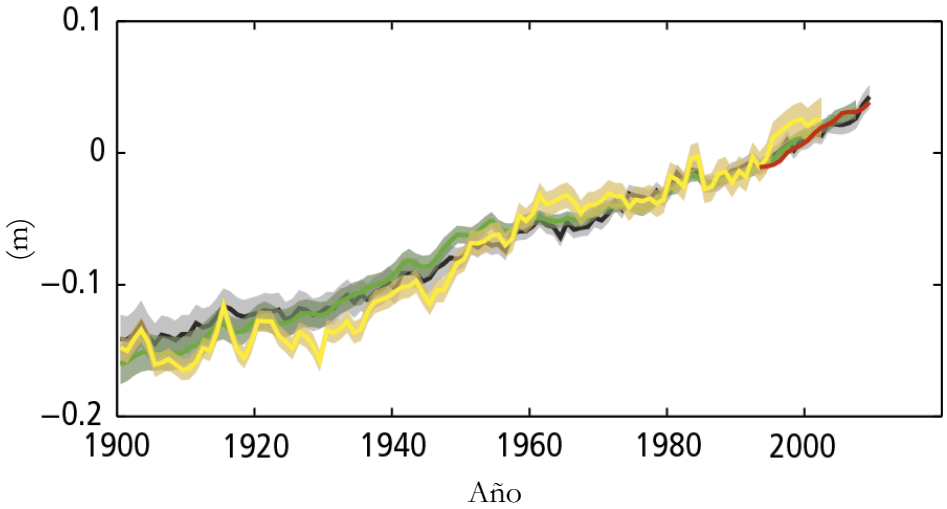


Figura 1. Promedio global del nivel del mar, relativo al promedio de 1986-2005 (periodo del conjunto de datos más extenso). Los conjuntos de datos están alineados al mismo valor en 1993, primer año en que se contó con datos de altimetría satelital. Todas las series de tiempo (líneas de colores que indican diferentes conjuntos de datos) muestran valores

anuales. La variabilidad, cuando ésta fue evaluada, se muestra como una sombra gris (adaptado de IPCC, 2014a, p. 41).

Con relación a las proyecciones de la elevación del nivel del mar por parte del IPCC, éstas tienen un mayor nivel de confianza en el AR5 que en el Cuarto Informe de Evaluación (AR4), publicado en 2007; esto debido principalmente a la mejora de los modelos en relación con las contribuciones del hielo continental. Así, la conclusión del AR5 es que el nivel medio global del mar seguirá aumentando durante el siglo XXI (Cuadro 1 y Figura 2) (IPCC, 2014b). Para finales de este siglo, se estima que el 70% de las costas del mundo experimentarán cambios del nivel del mar de hasta un 20% del cambio del nivel medio global del mar. Esto puede acarrear consecuencias catastróficas, pues ya durante el siglo XX el incremento en el nivel del mar contribuyó a inundaciones costeras, erosión y pérdida de hábitat (IPCC, 2007).

Cuadro 1. Proyección del cambio de la elevación media global del nivel del mar para mediados y finales del siglo XXI, en relación con el periodo de referencia 1986-2005 (adaptado de IPCC, 2014b, p. 23).

Escenario	**2046-2065**	**2081-2100**
	Media ± DE (m)	**Media ± DE (m)**
RCP2.6	0.24 ± 0.075	0.40 ± 0.145
RCP4.5	0.26 ± 0.070	0.47 ± 0.155
RCP6.0	0.25 ± 0.070	0.48 ± 0.150
RCP8.5	0.30 ± 0.080	0.63 ± 0.185

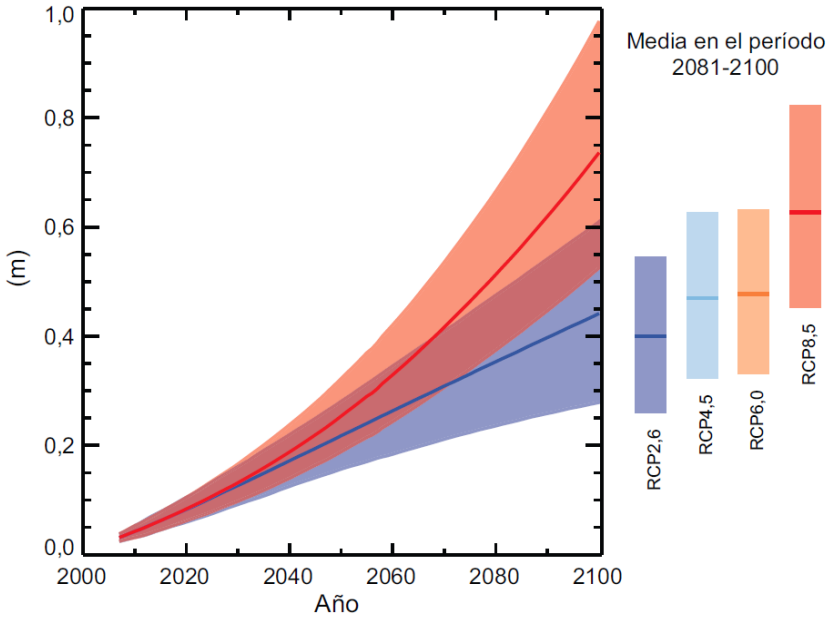


Figura 2. Proyecciones de la elevación media global del nivel del mar durante el siglo XXI, en relación con el período 1986-2005. El rango probable resultante de la evaluación se indica con una banda sombreada. Los rangos probables resultantes de la evaluación para la media, durante el período 2081-2100 para todos los escenarios de RCP, se muestran con barras verticales de colores, y el valor de la mediana correspondiente se indica con una línea horizontal.

1.2 Impactos de la elevación del nivel del mar

1.1.1 Islas y biodiversidad

La pérdida de hábitats costeros como los manglares, podrían poner en peligro a especies que utilizan estos hábitats para anidar, cuidar y proteger a sus crías, además de obtener alimento (Kirwan & Megonigal, 2013). Además, el aumento en el nivel medio del mar puede actuar sinérgicamente con el cambio climático global, e incrementar las condiciones favorables que faciliten la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores, los cuales afectan directamente a las comunidades y ecosistemas de las islas (Ramasamy & Surendran, 2011).

En la actualidad existe una clara evidencia de que los cambios climáticos recientes han afectado a una amplia gama de organismos con diversa distribución geográfica (Walther et al., 2002). Los impactos abarcan ambientes desde polares terrestres a marinos tropicales, así como la respuesta de la flora y fauna abarca una gran variedad de ecosistemas y jerarquías organizacionales. La evidencia demuestra que el aumento en el nivel del mar podría afectar directamente a los ecosistemas al incrementar la erosión, aumentar las inundaciones costeras; inundar humedales, pantanos, manglares y otras áreas bajas; incrementar la salinidad en estuarios y mantos acuíferos; alterar el rango de las mareas en ríos y bahías; cambiar la ubicación donde los ríos depositan sedimentos; y ahogar a los arrecifes coralinos (Change, 1990).

Muchos estudios sobre los impactos biológicos del cambio climático se han enfocado en abundancia y distribución de especies. Las especies migratorias se encuentran entre las mejor documentadas (Easterling et al., 2000), pero constantemente exhiben amplias fluctuaciones, entre diferentes años, en sus áreas de anidación; lo que dificulta discernir un cambio en su distribución a largo plazo. En contraste, el cambio en el rango de distribución de especies más sedentarias sigue al proceso de extensión de las poblaciones y colonización de nuevos sitios (McCarty, 2001). Esto facilita detectar verdaderos cambios de distribución, ya que el cambio es más metódico y la falta de datos tiene menor impacto. Sin embargo, los cambios en el rango de distribución pueden llegar a ser episódicos y no periódicos, por ejemplo, en el caso de eventos estocásticos, como huracanes, el cambio puede ocurrir de manera inmediata (Precht & Aronson 2004).

1.1.2 Línea de costa

Los efectos del aumento en el nivel medio del mar son bien conocidos (Nicholls et al., 2007): inmersión total o un incremento en las inundaciones de la costa, así como la intrusión de agua salina sobre las aguas superficiales y los mantos acuíferos. Efectos a largo plazo incluyen la erosión de la costa así como zonas de humedales, manglares y otros hábitats costeros. Todos estos impactos tienen efectos socioeconómicos directos e indirectos, los cuales, en su mayoría, son negativos. Los efectos del aumento en el nivel medio del mar sobre la línea de costa amenazan a sitios densamente poblados asociados con ciudades en crecimiento, también a zonas de bajo nivel socioeconómico pero con un gran crecimiento esperado de la población. Sin embargo, las comunidades en pequeñas islas, como en el Caribe y el Pacífico Sur, son las que se encuentran en mayor riesgo, ya que pueden llegar a sumergirse o ser abandonadas incluso durante este siglo (Nichols & Cazenave, 2010; IPCC, 2014b).

Los pequeños territorios insulares, tanto los situados en los trópicos como en latitudes más elevadas, poseen características que los hacen especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático, al aumento del nivel del mar y a los fenómenos extremos. El deterioro de las condiciones costeras, por ejemplo debido la erosión de las playas y el blanqueamiento de los corales, se espera que afecte a los

recursos locales, por ejemplo, la pesca y reduzca el valor de algunas islas, particularmente de los Pequeños Estados Insulares (PEI), como destinos turísticos.
Se espera que la subida del nivel del mar agrave las inundaciones, las mareas de tempestad, la erosión y otros riesgos costeros, y que amenace así a las principales infraestructuras, los asentamientos y las instalaciones que sostienen los medios de subsistencia de las comunidades isleñas. De hecho, se prevé que, para mediados de siglo, el cambio climático disminuya los recursos hídricos en los pequeños territorios insulares, por ejemplo, en el Caribe y en el Pacífico, hasta el punto de volverse insuficientes para cubrir la demanda durante los períodos de baja precipitación.

1.1.3 Población e infraestructura

El incremento en el nivel medio del mar inducido por el cambio climático puede tener efectos severos en la infraestructura costera, el desarrollo económico y la cultura local. Los asentamientos isleños, eventos sociales y turísticos, además de actividades económicas, tienden a concentrarse cerca de las costas, haciéndolos vulnerables a los impactos del aumento en el nivel medio del mar como inundaciones y erosión costera. Dichas inundaciones en conjunto con la erosión costera pueden afectar estructuras críticas como aeropuertos, carreteras, puertos y hospitales. A su vez, se espera que los eventos de inundaciones y tormentas sean cada vez más frecuentes e intensos, lo que puede causar daños a servicios, aumentar el riesgo de enfermedades y dañar actividades económicas como el turismo (Scott et al., 2012).
Los recursos hídricos y la agricultura son de importancia fundamental para la mayoría de los PEI, ya que los recursos de agua y tierras cultivables de estos Estados son limitados. Las comunidades dependen del agua de lluvia de las cuencas de captación y de un número limitado de depósitos de agua dulce. Además, las tierras cultivables, especialmente en las islas y atolones bajos, están concentradas en la costa o cerca de ella. Los cambios en la altura del nivel freático y la salinización del suelo como consecuencia de la subida del nivel del mar producirían estrés en muchos cultivos de alimentos básicos.
Aunque la pesca es en su mayor parte artesanal o comercial en pequeña escala, es una actividad importante en la mayoría de las islas pequeñas y aporta una contribución significativa al consumo de proteínas de los habitantes de las islas. Muchos lugares de cría y hábitat de peces y mariscos, como los manglares, los arrecifes de coral y los lechos de pastos marinos, estarán cada vez más amenazados por los probables impactos de la elevación del nivel del mar.

1.3 El Territorio Insular Mexicano

El Territorio Insular Mexicano (TIM) es el término genérico utilizado para reconocer una serie de elementos que forman parte del territorio nacional, conforme al artículo 42 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y al artículo 121 (1) de la Convención del Mar: islas, arrecifes y cayos (Aguirre Muñoz et al. 2010; CANTIM 2012).
De acuerdo con el INEGI, el TIM comprende a un conjunto de 4430 elementos insulares, ocupando una superficie de 8,132.99 km^2 (Cuadro 2). De este universo, el 28.4% son islas propiamente, siendo que las islas grandes (>1000 ha), tan sólo 65, contribuyen con el 86.8% de la superficie insular (Cuadro 2). Los arrecifes y los cayos —que en principio pudieran ser los más gravemente afectados por la elevación del nivel del mar— cubren sólo el 4.5% y 1.3%, respectivamente (Subgrupo del Catálogo de Islas Nacionales en preparación).

Cuadro 2. Clasificación del Territorio Insular Mexicano de acuerdo a la superficie de sus elementos insulares (elaborado a partir de Subgrupo del Catálogo de Islas Nacionales en preparación).

Clasificación por superficie (ha)	Tipo de elemento insular	Número de elementos insulares (% del total)	Superficie total (ha)	Contribución a la superficie total (%)
< 1	Roca	1385 (31.3)	586	0.1
1 a 9	Islote	1783 (40.2)	6,777	0.8
10 a 99	Isla Chica	958 (21.6)	30,775	3.8
100 a 1,000	Isla Mediana	237 (5.3)	69,470	8.5
> 1,000	Isla Grande	67 (1.5)	705,691	86.8
	Total	**4430 (100)**	**813,299**	**100**

La Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano (CANTIM, 2012), establece una serie de islas con un valor especial en cuanto a biodiversidad, soberanía y recursos naturales: riqueza de especies, presencia de endemismos, integridad ecológica terrestre y marina, hábitat crítico para especies residentes o migratorias, especies en riesgo, presencia de atributos históricos y culturales relevantes e importancia económica. Éstas se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Islas o grupos de islas prioritarias en cada una de las regiones insulares de México (tomado de CANTIM 2012).

Pacífico Norte	Golfo de California	Pacífico Centro Sur	Golfo de México y Mar Caribe
1. Islas Coronado	**1. Islas del Alto Golfo de California[3]**	**1. Archipiélago de Revillagigedo[1]**	1. Sistema Arrecifal Veracruzano
2. Islas Todos Santos	**2. Archipiélago de las Encantadas[3]**		2. Islas de Laguna de Términos
3. Isla San Martín	3. Isla San Pedro Nolasco e islas de Guaymas		3. Arrecife Alacranes
4. Isla Guadalupe[2]	**4. Región de las Grandes Islas[1]**		4. Islas Holbox, Contoy, Mujeres y Cancún
5. Islas San Benito[3]	5. Islas Pájaros, Venados y Lobos de la Bahía de Mazatlán*		**5. Isla Cozumel[1]**

Pacífico Norte	Golfo de California	Pacífico Centro Sur	Golfo de México y Mar Caribe
6. Isla Cedros[1]	**6. Archipiélago Espíritu Santo[3]**		**6. Banco Chinchorro[2]**
7. Isla Natividad	7. Isla Cerralvo		7. Islas de la Bahía de Chetumal
8. Islas Asunción y San Roque	**8. Archipiélago de Loreto[2]**		
9. Isla Magdalena	9. Isla San José e isla San Francisco		
10. Isla Santa Margarita	10. Isla San Marcos e isla Tortugas		
	11. Archipiélago islas Marías[1]		

En negritas se resaltan las islas de mayor prioridad. Los superíndices indican la premura y el grado de atención requeridos (1= requiere mayor atención/ más inmediata).
*Estas islas son consideradas de interés especial por su cercanía al continente, por su importancia histórica y cultural, y por el impacto acumulado, razón por la cual presenta los mayores valores de amenazas.

Por otro lado, en el Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas (CONABIO 2007), se desarrolló una base de datos de biodiversidad insular que incluyó la información de las características generales de 1365 cuerpos insulares, así como información sobre sus especies. Hasta el momento se cuenta con información asociada únicamente a 149 cuerpos insulares entre los que destacan por su riqueza de especies: Clarión, Cozumel, Banco Chinchorro, Arrecife Alacranes y Espíritu Santo. No obstante, es necesario resaltar que las islas con mayor nivel de vulnerabilidad ante el aumento en el nivel del mar, son aquellas que se serán susceptibles a inundaciones debido a su geomorfología, las que serán susceptibles a erosión por sus condiciones de oleaje y corrientes marinas, y aquellas en las que la potencial intrusión salina y cambios en el nivel freático disminuyan la disponibilidad de agua potable para la población habitante.

1.4 Producto 1

El presente reporte cubre el Producto 1, con el cual se cumple el objetivo específico a, descrito a continuación. En ese sentido, se presenta un análisis del estado del arte de estudios de impactos de cambio climático en islas por aumento del nivel del mar tanto en fuentes de gobierno como en literatura científica. Asimismo, se presenta un plan de trabajo detallado en el que se definen acciones, tiempos, productos y necesidades de información por parte del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático u otras dependencias de la administración pública federal.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Identificar los impactos potenciales, tanto espacial como temporalmente, del posible aumento del nivel medio del mar sobre el territorio insular mexicano.

2.2 Objetivos específicos

a. Realizar revisiones bibliográficas de estudios a nivel global, que describan el efecto potencial del aumento en el nivel medio del mar en: Línea de costa, Ecosistemas y especies dominantes y Población

b. Realizar ejercicios de modelación computacional y proyecciones de dos escenarios de incremento en el nivel medio del mar (e.g., 20 cm y 86 cm) e identificar los impactos potenciales en:
   - Línea de costa: islas que se perderán; superficie y porcentaje que representan del territorio nacional; kilómetros de línea costera que se perderán.
   - Ecosistemas y especies dominantes: ecosistemas afectados; superficie ocupada por ecosistema que será afectada; especies de plantas y animales afectados.
   - Población: total de población afectada, desglosada por edad, sexo y grado de marginación.

c. Realizar una evaluación de vulnerabilidad y riesgos en islas pobladas e islas prioritarias.

d. Llevar a cabo un taller de presentación de resultados al concluir la consultoría (los costos logísticos serán asumidos por el proyecto 00086487).

3 Revisión bibliográfica de estudios y análisis de impactos del cambio climático en islas por aumento del nivel del mar

Para determinar el estado del arte sobre estudios o análisis del impacto del aumento del nivel del mar en islas, se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en bases de datos especializadas como EBSCO y Elsevier. Asimismo, se consultaron otras fuentes relevantes, como son los informes de evaluación del IPCC, y los productos generados por instituciones de gobierno nacionales (e.g., INECC, SEMARNAT, INEGI) e internacionales (e.g., NOAA, USGS). Se utilizaron palabras clave como: "Islands" AND "Sea level". La bibliografía resultante fue revisada, catalogada e incluida en una biblioteca digital del programa EndNote de Thomson Reuters para el manejo de referencias. Se catalogaron un total de 119 referencias, en su mayoría artículos científicos. El listado de éstas se muestra en el Anexo I.

4 Plan de trabajo

Actividades			Metas	Indicadores	Productos
1	**1.1**	**Elaboración de un plan de trabajo**			
	1.1.1	Delimitar tiempos para elaborar productos.	Entregar en tiempo y forma los resultados obtenidos.	Entrega de resultados en cuatro etapas y tiempos establecidos por el INECC.	Presentación de informes.
	1.1.2	Solicitud, de ser el caso, de información al INECC u otras dependencias	Recopilar información y herramientas necesarias para la evaluación de impactos por aumento en el nivel del mar en territorio insular mexicano.	Información sobre territorio insular; bases de datos biológicos, físicos y demográficos.	Obtención de imágenes de satélite, bases de datos de mareógrafos, información demográfica, ejemplos de casos de estudio.
	1.1.3	Elaborar análisis sobre estudios e impactos del cambio climático en islas por aumento del nivel del mar	Recopilar información guía para la elaboración de un estudio de evaluación de impactos por aumento en el nivel del mar en territorio insular.	Revisión de un número determinado de casos de estudio en otras islas o zonas costeras.	Recopilar una serie de modelos de predicción y estudios de vulnerabilidad adecuados a las necesidades, bases de datos y herramientas disponibles.
	1.1.4	Consultar fuentes de gobierno y la academia			
	1.1.5	Integrar información y analizar			
2	**2.1**	**Compilar y analizar metodologías**			
	2.1.1	Recopilar metodologías en fuentes de información seleccionadas del gobierno y la academia.	Seleccionar la metodología adecuada para la elaboración de estudio de vulnerabilidad y modelos de predicción		Ejecutar y adaptar la metodología seleccionada para el estudio de vulnerabilidad y modelo de predicción en islas Mexicanas.
	2.1.2	Analizar metodologías.			
	2.1.3	Seleccionar las más adecuadas para el proyecto.			
	2.2	**Seleccionar método de evaluación**			
	2.2.1	Seleccionar método de evaluación para islas y línea de costa.	Seleccionar un método apropiado en base a las herramientas y datos disponibles para este estudio.		Responder las preguntas de investigación planteadas para el estudio de vulnerabilidad y modelo de predicción ante un incremento en el nivel medio del mar.
	2.2.2	Seleccionar método de evaluación para tipos de ecosistema afectados.			
	2.2.3	Seleccionar método de evaluación para población afectada.			
	2.3	**Proponer islas prioritarias**			
	2.3.1	Preponderar aquellas islas de mayor vulnerabilidad y mayor importancia ecológica.	Realizar un análisis de las islas que destaquen por su riqueza ecológica y aquellas con mayor vulnerabilidad ante un incremento del nivel del mar de acuerdo a CANTIM (2012) y Latofski-Robles et al. (2014).		Priorización en islas de mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático (por elevación del nivel del mar).
	2.4	**Recaudar información de islas prioritarias**			
	2.4.1	Compilar información demográfica y ecológica.	Aplicar un análisis multi-criterio que involucre información espacial, ecosistemas, endemismos, especies amenazadas, sitios de importancia para las aves e islas con asentamientos humanos.	a) Áreas de las islas. b) Listado de especies bajo alguna categoría de protección de la NOM-	Conocer el impacto en hábitats, especies y asentamientos humanos en islas prioritarias.
	2.4.2	Compilar cartografía digital.			

Actividades			Metas	Indicadores	Productos
				059 2010. c) Listado de especies endémicas conocidas por isla. d) No. De islas bajo alguna categoría de protección. e) Números de habitantes por isla. f) Principales actividades económicas en las islas.	
	2.5	**Definir y analizar la sensibilidad al cambio climático**			
	2.5.1	Consultar modelos de predicción y estudio de vulnerabilidad	Definir escenarios y los parámetros del modelo de predicción ante un aumento del nivel medio del mar.		Establecer el modelo adecuado para ejecutar el análisis de predicción ante dos escenarios de incremento de nivel del mar.
3	**3.1**	**Caracterizar islas prioritarias**			
	3.1.1	Integrar caracterización física	Integrar información cartográfica e imágenes satelitales de islas prioritarias.		Representar la superficie afectada en dos escenarios de aumento en el nivel del mar.
	3.1.2	Integrar caracterización demográfica	Análisis de información demográfica de las localidades establecidas en islas prioritarias por medio de un estudio de vulnerabilidad (Fuente: INEGI).		Evaluación de las localidades vulnerables en islas prioritarias.
	3.2	**Aplicar parámetros de sensibilidad al cambio climático**			
	3.2.1	Ejecutar modelo con el Parámetro 1	Obtener los resultados de impactos ante un incremento del nivel del mar de 20 cm.	a) Número de islas que se perderían. b) Kilómetros de línea de costa que se perderían. c) Kilómetros cuadrados de superficie perdida. d) Porcentaje del territorio nacional que representa la superficie perdida.	Obtención de datos para la evaluación del impacto del cambio climático por aumento del nivel del mar sobre: la línea de costa; los ecosistemas y las especies presentes; y la población que vive en las islas.
	3.2.2	Ejecutar modelo con el Parámetro 2	Obtener los resultados de impactos ante un incremento del nivel del mar de 86 cm.		
	3.3	**Analizar el impacto del cambio climático**			
	3.3.1	Analizar impactos obtenidos con el parámetro 1	Evaluar los impactos ante un incremento del nivel del mar de 20 cm.	a) Ecosistemas que se verían afectados. b) Especies de animales y plantas que se verían afectados. c) Población afectada	Presentar un documento que demuestren el impacto del cambio climático por aumento del nivel del mar sobre: la línea de costa; los ecosistemas y las especies presentes; y la población que vive en las islas.
	3.3.2	Analizar impactos obtenidos con el parámetro 2	Evaluar los impactos ante un incremento del nivel del mar de 86 cm.		

Actividades			Metas	Indicadores	Productos
				desglosada por edad, sexo y grado de marginación.	
	3.3	**Analizar el impacto del cambio climático**			
	3.3.1	Analizar impactos obtenidos con el parámetro 1	Evaluar los impactos ante un incremento del nivel del mar de 20 cm.	a) Ecosistemas que se verían afectados. b) Especies de animales y plantas que se verían afectados. c) Población afectada desglosada por edad, sexo y grado de marginación.	Presentar un documento que demuestren el impacto del cambio climático por aumento del nivel del mar sobre: la línea de costa; los ecosistemas y las especies presentes; y la población que vive en las islas.
	3.3.2	Analizar impactos obtenidos con el parámetro 2	Evaluar los impactos ante un incremento del nivel del mar de 86 cm.		
4	**4.1**	**Realizar taller de presentación de resultados**			
	4.1.1	Tomar evidencias (fotografías y minuta con recomendaciones y comentarios)			
	4.1.2	Entregar resumen ejecutivo			
	4.1.3	Entregar informe final			
	4.1.4	Entregar bases de datos obtenidas de la consultoría			
	4.1.5	Entregar cartografía digital (en formato shapefile)			
	4.2	**Presentar resultados en un foro con personal del INECC y otros actores**			
	4.2.1	Realizar las mismas actividades que en el punto 4.1			

5 Literatura citada

Aguirre Muñoz, A., Creel, J.E., De la Cueva, H., March Misfut, I.J., Peters Recagno, E., González de Castilla, S.R., & Santos del Prado Gasca, K. (2010). Islas de México, Un Recurso Estratégico. Instituto Nacional de Ecología (INE), The Nature Conservancy (TNC), Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. (GECI), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). pp. 48.

Change, I. P. O. C. (1990). Strategies for adaption to sea level rise. Report of the Coastal Zone Management Subgroup Report. IPCC Working Group III, Rijkswaterstaat, The Netherlands, 122p.

Comité Asesor Nacional Sobre El Territorio Insular Mexicano (CANTIM). (2012). Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Marina-Armada de México y Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. México, D.F. y Ensenada, B.C.México D.F. y Ensenada B.C.

CONABIO. (2007). Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacionla de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C.

Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. Science, 289(5487), 2068-2074.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC. (2014a). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC. (2014b). Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaption, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)].Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 32 pp.

Kirwan, M. L., & Megonigal, J. P. (2013). Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. Nature, 504(7478), 53-60.

McCarty, J. P. (2001). Ecological consequences of recent climate change. Conservation biology, 15(2), 320-331.

Nicholls, R. J., & A. Cazenave. (2010). Sea-Level Rise and Its Impact on Cosatal Zones. Science, 328, 1517-1520.

Nicholls, R.J., P.P. Wong, V.R. Burkett, J.O. Codignotto, J.E. Hay, R.F. McLean, S. Ragoonaden & C.D. Woodroffe, 2007: Coastal systems and low-lying areas. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change , M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 315-356.

Precht, W. F., & Aronson, R. B. (2004). Climate flickers and range shifts of reef corals. Frontiers in Ecology and the Environment, 2(6), 307-314.

Ramasamy, R., & Surendran, S. N. (2011). Possible impact of rising sea levels on vector-borne infectious diseases. BMC infectious diseases, 11(1), 18.

Scott, D., Simpson, M. C., & Sim, R. (2012). The vulnerability of Caribbean coastal tourism to scenarios of climate change related sea level rise. Journal of Sustainable Tourism, 20(6), 883-898.

Subgrupo del Catálogo de Islas Nacionales del Grupo Técnico para la Delimitación de las Zonas Marítimas Mexicanas. (En preparación). Catálogo del Territorio Insular Mexicano. INEGI, SEGOB, SEMAR, SEMARNAT, SRE, SCT, INECC, CONANP, UNAM. Aguascalientes, Ags. 289 pp + anexo cartográfico + disco compacto.

Vázquez, A. B. (2008). Evaluación Regional De La Vulnerabilidad Actual Y Futura De La Zona Costera Mexicana Y Los Deltas Más Impactados Ante El Incremento Del Nivel Del Mar Debido Al Cambio Climático Y Fenómenos Hidrometeorológicos Extremos.

Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., . . . Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. Nature, 416(6879), 389-395.

6 Anexo I.- Lista de referencias sobre elevación del nivel del mar e islas

A Reference Guide on the Use of Indictors for Integrated Coastal Management - ICAM Dossier I2003). UNESCO (Ed.) IOC Manuals and Guides No. 45 Retrieved from http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001305/130584e.pdf

Aguirre-Muñoz, A., J.E., Bezaury-Creel, H. de la Cueva, I.J. March-Mifsut, E. Peters-Recagno, S. Rojas-González de Castilla y K. Santos-del Prado Gasca. (2010). Islas de México, Un recurso estratégico T. N. C. T. Instituto Nacional de Ecología (INE), Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. (GECI), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) (Ed.) Retrieved from http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/644.pdf

amsterdam, U. N. E. P. a. I. f. E. S. o. v. U. (1998). Handbook on Methonds for Climate Change Impact Asssessment and Adaptation Strategies I. B. Jan F. Feenstra, Joel B. Smith, Richard S.J. Tol (Ed.) Retrieved from http://www.ivm.vu.nl/en/Images/UNEPhandbookEBA2ED27-994E-4538-B0F0C424C6F619FE_tcm53-102683.pdf

Arkema, K. K. G., G.; Verutes, G.; Wood, S. A.; Guerry, A.; Ruckelshaus, M.; Kareiva, P; Lacayo, M.; Silver, J. M. (2013). Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms Nature Climate Change, 913-918. doi: 10.1038/NCLIMATE1944

Bamber, J., & R. Riva. (2010). The sea level fingerprint of recent ice mass fluxes. Cryosphere, 4(4), 621-627. doi: 10.5194/Tc-4-621-2010

Bamber, J. L., & W. P. Aspinall. (2013). An expert judgement assessment of future sea level rise from the ice sheets. Nature Climate Change, 3, 424-427.

Becker, M., B. Meyssignac, C. Letetrel, W. Llovel, A. Cazenave, & T. Delcroix. (2012). Sea level variations at tropical Pacific islands since 1950. Global and Planetary Change, 80–81, 85-98. doi: 10.1016/j.gloplacha.2011.09.004

Beckley, B. D., N. P. Zelensky, S. A. Holmes, F. G. Lemoine, R. D. Ray, G. T. Mitchum, S. D. Desai, & S. T. Brown. (2010). Assessment of the Jason-2 Extension to the TOPEX/Poseidon, Jason-1 sea-surface height time series for global mean sea level monitoring. Marine Geodesy, 33(S1), 447-471. doi: 10.1080/01490419.2010.491029

Bellard, C., C. Leclerc, & F. Courchamp. (2014). Impact of sea level rise on the 10 insular biodiversity hotspots. Global Ecology and Biogeography, 23(2), 203-212. doi: 10.1111/geb.12093

Bellard, C. L., C.; Courchamp, F. (2014). Impact of sea level rise on the 10 insular biodiversity hotspots Global Ecology and Biogeography, 203-212.

Biancamaria, S., A. Cazenave, N. M. Mognard, W. Llovel, & F. Frappart. (2011). Satellite-based high latitude snow volume trend, variability and contribution to sea level over 1989/2006. Global and Planetary Change, 75(3-4), 99-107. doi: 10.1016/j.gloplacha.2010.10.011

Bindschadler, R. A., S. Nowicki, A. Abe-Ouchi, A. Aschwanden, H. Choi, J. Fastook, G. Granzow, R. Greve, G. Gutowski, U. Herzfeld, C. Jackson, J. Johnson, C. Khroulev, A. Levermann, W. H. Lipscomb, M. A. Martin, M. Morlighem, B. R. Parizek, D. Pollard, S. F. Price, D. Ren, F. Saito, T. Sato, H. Seddik, H. Seroussi, K. Takahashi, R. Walker, & W. L. Wang. (2013). Ice-sheet model sensitivities to environmental forcing and their use in projecting future sea level (The SeaRISE Project). Journal of Glaciology, 59, 195-224. doi: 10.3189/2013JoG12J125

Boretti, A. (2011). The measured rate of rise of sea levels is not increasing and climate models should be revised to match the experimental evidence. Royal Society Publishing eLetter, July 12, 2011.

Boretti, A. (2012). Is there any support in the long term tide gauge data to the claims that parts of Sydney will be swamped by rising sea levels? Coastal Engineering, 64(June), 161-167. doi: 10.1016/j.coastaleng.2012.01.006

Boretti, A. (2012). Short term comparison of climate model predictions and satellite altimeter measurements of sea levels. Coastal Engineering, 60(February), 319-322. doi: 10.1016/j.coastaleng.2011.10.005

Boretti, A. (2013). Discussion of J.A.G. Cooper, C. Lemckert, Extreme sea level rise and adaptation options for coastal resort cities: a qualitative assessment from the Gold Coast, Australia. Ocean and Coastal Management, 78, 132-135. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2012.05.031

Boretti, A. A. (2012). Discussion of Natalya N. Warner, Philippe E. Tissot, "Storm flooding sensitivity to sea level rise for Galveston Bay, Texas", Ocean Engineering 44 (2012), 23-32. Ocean Engineering, 55, 235-237. doi: 10.1016/j.oceaneng.2012.06.030

Botello, A. V. (2008). Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Retrieved from http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008_ev_regional_zcm.pdf.

Cazenave, A., O. Henry, S. Munier, T. Delcroix, A. L. Gordon, B. Meyssignac, W. Llovel, H. Palanisamy, & M. Becker. (2012). Estimating ENSO influence on the global mean sea level, 1993-2010. Marine Geodesy, 35 (sup1), 82-97.

Chambers, D. P., M. A. Merrifield, & R. S. Nerem. (2012). Is there a 60-year oscillation in global mean sea level? Geophysical Research Letters, 39. doi: L18607

10.1029/2012gl052885

Church, J. A., J. M. Gregory, N. J. White, S. M. Platten, & J. X. Mitrovica. (2011). Understanding and projecting sea level change. Oceanography, 24(2), 130-143. doi: 10.5670/oceanog.2011.33

Colberg, F., & K. L. McInnes. (2012). The impact of future changes in weather patterns on extreme sea levels over southern Australia. Journal of Geophysical Research - Oceans, 117, C08001. doi: 10.1029/2012JC007919

CONABIO, C., TNC, PRONATURA. (2007). Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas Retrieved from http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/LibroGapMarino.pdf

Courchamp, F., B. D. Hoffmann, J. C. Russell, C. Leclerc, & C. Bellard. (2014). Climate change, sea-level rise, and conservation: keeping island biodiversity afloat. Trends in Ecology & Evolution, 29(3), 127-130. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2014.01.001

Courchamp, F. H., B.D.; Russel, J.C.; Leclerc, C; Bellard, C. (2014). Climate change, sea-lever rise, and conservation: keeping island biodiversity afloat Trends in Ecology and Evolution, 29(3), 127-130.

Dronkers, J. G., J.T.E.; Butler, L.W.; Carey, J.J.; Campbell, J.; James, E.; McKenzie, C.; Misdorp, R.; Quin, R.; Ries, K.L.; Schroder, P.C.; Spradley, J.R.; Titus, J.G.; Vallianos, L.; von Dadelszen, J. . (1990). Strategies for Adaption to Sea Level Rise Retrieved from http://papers.risingsea.net/federal_reports/IPCC-1990-adaption-to-sea-level-rise.pdf.

Dutton, A., & K. Lambeck. (2012). Ice volume and sea level during the last interglacial. Science, 337(6091), 216-219.

Easterling, D. R. M., G.A.; Parmesan, C.; Changnon, S.A.; Karl, T.R.; Mearns, L.O. (2000). Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. Science, 289, 2068-2074.

Fettweis, X., A. Belleflame, M. Erpicum, B. Franco, & S. Nicolay. (2011). Estimation of the sea level rise by 2100 resulting from changes in the surface mass balance of the Greenland ice sheet. Climate Change - Geophysical Foundations and Ecological Effects, 503-520.

Fettweis, X., B. Franco, M. Tedesco, J. H. van Angelen, J. T. M. Lenaerts, M. R. van den Broeke, & H. Gallee. (2013). Estimating Greenland ice sheet surface mass balance contribution to future sea level rise using the regional atmospheric model MAR. The Cryosphere, 7, 469-489.

Fiedler, J. W., & C. P. Conrad. (2010). Spatial variability of sea level rise due to water impoundment behind dams. Geophysical Research Letters, 37(12), L12603. doi: 10.1029/2010gl043462

Foster, G. L., & E. J. Rohling. (2013). Relationship between sea level and climate forcing by CO2 on geological timescales. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110(4), 1209-1214. doi: 10.1073/pnas.1216073110

Gardner, A. S., G. Moholdt, J. G. Cogley, B. Wouters, A. A. Arendt, J. Wahr, E. Berthier, R. Hock, W. T. Pfeffer, G. Kaser, S. R. M. Ligtenberg, T. Bolch, M. J. Sharp, J. O. Hagen, M. R. van den Broeke, & F. Paul. (2013). A reconciled estimate of glacier contributions to sea level rise: 2003 to 2009. Science.

Gomez, N., J. X. Mitrovica, P. Huybers, & P. U. Clark. (2010). Sea level as a stabilizing factor for marine-ice-sheet grounding lines. Nature Geoscience, 3(12), 850-853. doi: 10.1038/ngeo1012

Gomez, N., J. X. Mitrovica, M. E. Tamisiea, & P. U. Clark. (2010). A new projection of sea level change in response to collapse of marine sectors of the Antarctic Ice Sheet. Geophysical Journal International, 180(2), 623-634. doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04419.x

Graversen, R. G., S. Drijfhout, W. Hazeleger, R. van de Wal, R. Bintanja, & M. Helsen. (2011). Greenland's contribution to global sea level rise by the end of the 21st century. Climate Dynamics, 37, 1427-1442.

Gregory, J. M., N. J. White, J. A. Church, M. F. P. Bierkens, J. E. Box, M. R. van den Broeke, J. G. Cogley, X. Fettweis, E. Hanna, P. Huybrechts, L. F. Konikow, P. W. Leclercq, B. Marzeion, J. Oerlemans, M. E. Tamisiea, Y. Wada, L. M. Wake, & R. S. W. van de Wal. (2013). Twentieth-century global-mean sea level rise: is the whole greater than the sum of the parts? Journal of Climate. doi: 0.1175/JCLI-D-12-00319.1

Griffies, S. M., & R. J. Greatbatch. (2012). Physical processes that impact the evolution of global mean sea level in ocean climate models. Ocean Modelling, 51, 37-72. doi: 10.1016/j.ocemod.2012.04.003

Grinsted, A., J. C. Moore, & S. Jevrejeva. (2010). Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD. Climate Dynamics, 34(4), 461-472. doi: 10.1007/s00382-008-0507-2

Hallberg, R., A. Adcroft, J. Dunne, J. Krasting, & R. J. Stouffer. (2012). Sensitivity of 21st century global-mean steric sea level rise to ocean model formulation. Journal of Climate. doi: 10.1175/JCLI-D-12-00506.1

Harter, D. E. V. I., S.D.H.; Seo, B.; Steinbauer, M.J.; Gillespie, Rosemary; Triantis, K.A.; Fernández-Palacios, J.M. (2015). Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands -- Projections, implications and current knowledge. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 160-183.

Hay, C. C., E. Morrow, R. E. Kopp, & J. X. Mitrovica. (2013). Estimating the sources of global sea level rise with data assimilation techniques. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110, 3692-3699. doi: 10.1073/pnas.1117683109

Herguera, J. C. y. O., M. (2009). Plan Estatal de Acción Climática de Baja California: Subida del nivel del mar, necesidad de establecer los niveles de referencia y vulnerabilidad de las costas de Baja California PEACC BC: Escenarios del nivel del mar from http://peac-bc.cicese.mx/Nivel_del_mar.htm

Hunter, J. R., & M. J. I. Brown. (2013). Discussion of Boretti, A., 'Is there any support in the long term tide gauge data to the claims that parts of Sydney will be swamped by rising sea levels?'. Coastal Engineering, 75, 1-3.

IPCC, D. o. G. o. U. C. L., Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, UK Department of the Environment and the Environment Agency of Japan. (1994). IPCC Technical Guidelines for Assessing

Climate Change Impacts and Adaptations U. C. o. L. a. C. f. G. E. Research (Ed.) Retrieved from http://www.ipcc-wg3.de/special-reports/.files-images/ipcc-technical-guidelines-1994n.pdf

IPCC: Church, J. A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan. (2013). 2013: Sea Level Change. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Ed.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf.

IPCC: Flato, G., J. Marotzke, B. Abiodun, P. Braconnot, S.C. Chou, W. Collins, P. Cox, F. Driouech, S. Emori, V. Eyring, C. Forest, P. Gleckler, E. Guilyardi, C. Jakob, V. Kattsov, C. Reason and M. Rummukainen. (2013). 2013: Evaluation of Climate Models. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Ed.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter09_FINAL.pdf.

IPCC: Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, L.V. Alexander, S.K. Allen, N.L. Bindoff, F.-M. Bréon, J.A. Church, U. Cubasch, S. Emori, P. Forster, P. Friedlingstein, N. Gillett, J.M. Gregory, D.L. Hartmann, E. Jansen, B. Kirtman, R. Knutti, K., Krishna Kumar, P. Lemke, J. Marotzke, V. Masson-Delmotte, G.A. Meehl, I.I. Mokhov, S. Piao, V. Ramaswamy, D., Randall, M. Rhein, M. Rojas, C. Sabine, D. Shindell, L.D. Talley, D.G. Vaughan and S.-P. Xie, . (2013). 2013: Technical Summary. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Ed.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_TS_FINAL.pdf.

Izaguirre, C., F. J. Méndez, M. Menéndez, A. Luceño, & I. J. Losada. (2010). Extreme wave climate variability in southern Europe using satellite data. Journal of Geophysical Research - Oceans, 115(C4), C04009. doi: 10.1029/2009jc005802

Jevrejeva, S., J. C. Moore, & A. Grinsted. (2010). How will sea level respond to changes in natural and anthropogenic forcings by 2100? Geophysical Research Letters, 37(7), L07703. doi: 10.1029/2010GL042947

Jevrejeva, S., J. C. Moore, & A. Grinsted. (2012). Potential for bias in 21st century semiempirical sea level projections. Journal of Geophysical Research, 117, D20116. doi: 10.1029/2012JD017704

Jevrejeva, S., J. C. Moore, & A. Grinsted. (2012). Sea level projections to AD 2500 with a new generation of climate change scenarios. Global and Planetary Change, 80-81, 14-20.

Johansson, M. M., H. Pellikka, K. K. Kahma, & K. Ruosteenoja. (2013). Global sea level rise scenarios adapted to the Finnish coast. Journal of Marine Systems. doi: 10.1016/j.jmarsys.2012.08.007

Joughin, I., B. E. Smith, & D. M. Holland. (2010). Sensitivity of 21st century sea level to ocean-induced thinning of Pine Island Glacier, Antarctica. Geophysical Research Letters, 37, L20502. doi: 10.1029/2010gl044819

Katsman, C. A., A. Sterl, J. J. Beersma, H. W. van den Brink, J. A. Church, W. Hazeleger, R. E. Kopp, D. Kroon, J. Kwadijk, R. Lammersen, J. Lowe, M. Oppenheimer, H. P. Plag, J. Ridley, H. von Storch, D. G. Vaughan, P. Vellinga, L. L. A. Vermeersen, R. S. W. van de Wal, & R. Weisse. (2011). Exploring high-end scenarios for local sea level rise to develop flood protection strategies for a low-lying delta - the Netherlands as an example. Climate Dynamics, 109(3), 617-645. doi: 10.1007/s10584-011-0037-5

Kirwan, M. L. M., J.P. (2013). Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. Nature Climate Change, 504, 53-60. doi: 10.1038/nature12856

Kopp, R. E., J. X. Mitrovica, S. M. Griffies, J. J. Yin, C. C. Hay, & R. J. Stouffer. (2010). The impact of Greenland melt on local sea levels: a partially coupled analysis of dynamic and static equilibrium effects in idealized water-hosing experiments. Climatic Change, 103(3), 619-625. doi: 10.1007/s10584.010.9935.1

Kopp, R. E., F. J. Simons, J. X. Mitrovica, A. C. Maloof, & M. Oppenheimer. (2013). A probabilistic assessment of sea level variations within the last interglacial stage. Geophysical Journal International, 193, 711-716.

Körper, J., I. Höschel, J. A. Lowe, C. D. Hewitt, D. Salas-Melia, E. Roeckner, H. Huebener, J. F. Royer, J. L. Dufresne, A. Pardaens, M. A. Giorgetta, M. G. Sanderson, O. H. Otterå, J. Tjiputra, & S. Denvil. (2013). The effect of aggressive mitigation on sea level rise and sea ice changes. Climate Dynamics, 40(3-4), 531-550. doi: 10.1007/s00382-012-1612-9

Kouketsu, S., T. Doi, T. Kawano, S. Masuda, N. Sugiura, Y. Sasaki, T. Toyoda, H. Igarashi, Y. Kawai, K. Katsumata, H. Uchida, M. Fukasawa, & T. Awaji. (2011). Deep ocean heat content changes estimated from observation and reanalysis product and their influence on sea level change. Journal of Geophysical Research-Oceans, 116, C03012. doi: 10.1029/2010JC006464

Kuhlbrodt, T., & J. M. Gregory. (2012). Ocean heat uptake and its consequences for the magnitude of sea level rise and climate change. Geophysical Research Letters, 39. doi: L18608

10.1029/2012gl052952

Lambeck, K., A. Purcell, & A. Dutton. (2012). The anatomy of interglacial sea levels: The relationship between sea levels and ice volumes during the Last Interglacial. Earth and Planetary Science Letters, 315, 4-11. doi: 10.1016/j.epsl.2011.08.026

Leuliette, E. W., & J. K. Willis. (2011). Balancing the sea level budget. Oceanography, 24(2), 122-129. doi: 10.5670/oceanog.2011.32

Ligtenberg, S. R. M., W. J. van de Berg, M. R. van den Broeke, J. G. L. Rae, & E. van Meijgaard. (2013). Future surface mass balance of the Antarctic ice sheet and its influence on sea level change, simulated by a regional atmospheric climate model. Climate Dynamics. doi: 10.1007/s00382-013-1749-1

Little, C. M., N. M. Urban, & M. Oppenheimer. (2013). Probabilistic framework for assessing the ice sheet contribution to sea level change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110(9), 3264-3269. doi: 10.1073/pnas.1214457110

Llovel, W., M. Becker, A. Cazenave, S. Jevrejeva, R. Alkama, B. Decharme, H. Douville, M. Ablain, & B. Beckley. (2011). Terrestrial waters and sea level variations on interannual time scale. Global and Planetary Change, 75(1), 76-82. doi: Doi 10.1016/J.Gloplacha.2010.10.008

Llovel, W., S. Guinehut, & A. Cazenave. (2010). Regional and interannual variability in sea level over 2002-2009 based on satellite altimetry, Argo float data and GRACE ocean mass. Ocean Dynamics, 60(5), 1193-1204. doi: Doi 10.1007/S10236-010-0324-0

Lorbacher, K., J. Dengg, C. W. Boning, & A. Biastoch. (2010). Regional patterns of sea level change related to interannual variability and multidecadal trends in the Atlantic meridional overturning circulation. Journal of Climate, 23(15), 4243-4254. doi: 10.1175/2010jcli3341.1

Lowe, J. A., P. L. Woodworth, T. Knutson, R. E. McDonald, K. L. McInnes, K. Woth, H. von Storch, J. Wolf, V. Swail, N. B. Bernier, S. Gulev, K. J. Horsburgh, A. S. Unnikrishnan, J. R. Hunter, & R. Weisse. (2010). Past and future changes in extreme sea levels and waves. In J. A. Church, P. L. Woodworth, T. Aarup & W. S. Wildon (Eds.), Understanding Sea-Level Rise and Variability (pp. pp. 326-375). Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.

Masters, D., R. S. Nerem, C. Choe, E. Leuliette, B. Beckley, N. White, & M. Ablain. (2012). Comparison of global mean sea level time series from TOPEX/Poseidon, Jason-1, and Jason-2. Marine Geodesy, 35, 20-41. doi: 10.1080/01490419.2012.717862

McCarthy, J. P. (2001). Ecological Consequences of Recent Climate Change. Conservation Biology, 15(2), 320-331.

McInnes, K., I. Macadam, G. Hubbert, & J. G. O'Grady. (2013). An assessment of current and future vulnerability to coastal inundation due to sea level extremes in Victoria, southeast Australia. International Journal of Climatology, 33(1), 33-47. doi: 10.1002/joc.3405

Menéndez, M., & P. L. Woodworth. (2010). Changes in extreme high water levels based on a quasi-global tide-gauge data set. Journal of Geophysical Research - Oceans, 115(C10), C10011. doi: 10.1029/2009jc005997

Merrifield, M. A., & M. E. Maltrud. (2011). Regional sea level trends due to a Pacific trade wind intensification. Geophysical Research Letters, 38, L21605. doi: 10.1029/2011GL049576

Mexicano, C. A. N. s. e. T. I. (2012). Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano Retrieved from http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/pdf/estrategia_nacional_de_las_islas.pdf

Moore, J. C., S. Jevrejeva, & A. Grinsted. (2011). The historical global sea level budget. Annals of Glaciology, 52(59), 8-14.

Mori, N., T. Shimura, T. Yasuda, & H. Mase. (2013). Multi-model climate projections of ocean surface variables under different climate scenarios - Future change of waves, sea level, and wind. Ocean Engineering. doi: doi:10.3178/hrl.4.15

Mousavi, M., J. Irish, A. Frey, F. Olivera, & B. Edge. (2011). Global warming and hurricanes: the potential impact of hurricane intensification and sea level rise on coastal flooding. Climatic Change, 104(3), 575-597. doi: 10.1007/s10584-009-9790-0

Nerem, R. S., D. P. Chambers, C. Choe, & G. T. Mitchum. (2010). Estimating mean sea level change from the TOPEX and Jason altimeter missions. Marine Geodesy, 33(S1), 435-446. doi: 10.1080/01490419.2010.491031

Nicholls, R. J. (2015). Adapting to Sea Level Rise. Coastal and Marine Hazards, Risks, and Disasters. doi: 10.1016/B978-0-12-396483-0.00009-1

Nicholls, R. J. C., A. (2010). Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. Science, 328, 1517-1519.

Nicholls, R. J. W., P.P.; Burket, V.R.; Codignotto, J.O.; Hay, J.E.; McLean, R.F.; Ragoonaden, S.; Woodroffe, C.D. (2007). 2007: Coastal systems and low-lying areas. In M. L. C. Parry, O.F.; Palutikof, J.P; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E. (Ed.), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 315-356). Cambridge, UK: Cambridge University Press. Retrieved from https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter6.pdf.

Nidheesh, A. G., M. Lengaine, J. Vialard, A. S. Unnikrishnam, & H. Dayan. (2012). Decadal and long-term sea level variability in the tropical Indo-Pacific Ocean. Climate Dynamics. doi: 10.1007/s00382-012-1463-4

Ollivier, A., Y. Faugere, N. Picot, M. Ablain, P. Femenias, & J. Benveniste. (2012). Envisat Ocean Altimeter Becoming Relevant for Mean Sea Level Trend Studies. Marine Geodesy, 35, 118-136. doi: 10.1080/01490419.2012.721632

Ortiz Pérez, M. A. y. M. L. A. P. (1999). Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y Mar Caribe Investigaciones Geográficas(39), 68-91.

Pardaens, A., J. M. Gregory, & J. Lowe. (2011). A model study of factors influencing projected changes in regional sea level over the twenty-first century. Climate Dynamics, 36(9), 2015-2033. doi: 10.1007/s00382-009-0738-x

Parker, A. (2013). Comment to Shepard, CC, Agostini, VN, Gilmer, B., Allen, T., Stone, J., Brooks, W., Beck, MW: Assessing future risk: quantifying the effects of sea level rise on storm surge risk for the southern shores of Long Island. Natural Hazards, 65(1), 977-980. doi: 10.1007/s11069-012-0314-2

Parker, A. (2013). Sea level trends at locations of the United States with more than 100 years of recording. Natural Hazards, 65(1), 1011-1021. doi: 10.1007/s11069-012-0400-5

Perrette, M., F. W. Landerer, R. Riva, K. Frieler, & M. Meinshausen. (2013). A scaling approach to project regional sea level rise and its uncertainties. Earth System Dynamics, 4, 11-29. doi: 10.5194/esd-4-11-2013

Pfeffer, W. T. H., J.T; O'Neel, S. (2010). Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. Science, 321, 1340-1343. doi: 10.1126/science.1159099

Precht, W. F. A., R.B. (2004). Climate Flickers and Range Shifts of Reef Corals. Frontiers in Ecology and the Environment, 2(6), 307-314. doi: 10.2307/3868406

Purkey, S. G., & G. C. Johnson. (2010). Warming of global abyssal and deep southern ocean waters between the 1990s and 2000s: contributions to global heat and sea level rise budgets. Journal of Climate, 23(23), 6336-6351. doi: 10.1175/2010jcli3682.1

Quinn, K. J., & R. M. Ponte. (2010). Uncertainty in ocean mass trends from GRACE. Geophysical Journal International, 181(2), 762-768. doi: 10.1111/J.1365-246x.2010.04508.X

Rahmstorf, S., M. Perrette, & M. Vermeer. (2012). Testing the robustness of semi-empirical sea level projections. Climate Dynamics, 39(3-4), 861-875. doi: 10.1007/s00382-011-1226-7

Ramasamy, R. S., N. S. (2011). Possible impact of rising sea levels on vector-borne infectious diseases. BCM Infectious Diseases.

Ray, R. D., & B. C. Douglas. (2011). Experiments in reconstructing twentieth-century sea levels. Progress in Oceanography, 91(4), 495-515. doi: 10.1016/j.pocean.2011.07.021

Reynolds, M. H. C., K. N.; Berkowits, P.; Storazzi, C. D.; Moore, J.; Flint, E. . (2015). Will the Effects of Sea-Level Rise Create Ecological Traps for Pacific Island Seabirds? . PLOS One. doi: 10.1371/journal.pone.0136773

Rignot, E., I. Velicogna, M. R. van den Broeke, A. Monaghan, & J. Lenaerts. (2011). Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. Geophysical Research Letters, 38, L05503. doi: 10.1029/2011GL046583

Rignot, E. V., I; van den Broeke, M.R.; Monaghan, A.; Lenaerts, J.T.M. (2011). Acceleration of the contribution of the Greenland and Antartic ice sheets to sea level rise. Geophysical Research Letters, 38. doi: 10.1029/2011GL046583

Roberts, D. L., P. Karkanas, Z. Jacobs, C. W. Marean, & R. G. Roberts. (2012). Melting ice sheets 400,000 yr ago raised sea level by 13 m: Past analogue for future trends. Earth and Planetary Science Letters, 357, 226-237. doi: 10.1016/j.epsl.2012.09.006

Sánchez-Santillán, N. G. L., R.; Negrete Redondo, P. . (2005). Análisis del nivel del mar en seis puertos del Golfo de México a través de un método alternativo http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n57ne/nivelmar.pdf

Schewe, J., A. Levermann, & M. Meinshausen. (2011). Climate change under a scenario near 1.5 °C of global warming: monsoon intensification, ocean warming and steric sea level rise. Earth System Dynamics, 2(1), 25-35. doi: 10.5194/esd-2-25-2011

Scott, D. S., M.C.; Sim, R. (2012). The vulnerability of Caribbean coastal tourism to scenario of climate change related sea level rise. Journal of Sustainable Tourism, 20(6), 883-898.

Simpson, M. C., Scott, D., New, M., Sim, R., Smith, D.,Harrison, M., Eakin, C.M., Warrick, R., Strong, A.E., Kouwenhoven, P., Harrison, S., Wilson, M., Nelson, G.C., Donner, S., Kay, R., Geldhill, D.K., Liu, G., Morgan, J.A., Kleypas, J.A., Mumby, P.J., Christensen, T.R.L., Baskett, M.L., Skirving, W.J., Elrick, C., Taylor, M., Bell, J., Rutty, M., Burnett, J.B., Overmas, M., Robertson, R. and Stager, H. (2009). An Overview of Modeling Climate Change Impacts in the Caribbean Region with contribution from the Pacific Islands U. N. D. P. (UNDP) (Ed.) Retrieved from http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/publications/UNDP_Final_Report.pdf

Smith, J. M., M. A. Cialone, T. V. Wamsley, & T. O. McAlpin. (2010). Potential impact of sea level rise on coastal surges in southeast Louisiana. Ocean Engineering, 37(1), 37-47. doi: 10.1016/j.oceaneng.2009.07.008

Stammer, D., A. Cazenave, R. M. Ponte, & M. E. Tamisiea. (2013). Causes for contemporary regional sea level changes. In C. A. Carlson & S. J. Giovannoni (Eds.), Annual Review of Marine Science, Vol 5 (Vol. 5, pp. pp. 21-46).

Suzuki, T., & M. Ishii. (2011). Regional distribution of sea level changes resulting from enhanced greenhouse warming in the Model for Interdisciplinary Research on Climate version 3.2. Geophysical Research Letters, 38, L02601. doi: 10.1029/2010gl045693

Tamisiea, M. E. (2011). Ongoing glacial isostatic contributions to observations of sea level change. Geophysical Journal International, 186(3), 1036-1044. doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05116.x

Tamisiea, M. E., E. M. Hill, R. M. Ponte, J. L. Davis, I. Velicogna, & N. T. Vinogradova. (2010). Impact of self attraction and loading on the annual cycle in sea level. Journal of Geophysical Research, 115, C07004. doi: 10.1029/2009JC005687

Tebaldi, C., B. H. Strauss, & C. E. Zervas. (2012). Modelling sea level rise impacts on storm surges along US coasts. Environmental Research Letters, 7(1), 2-11. doi: 10.1088/1748-9326/7/1/014032

Timmermann, A., S. McGregor, & F. F. Jin. (2010). Wind effects on past and future regional sea level trends in the Southern Indo-Pacific. Journal of Climate, 23(16), 4429-4437. doi: 10.1175/2010jcli3519.1

van Oldenborgh, G. J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou. (2013). 2013: Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Ed.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_AnnexI_FINAL.pdf.

Vinogradov, S. V., & R. M. Ponte. (2011). Low-frequency variability in coastal sea level from tide gauges and altimetry. Journal of Geophysical Research-Oceans, 116. doi: C07006

10.1029/2011jc007034

Walsh, K. J. E., K. McInnes, & J. L. McBride. (2011). Climate change impacts on tropical cyclones and extreme sea levels in the South Pacific – a regional assessment. Global and Planetary Change, 80-81, 149-164. doi: 10.1016/j.gloplacha.2011.10.006

Walther, G. R. P., E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T.J.C.; Fromentin, J.M.; Hoegh-Guldberg, O.; Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. Nature, 416, 389-395.

Watson, C., R. Burgette, P. Tregoning, N. White, J. Hunter, R. Coleman, R. Handsworth, & H. Brolsma. (2010). Twentieth century constraints on sea level change and earthquake deformation at Macquarie Island. Geophysical Journal International, 182, 781-796.

Yin, J. J. (2012). Century to multi-century sea level rise projections from CMIP5 models. Geophysical Research Letters, 39, L17709. doi: 10.1029/2012gl052947

Yin, J. J., S. M. Griffies, & R. J. Stouffer. (2010). Spatial variability of sea level rise in twenty-first century projections. Journal of Climate, 23(17), 4585-4607. doi: 10.1175/2010jcli3533.1

Zhang, X. B., & J. A. Church. (2012). Sea level trends, interannual and decadal variability in the Pacific Ocean. Geophysical Research Letters, 39. doi: L2170110.1029/2012gl053240

1 Introducción

1.1 Nivel del mar: situación actual y proyecciones

El Quinto Informe de Evaluación (Fifth Assessment Report - AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), completado en noviembre de 2014 con su informe de síntesis, reporta un incremento global del nivel medio del mar de 0.19 ± 0.02 m durante el periodo 1901-2010 (Figura 1). La tasa de elevación del nivel del mar desde mediados del siglo XIX ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (IPCC, 2014a). Entre 1993 y 2010, la tasa media de elevación global promedio del nivel del mar fue de 3.2 ± 0.4 mm/año (IPCC, 2014a). Las dos causas fundamentales de todo lo anterior —que explican el 75% de la elevación observada— son la expansión térmica de los océanos (el agua se expande en la medida en que se calienta) y la pérdida de hielo terrestre debido al derretimiento de los glaciares.

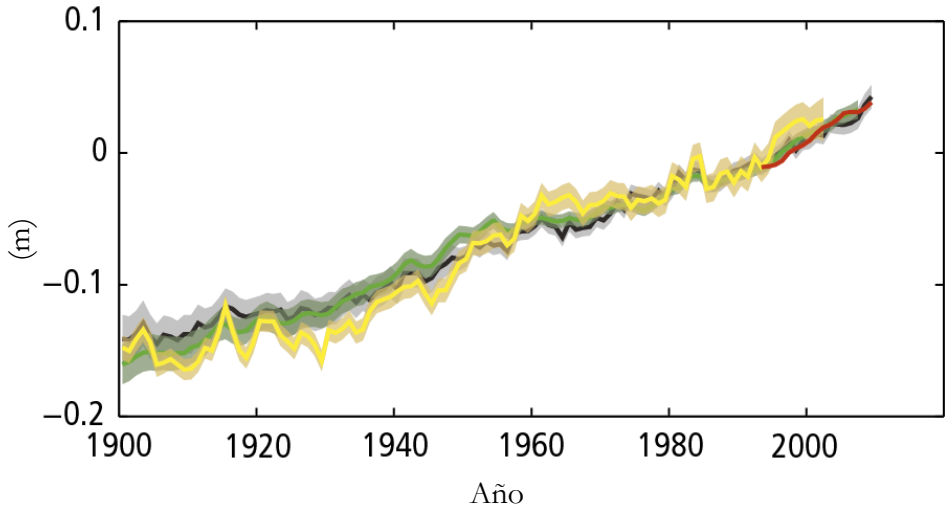


Figura 3. Promedio global del nivel del mar, relativo al promedio de 1986-2005 (periodo del conjunto de datos más extenso). Los conjuntos de datos están alineados al mismo valor en 1993, primer año en que se contó con datos de altimetría satelital. Todas las series de tiempo (líneas de colores que indican diferentes conjuntos de datos) muestran valores anuales. La variabilidad, cuando ésta fue evaluada, se muestra como una sombra gris (adaptado de IPCC, 2014a, p. 41).

Con relación a las proyecciones de la elevación del nivel del mar por parte del IPCC, éstas tienen un mayor nivel de confianza en el AR5 que en el Cuarto Informe de Evaluación (AR4), publicado en 2007; esto debido principalmente a la mejora de los modelos en relación con las contribuciones del hielo continental. Así, la conclusión del AR5 es que el nivel medio global del mar seguirá aumentando durante el siglo XXI (Figura 2) (IPCC, 2014b). Para finales de este siglo, se estima que el 70% de las costas del mundo experimentarán cambios del nivel del mar de hasta un 20% del cambio del nivel medio global del mar. Esto puede acarrear consecuencias catastróficas, pues ya durante el siglo XX el incremento en el nivel del mar contribuyó a inundaciones costeras, erosión y pérdida de hábitat (IPCC, 2007).

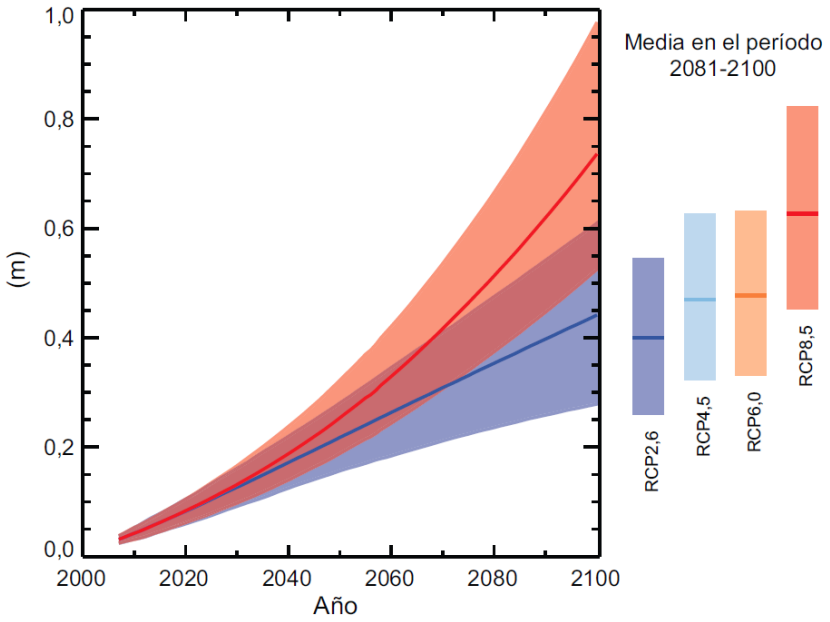


Figura 4. Proyecciones de la elevación media global del nivel del mar durante el siglo XXI, en relación con el período 1986-2005. El rango probable resultante de la evaluación se indica con una banda sombreada. Los rangos probables resultantes de la evaluación para la media, durante el período 2081-2100 para todos los escenarios de RCP, se muestran con barras verticales de colores, y el valor de la mediana correspondiente se indica con una línea horizontal.

1.2 Impactos de la elevación del nivel del mar

1.1.4 Islas y biodiversidad

La pérdida de hábitats costeros como los manglares, podrían poner en peligro a especies que utilizan estos hábitats para anidar, cuidar y proteger a sus crías, además de obtener alimento (Kirwan&Megonigal, 2013). Además, el aumento en el nivel medio del mar puede actuar sinérgicamente con el cambio climático global, e incrementar las condiciones favorables que faciliten la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores, los cuales afectan directamente a las comunidades y ecosistemas de las islas (Ramasamy&Surendran, 2011).

En la actualidad existe una clara evidencia de que los cambios climáticos recientes han afectado a una amplia gama de organismos con diversa distribución geográfica (Walther et al., 2002; Courchamp et al., 2014; Harter et al., 2015). Los impactos abarcan ambientes desde polares terrestres a marinos tropicales, y la respuesta de la flora y fauna abarca una gran variedad de ecosistemas y jerarquías organizacionales. La evidencia demuestra que el aumento en el nivel del mar podría afectar directamente a los ecosistemas al incrementar la erosión, aumentar las inundaciones costeras; inundar humedales, pantanos, manglares y otras áreas bajas; incrementar la salinidad en estuarios y mantos acuíferos; alterar el rango de las mareas en ríos y bahías; cambiar la ubicación donde los ríos depositan sedimentos; y ahogar a los arrecifes coralinos (Change, 1990).

Muchos estudios sobre los impactos biológicos del cambio climático se han enfocado en abundancia y distribución de especies. Las especies migratorias se encuentran entre las mejor documentadas (e.g., Easterling et al., 2000), pero constantemente exhiben amplias fluctuaciones, entre diferentes años, en sus áreas de anidación; lo que dificulta discernir un cambio en su distribución a largo plazo. En contraste, el cambio en el rango de distribución de especies más sedentarias sigue al proceso de extensión de las poblaciones y colonización de nuevos sitios (McCarty, 2001). Esto facilita detectar verdaderos cambios de distribución, ya que el cambio es más metódico y la falta de datos tiene menor impacto. Sin embargo, los cambios en el rango de distribución pueden llegar a ser episódicos y no periódicos, por ejemplo, en el caso de eventos estocásticos, como huracanes, el cambio puede ocurrir de manera inmediata (Precht&Aronson, 2004).

1.1.1 Línea de costa

Los efectos del aumento en el nivel medio del mar son bien conocidos (Nicholls et al., 2007): inmersión total o un incremento en las inundaciones de la costa, así como la intrusión de agua salina sobre las aguas superficiales y los mantos acuíferos. Efectos a largo plazo incluyen la erosión de la costa así como zonas de humedales, manglares y otros hábitats costeros. Todos estos impactos tienen efectos socioeconómicos directos e indirectos, los cuales, en su mayoría, son negativos. Los efectos del aumento en el nivel medio del mar sobre la línea de costa amenazan a sitios densamente poblados asociados con ciudades en crecimiento, también a zonas de bajo nivel socioeconómico pero con un gran crecimiento esperado de la población. Sin embargo, las comunidades en pequeñas islas, como en el Caribe y el Pacífico Sur, son las que se encuentran en mayor riesgo, ya que pueden llegar a sumergirse o ser abandonadas incluso durante este siglo (Nichols&Cazenave, 2010; IPCC, 2014b; Bellard et al. 2014).

Los pequeños territorios insulares, tanto los situados en los trópicos como en latitudes más elevadas, poseen características que los hacen especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático, al

aumento del nivel del mar y a los fenómenos extremos. El deterioro de las condiciones costeras, por ejemplo debido la erosión de las playas y el blanqueamiento de los corales, se espera que afecte a los recursos locales, como la pesca, y reduzca el valor de algunas islas, particularmente de los Pequeños Estados Insulares (PEI), como destinos turísticos.

Se espera que la subida del nivel del mar agrave las inundaciones, las mareas de tempestad, la erosión y otros riesgos costeros, y que amenace así a las principales infraestructuras, los asentamientos y las instalaciones que sostienen los medios de subsistencia de las comunidades isleñas. De hecho, se prevé que, para mediados de siglo, el cambio climático disminuya los recursos hídricos en los pequeños territorios insulares, por ejemplo, en el Caribe y en el Pacífico, hasta el punto de volverse insuficientes para cubrir la demanda durante los períodos de baja precipitación.

1.1.2 Población e infraestructura

El incremento en el nivel medio del mar inducido por el cambio climático puede tener efectos severos en la infraestructura costera, el desarrollo económico y la cultura local. Los asentamientos isleños, eventos sociales y turísticos, además de actividades económicas, tienden a concentrarse cerca de las costas, haciéndolos vulnerables a los impactos del aumento en el nivel medio del mar como inundaciones y erosión costera. Dichas inundaciones, en conjunto con la erosión costera, pueden afectar estructuras críticas como aeropuertos, carreteras, puertos y hospitales. A su vez, se espera que los eventos de inundaciones y tormentas sean cada vez más frecuentes e intensos, lo que puede causar daños a servicios, aumentar el riesgo de enfermedades y dañar actividades económicas como el turismo (Scott et al., 2012).

Los recursos hídricos y la agricultura son de importancia fundamental para la mayoría de los PEI, ya que los recursos de agua y tierras cultivables de estos Estados son limitados. Las comunidades dependen del agua de lluvia de las cuencas de captación y de un número limitado de depósitos de agua dulce. Además, las tierras cultivables, especialmente en las islas y atolones bajos, están concentradas en la costa o cerca de ella. Los cambios en la altura del nivel freático y la salinización del suelo como consecuencia de la subida del nivel del mar producirían estrés en muchos cultivos de alimentos básicos.

Aunque la pesca es en su mayor parte artesanal o comercial en pequeña escala, es una actividad importante en la mayoría de las islas pequeñas y aporta una contribución significativa al consumo de proteínas de los habitantes de las islas. Muchos lugares de cría y hábitat de peces y mariscos, como los manglares, los arrecifes de coral y los lechos de pastos marinos, estarán cada vez más amenazados por los probables impactos de la elevación del nivel del mar.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Identificar los posibles impactos, tanto espacial como temporalmente, del posible aumento del nivel medio del mar sobre el territorio insular mexicano.

2.2 Objetivos específicos

e. Realizar revisiones bibliográficas de estudios a nivel global, que describan el efecto potencial del aumento en el nivel medio del mar en:

- **Línea de costa**
- **Ecosistemas y especies dominantes**
- **Población**

f. Realizar ejercicios de modelación computacional y proyecciones de dos escenarios de incremento en el nivel medio del mar (e.g., 20 cm y 86 cm) e identificar los impactos potenciales en:

- Línea de costa: islas que se perderán; superficie y porcentaje que representan del territorio nacional; kilómetros de línea costera que se perderán.
- Ecosistemas y especies dominantes: ecosistemas afectados; superficie ocupada por ecosistema que será afectada; especies de plantas y animales afectados.
- Población: total de población afectada, desglosada por edad, sexo y grado de marginación.

g. Realizar una evaluación de vulnerabilidad y riesgos en islas pobladas e islas prioritarias.

h. Llevar a cabo un taller de presentación de resultados al concluir la consultoría (los costos logísticos serán asumidos por el proyecto 00086487).

3 Revisión de metodologías para la evaluación del cambio climático sobre las islas

Para definir la metodología que será empleada en el presente trabajo, se realizó un análisis de los métodos utilizados en diversos estudios relacionados con los impactos del cambio climático por aumento del nivel del mar en islas y zonas costeras. Algunas de las fuentes de consulta fueron: el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y literatura científica a través de diversas bases de datos. A continuación, se muestra una compilaciónde metodologías y análisis de diversos casos de estudio.

A. Potential effects of sea level rise on the terrestrial habitats of endangered and endemic megafauna in the Northwestern Hawaiian Islands

Autores: Baker, J.D.,C. L. Littnan, y D. W. Johnston
Se utilizaron los escenarios presentados por elAR3 del IPCC. Se evaluó el efecto del incremento del nivel del mar y pérdida de hábitat de las islas del Noroeste de Hawái bajo escenarios de inundación pasivos. Se calculó el área que se perdería si las islas mantienen su topografía actual y el mar aumentara ante los seis escenarios del AR4. Se crearon modelos topográficos que involucran la colecta de datos de elevación de las islas.
Métodos:
Se registraron los puntos de elevación en sitios estratégicos de cada isla. Se registró la línea de costa mediante un sistema de posicionamiento global (GPS). Todos los datos obtenidos se procesaron en ArcGIS 9.0. Se modeló la topografía de la isla mediante la interpolación de puntos equidistantes para producir un TIN (red irregular de triangulación). Cada TIN es rasterizado para crear una cuadrícula de elevación para cada isla con una resolución horizontal.

B. Impact of sea level rise on the 10 insular biodiversity hotspots

Autores: Bellard, C., C. Leclerc, y F. Courchamp
Se estimaron los impactos de la elevación del nivel del mar en los 10 sitios de alta biodiversidad o "hotspots" insulares: Islas del Caribe; Islas de Japón; Filipinas; Islas del Este de Melanesia; Polinesia-Micronesia; Sondalandia; Wallacea; Nueva Caldedonia; Nueva Zelanda; y Madagascar y las islas del Océano Índico. Esto representa un total de 4447 islas, que albergan más de 50 000 y 670 plantas y mamíferos endémicos, respectivamente.
Métodos:
Con la finalidad de tener un análisis exhaustivo, se consideraron en el análisis tanto islas como islotes. La línea de costa de las islas se obtuvo de la iniciativa de Hotspots de Biodiversidad de Conservación Internacional (http://www.conservation.org/how/pages/hotspots.aspx). Mientras que la elevación de las islas se obtuvo de un modelo digital de elevación (DEM, por sus siglas en inglés) de la NASA (http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/). Se emplearon cuatro escenarios de elevación del nivel del mar: 1, 2, 3 y 6 metros. Para los cálculos se utilizó R en su versión 2.15.

C. Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands – Projections, implications and current knowledge

Autores: Harter, D. E. V., S. D. H. Irl, B. Seo, M. J. Steinbauer, R. Gillespie, K. A. Triantis, J. M. Fernández-Palacios, y C. Beierkuhnlein
Los tres objetivos de este estudio fueron: (1) Evaluar los efectos actuales del cambio climático en la flora de islas oceánicas; (2) Evaluar cómo las características específicas tanto de las islas como de las especies pueden intensificar o atenuar los impactos del cambio climático; y (3) Identificar vacíos de conocimiento y oportunidades de investigación.
Métodos:
Se compiló y analizó información de temperatura media anual y precipitación media anual del CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), los cuales se bajaron de la página del IPCC. La información de las islas se obtuvo del Directorio de Islas del PNUMA (http://islands.unep.ch/isldir.htm). Se trabajó con un total de 787 islas océanicas. La conversión de los archivos netCDF originales a raster, la extracción de los valores del raster, así como análisis adicionales fueron realizados con los paquetes raster y RNetCDF para R 2.15.2.

D. The impact of sea level rise on developing countries: A comparative analysis

Autores: Dasgupta S., B. Laplante, C. Meisner, D.Wheeler, y J. Yan
Se emplearon los Sistemas de Información Geográfica para evaluar las consecuencias de un incremento en el nivel del mar para 84 países en desarrollo. Los elementos de impacto crítico fueron la pérdida de área, población, agricultura, extensión urbana, humedales y el PIB, todo ante un escenario de inundación ante un incremento del nivel del mar de 1 a 5 metros.
Métodos:
Se colectó información vectorial de la zona costera. Se descargaron los datos de un Modelo digital de elevación (MDE) en una fuente disponible en internet. Los datos fueron convertidos a formato raster y fueron procesados en ArcGIS. Se identificaron zonas vulnerables a inundación. Las estimaciones para cada indicador se calcularon mediante la superposición de la zona inundada con la superficie de exposición (zonas habitadas, hábitats, etc.).

E. "Sea Level Change", Capítulo 13 del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Autores: Church, J. A. y P. U. Clark

Este capítulo documenta los cambios globales del nivel medio del mar, nivel medio regional, casos extremos y olas. Se muestra un mayor grado de confianza en las estimaciones de cambio debido a la integración de procedimientos de asimilación de información e incorporación de datos in situ (hidrografía, altimetría satelital, nivel del mar, precipitación, nubosidad, radiación solar, temperatura de la superficie del mar, etc.).
Métodos:
Se presentan los resultados obtenidos a partir de una serie de análisis de metodologías basadas en los modelos globales de circulación del océano y la atmósfera (AOGCM, por sus siglas en inglés). A continuación, en el Cuadro 1, se hace referencia a las metodologías utilizadas para determinar los escenarios de incremento del nivel del mar para el quinto informe de Evaluación (R5).

Cuadro 4. Proyección del cambio de la elevación media global del nivel del mar para mediados y finales del siglo XXI, en relación con las metodologías de referencia utilizadas para los escenarios establecidos por el quinto informe de evaluación del IPCC (2014).

Escenario	Referencia	2046-2065 Media ± DE (m)	2081-2100 Media ± DE (m)
RCP2.6	Marzeion et al. (2012)	0.24 ± 0.075	0.40 ± 0.145
RCP2.6	Slangen y Van de Wal (2011)	0.24 ± 0.075	0.40 ± 0.145
RCP4.5	Marzeion et al. (2012)	0.26 ± 0.070	0.47 ± 0.155
RCP4.5	Radic et al. (2013)	0.26 ± 0.070	0.47 ± 0.155
RCP4.5	Slangen y Van de Wal (2011)	0.26 ± 0.070	0.47 ± 0.155
RCP6.0	Marzeion et al. (2012)	0.25 ± 0.070	0.48 ± 0.150
RCP6.0	Slangen y Van de Wal (2011)	0.25 ± 0.070	0.48 ± 0.150
RCP8.5	Marzeion et al. (2012)	0.30 ± 0.080	0.63 ± 0.185
RCP8.5	Radic et al. (2013)	0.30 ± 0.080	0.63 ± 0.185
RCP8.5	Slangen y Van de Wal (2011)	0.30 ± 0.080	0.63 ± 0.185

F. Sea-level rise modelling handbook: Resource guide for coastal land managers, engineers, and scientists

Autores: U.S. Geological Survey

Se trata de una guíacientífica, donde se recopilan diversos modelos de simulación para la comprensión de las dinámicas y los impactos por incremento en el nivel del mar. El propósito de dicha guía es describir y clasificar conjuntos de datos, métodos y diseño de modelos que tengan aplicación en la predicción y análisis de los impactos por elevación del nivel del mar en los ecosistemas costeros.

Los datos y modelos que se presentan en este documento cubren un amplio espectro de disciplinas con diferentes diseños y escalas de complejidad espacial y temporal para la predicción de cambios ambientales y la respuesta de los ecosistemas.

Métodos:

Se presentan diversas metodologías en donde se contrastan las herramientas y modelos presentados en la guía (Cuadro 2). Algunos modelos muestran herramientas prácticas y otras áreas requieren mayor experiencia y personal más especializado para su aplicación.

Se seleccionaron tres clasificaciones dentro de dicho documento: modelos que involucran parámetros a escala global y otros a escalas regionales y locales. Los modelos de simulación de elevación de nivel del mar y los modelos de inundación han sido aplicados para predecir los posibles impactos por elevación de nivel del mar a los ecosistemas costeros. Estos modelos por lo general requieren de datos meteorológicos a escalas regionales y locales.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas de mapeo de zonas vulnerables más populares por su fácil manejo. Incluso, en internet existen interfaces interactivas. Estas herramientas son de fácil acceso y la información que se requiere para su construcción, la mayoría de las veces se encuentra disponible para el público en general en diversas fuentes gubernamentales. Para muchos, sólo basta con introducir algunos parámetros y se obtienen los resultados al instante. La desventaja es que estos no están disponibles para las islas de México, pero se pueden utilizar las herramientas que funcionan para estas interfaces y lograr nuestros cometidos. En la mayoría de los

casos se utilizan modelos digitales de elevación que nos pueden dar como resultado las zonas vulnerables y afectaciones ante un incremento del nivel del mar.

Los modelos de simulación ecológicos se utilizan para evaluar los impactos por un aumento en el nivel del mar; éstos varían en diseño dependiendo la aplicación, ya sea a nivel ecológico, ecosistémico o de especies. Estos predicen los cambios en el ecosistema en términos de clasificación de presencia/ausencia. En estos modelos no hay características cuantitativas y su clasificación es meramente descriptiva. De estos modelos también se obtienen mapas de vulnerabilidad y afectaciones ante un incremento del nivel del mar. Los datos que se requieren en su mayoría son meteorológicos y datos de elevación del terreno.

Cuadro 5. Compilación de algunos modelos y herramientas presentados por el manual de modelado de nivel del mar.

Tipo de Modelo	Agencia/ organización	Escala	Parámetros de entrada	Datos de salida	Referencia
Simulación de elevación de nivel del mar y modelos de inundación	CoastCLIM	Local, regional y global	Datos de elevación, climatológicos, patrones de clima, cambios en nivel del mar por los AOGCM.	Mapas de zonas inundadas, hábitats vulnerables y costos de adaptación.	Warrick, 2006; Warrick and Cox, 2007.
	NOAA Inundation Frequency Analysis Program	Local	Datos de mareográfos, elevación e intervalo de fechas.	Duración de la inundación, frecuencia de elevación de nivel de agua.	NOAA National Ocean Service
	Sea level rise Rectification program	Local, regional	Datos de mareográfos, subsidencia histórica y cambios en el nivel del mar por los AOGCM's.	Acumulado de ascenso del nivel del mar, potencial inundación.	US Geological Survey
	Temperature based sea level rise model	Global	Temperatura media del mar, temperatura media, tiempo.	Futuro nivel medio del mar.	Rahmsforf, 2007.
Sistemas de información geográfica (SIG)	Australian Government	Local, áreas urbanas	Modelo digital de elevación.	Mapas de inundación y población afectada.	Australian Government, 2009.
	USGS	Local, regional	Modelo digital de elevación, estadísticas de la población, cobertura de la superficie.	Mapas de inundación.	Usery et al., 2010.
	NOAA	Local, regional	Modelo digital de elevación, cobertura de la superficie.	Mapas de inundación e índices de vulnerabilidad.	NOAA, 2010.
	University of Arizona	Global	Modelo digital de elevación.	Mapas de inundación.	Overpecky Weiss, 2009; Weiss et al., 2011; Strauss et al., 2012.
	Climate Central	Local	Modelo digital de elevación, datos	Mapas de inundación,	Tebaldi et al. 2012; Strauss

Tipo de Modelo	Agencia/ organización	Escala	Parámetros de entrada	Datos de salida	Referencia
			mareográfos.	población afectada, riesgo de inundación.	et al., 2012.
Modelos de simulación ecológicos	Louisiana State University	Local, regional	Datos de elevación y batimetría, aire, temperatura, velocidad del viento, carga de sedimento, cobertura vegetal, salinidad, tasas de mortalidad y crecimiento de plantas.	Mapas de cambio en el ecosistema, zonas inundadas, zonas erosionadas, productividad vegetal, salinidad, circulación de aguas y transporte de sedimentos.	Reyes et al. 2000, 2004; Martin et al., 2000; Voinov et al., 1999, 2007; Binder et al., 2003.
	Louisiana State University	Local, regional	Datos de elevación y batimetría, aire, temperatura, velocidad del viento, carga de sedimento, cobertura vegetal, salinidad, tasas de mortalidad y crecimiento de plantas.	Mapas de cambio en el ecosistema, zonas inundadas, zonas erosionadas, productividad vegetal, salinidad, circulación de aguas y transporte de sedimentos.	Costanza et al., 1990; Sklar et al., 1991.
	Warren Pinnacle Consulting, Inc.	Local, regional	Mapas de elevación, cobertura vegetal, proyecciones de elevación de nivel del mar.	Mapas de hábitats potencialmente vulnerables a inundación, mapas de cobertura e inundación.	Park et al., 1989; Galbraith et al., 2002, 2003; National Wildlife Federation 2006; Craft et al., 2009.
Modelos de simulación ecológicos	Warren Pinnacle Consulting, Inc.	Local, regional	Mapas de elevación, cobertura vegetal, proyecciones de elevación de nivel del mar.	Mapas de hábitats potencialmente vulnerables a inundación, mapas de cobertura e inundación.	Clough et al., 2010; Geselbrachtet al., 2011.
	U.S. Geological survey	Local, regional	Cobertura vegetal, registro mensual de mareas,	Mapas de desplazamiento de hábitats.	Doyle et al., 2010.

Tipo de Modelo	Agencia/ organización	Escala	Parámetros de entrada	Datos de salida	Referencia
			proyecciones de elevación de nivel del mar.		

G. Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Autores: Botello, D. A.
Se realizó un estudio de vulnerabilidad ante un incremento del nivel del mar de 1 a 2 m sobre la costa de la República Mexicana. Ello en función de la sensibilidad de un sistema a los cambios del clima y de su capacidad de adaptarse a dichos cambios.
Métodos:
Para las estimaciones de elevación de nivel del mar se analizaron datos de cambio en las mareas dentro de algunas series de tiempo determinadas. A partir de esto se calcularon las tendencias siguiendo el método de mínimos cuadrados.

$$Tendencia = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde x_i son las fechas que hay en las observaciones anuales, y_i las observaciones, $\bar{x}$ y $\bar{y}$ son los promedios de x_i y y_i, respectivamente.
Para la metodología de las proyecciones de elevación de nivel del mar, se utilizaron los mapas interactivos de la interface de la Universidad de Arizona para obtener los mapas de inundación de las costas de la República Mexicana.

4 Territorio Insular Mexicano

A nivel nacional, poco se sabe sobre el impacto que tendrá el aumento del nivel del mar sobre el Territorio Insular Mexicano (TIM), por lo que resulta necesario realizar una evaluación de dichos efectos en: (a) Los ecosistemas y su biodiversidad; (b) La línea de costa; y (c) La población e infraestructura.

El Territorio Insular Mexicano (TIM) es el término genérico utilizado para reconocer una serie de elementos que forman parte del territorio nacional, conforme al artículo 42 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y al artículo 121 (1) de la Convención del Mar: islas, arrecifes y cayos (Aguirre Muñoz et al. 2010; CANTIM 2012).

De acuerdo con el INEGI, el TIM comprende a un conjunto de más de 4000 elementos insulares, ocupando una superficie de 8025.2 km^2. La mayoría de éstos son islas propiamente que alcanzan a cubrir el 94.2% de la superficie insular. Los arrecifes y los cayos —que en principio pudieran ser los más gravemente afectados por la elevación del nivel del mar— cubren sólo el 4.5% y 1.3%, respectivamente (Subgrupo del Catálogo de Islas Nacionales en preparación).

La Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano (CANTIM 2012), establece una serie de islas con un valor especial en cuanto a biodiversidad, soberanía y recursos naturales: riqueza de especies, presencia de endemismos,

integridad ecológica terrestre y marina, hábitat crítico para especies residentes o migratorias, especies en riesgo, presencia de atributos históricos y culturales relevantes e importancia económica. Éstas se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 6. Islas o grupos de islas prioritarias en cada una de las regiones insulares de México (tomado de CANTIM 2012).

Pacífico Norte	Golfo de California	Pacífico Centro Sur	Golfo de México y Mar Caribe
1. Islas Coronado	**1. Islas del Alto Golfo de California[3]**	**1. Archipiélago de Revillagigedo[1]**	1. Sistema Arrecifal Veracruzano
2. Islas Todos Santos	**2. Archipiélago de las Encantadas[3]**		2. Islas de Laguna de Términos
3. Isla San Martín	3. Isla San Pedro Nolasco e islas de Guaymas		3. Arrecife Alacranes
4. Isla Guadalupe[2]	**4. Región de las Grandes Islas[1]**		4. Islas Holbox, Contoy, Mujeres y Cancún
5. Islas San Benito[3]	5. Islas Pájaros, Venados y Lobos de la Bahía de Mazatlán*		**5. Isla Cozumel[1]**
6. Isla Cedros[1]	**6. Archipiélago Espíritu Santo[3]**		**6. Banco Chinchorro[2]**
7. Isla Natividad	7. Isla Cerralvo		7. Islas de la Bahía de Chetumal
8. Islas Asunción y San Roque	**8. Archipiélago de Loreto[2]**		
9. Isla Magdalena	9. Isla San José e isla San Francisco		
10. Isla Santa Margarita	10. Isla San Marcos e isla Tortugas		
	11. Archipiélago islas Marías[1]		

En negritas se resaltan las islas de mayor prioridad. Los superíndices indican la premura y el grado de atención requeridos (1= requiere mayor atención/ más inmediata).

*Estas islas son consideradas de interés especial por su cercanía al continente, por su importancia histórica y cultural, y por el impacto acumulado, razón por la cual presenta los mayores valores de amenazas.

Por otro lado, en el Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas (CONABIO 2007), se desarrolló una base de datos de biodiversidad insular que incluyó la información de las características generales de 1365 cuerpos insulares, así

como información sobre sus especies. Hasta el momento se cuenta con información asociada únicamente a 149 cuerpos insulares entre los que destacan por su riqueza de especies: Clarión, Cozumel, Banco Chinchorro, Arrecife Alacranes y Espíritu Santo. No obstante, es necesario resaltar que las islas con mayor nivel de vulnerabilidad ante el aumento en el nivel del mar, son aquellas que se serán susceptibles a inundaciones debido a su geomorfología, las que serán susceptibles a erosión por sus condiciones de oleaje y corrientes marinas, y aquellas en las que la potencial intrusión salina y cambios en el nivel freático disminuyan la disponibilidad de agua potable para la población habitante.

En este sentido, para la definición y selección de islas prioritarias e islas con población se tomarán en cuenta las priorizaciones hechas por CANTIM (2012) y Latofski-Robles et al. (2014), y se consultará la información del INEGI (1994) y CONABIO (2007).

5 Metodología

5.1 Simulación de elevación de nivel medio del mar

Se utilizaran dos escenarios presentados por el quinto informe de evaluación del IPCC (RCP2.6, RCP8.5). Se colectará información vectorial de la zona costera de las islas prioritarias. La evaluación de la elevación del nivel del mar se recreará bajo escenarios de inundación pasivos en los que se calculará el área que se perdería si las islas mantienen su topografía actual y el mar aumentara ante los escenarios presentados por el R5.

Los datos topográficos serán procesados en ArcGISpara obtener un modelo digital de elevación que posteriormente será rasterizado. A partir de éste, se calculará la línea de costa perdida y el área afectada para cada escenario y para cada isla.

5.2 Evaluación de impacto ecológico

Se crearán mapas de vulnerabilidad e impactos por un aumento en el nivel del mar a nivel ecológico y de especies. Se mostrarán los cambios en el ecosistema en cuanto a pérdida de hábitat y sitios de anidación de aves marinas.

5.3 Evaluación de impactos en la población

Los mapas de vulnerabilidad a las inundaciones describen aquellas características de los elementos a estudiar que incrementan o disminuyen el impacto de una inundación si ésta se llega a producir. Algunas de las variables a estudiar pueden ser la edad, el género, los ingresos económicos, el nivel de formación en el caso de los estudios de posibles afectaciones a la población o las características estructurales de las infraestructuras, las viviendas y las vías de comunicación si lo que se pretende es conocer el potencial impacto en estas construcciones.

Los criterios de vulnerabilidad, se basarán en las definiciones designadas por diversas organizaciones, tales como: la oficina de las Naciones Unidas para la reducción de desastres (UNISDR), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el grupo intergubernamental de expertos

sobre cambio climático (IPCC) y el Instituto Mexicano para la Competitividad (Cuadro 4), y la metodología base de Vázquez (2014), quienes coinciden en que la vulnerabilidad depende de diferentes factores sociales, tales como la edad, la salud de las personas, las condiciones higiénicas y ambientales, infraestructura, y su ubicación en la zona de riesgo.

Para incorporar las características de la población, se obtendrá información del INEGI que pone a disposición la descarga de las bases de datos que necesitamos.

Se realizarán mapas de vulnerabilidad a partir de indicadores donde las estimaciones para cada uno de estos se calcularán mediante la superposición de la zona inundada con la superficie de exposición (zonas habitadas).

Como resultado se obtendrán mapas de inundación e índices de vulnerabilidad para la zona costera, estimando así los impactos de manera cualitativa.

Cuadro 7. Estructura de los Índices de Vulnerabilidad Climática y variables que los componen.

Vulnerabilidad Climática	**Vulnerabilidad Social**	
Climatológico	**Social**	**Infraestructural**
• Cambio y volatilidad de temperatura • Cambio y volatilidad de precipitación • Cambio y volatilidad de viento	• Índice de marginación • Tasa de dependencia económica • Limitación motriz • Limitación mental • Niños • Adultos mayores • Mujeres • Usuarios de internet • Televisión	• Índice de calidad de reglamentos y códigos de construcción • Desarrollo urbano, integral y sustentable • Índice de planeación y ordenamiento territorial • Política de prevención de riesgos y peligros • Potencial de conectividad y movilidad • Rutas terrestres y/o marítimas • Red carretera avanzada • Vías pavimentadas • Unidades médicas • Personal médico • Densidad de población • Tasa de reforestación anual • Áreas verdes

6 Literatura citada

Australian Government (2009). Climate change risks to Australia's coast—A first pass national assessment: Australian Government, Department of Climate Change.

Baker, J. D., Littnan, C. L., & Johnston, D. W. (2007). Potential effects of sea level rise on the terrestrial habitats of endangered and endemic megafauna in the Northwestern Hawaiian Islands. EndangeredSpeciesResearch, 3(3), 21-30.

Bellard, C., C. Leclerc, & F. Courchamp. (2014). Impact of sea level rise on the 10 insular biodiversity hotspots. Global Ecology and Biogeography, 23(2), 203-212. doi: 10.1111/geb.12093

Binder, C., Boumans, R.M. & Costanza, R. (2003). Applying the Patuxent Landscape Unit Model to human dominated ecosystems—The case of agriculture: Ecological Modelling, v. 159, no. 2–3, p. 161–177.

Botello, D. A. V. (2008). Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos. 2008. Instituto Nacional de Ecología. Informe Final.

Change, I. P. O. C. (1990). Strategies for adaption to sea level rise. Report of the Coastal Zone Management Subgroup Report. IPCC Working Group III, Rijkswaterstaat, The Netherlands, 122p.

Clough, J.S., Park, R.A., and Fuller, Roger, 2010, SLAMM 6 beta technical documentation: Warren, Vt., Warren Pinnacle Consulting Inc.

Costanza, Robert, Sklar, F.H., and White, M.L. (1990), Modeling coastal landscape dynamics: BioScience, v. 40, no. 2, p. 91–107, doi:10.2307/1311342.

Courchamp, F., B. D. Hoffmann, J. C. Russell, C. Leclerc, & C. Bellard. (2014). Climate change, sea-level rise, and conservation: keeping island biodiversity afloat. Trends in Ecology & Evolution, 29(3), 127-130. doi: 10.1016/j.tree.2014.01.001

Craft, Christopher, Clough, Jonathan, Ehman, Jeff, Jove, Samantha, Park, Richard, Pennings, Steven, Guo, Hongyu, and Machmuller, Megan (2009). Forecasting the effects of accelerated sea-level rise on tidal marsh ecosystem services: Frontiers in Ecology and the Environment, v. 7, p. 73–78.

Dasgupta, S., Laplante, B., Meisner, C. M., Wheeler, D., & Jianping Yan, D. (2007). The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. World Bank policy research working paper, (4136).

Doyle, T.W., Krauss, K.W., Conner, W.H., and From, A.S. (2010). Predicting the retreat and migration of tidal forests along the northern Gulf of Mexico under sea-level rise: Forest Ecology and Management, v. 259, no. 4, p. 770–777.

Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. Science, 289(5487), 2068-2074.

Galbraith, Hector, Jones, Richard, Park, R.A., Clough, J.S., Herrod-Julius, Susan, Harrington, Brian, and Page, Gary (2002). Global climate change and sea level rise—Potential losses of intertidal habitat for shorebirds: Waterbirds, v. 25, no. 2, p. 173–183.

Galbraith, Hector, Jones, Richard, Park, R.A., Clough, J.S., Herrod-Julius, Susan, Harrington, Brian, and Page, Gary (2003). Global climate change and sea level rise—Potential losses of intertidal habitat for shorebirds, in Valette-Silver, N.J., Scavia, D., eds., Ecological forecasting—New tools for coastal and marine ecosystem management: Silver Spring, Md., National Oceanic and Atmospheric Administration, p. 19–22.

Geselbracht, Laura, Freeman, Kathleen, Kelly, Eugene, Gordon, D.R., and Putz, F.E. (2011). Retrospective and prospective model simulations of sea level rise impacts on Gulf of Mexico coastal marshes and forests in Waccasassa Bay, Florida: Climatic Change, v. 107, p. 35–57.

Harter, D. E. V., D. H. I. Severin, B. Seo, M. J. Steinbauer, R. Gillespie, K. A. Triantis, J.-M. Fernández-Palacios, & C. Beierkuhnlein. (2015). Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands – Projections, implications and current knowledge. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 17(2), 160-183. doi: 10.1016/j.ppees.2015.01.003

Instituto Mexicano para la Competitividad. (2016). Índices de Vulnerabilidad Climática. Enero 4, 2016, de Instituto Mexicano para la competitividad A.C. Sitio web: http://vulnerabilidadclimatica.org.mx/

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC. (2014a). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC. (2014b). Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaption, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada,

R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)].Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 32 pp.

Kirwan, M. L., &Megonigal, J. P. (2013). Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. Nature, 504 (7478), 53-60.

Latofski-Robles, M., A. Aguirre-Muñoz, F. Méndez-Sánchez, H. Reyes-Hernández, & S. Schlüter. (2014). Prioritazing restorarion actions for the islands of México. Monographs of the Western North American Naturalist, 7, 435-441.

Martin, J.F.; White, M.L.; Reyes, Enrique; Kemp, G.P.; Mashriqui, Hassan; and Day, J.W., Jr., 2000, Profile— Evaluation of coastal management plans with a spatial model—Mississippi Delta, Louisiana, USA: Environmental Management, v. 26, no. 2, p. 117–129.

McCarty, J. P. (2001). Ecological consequences of recent climate change. Conservation biology, 15(2), 320-331.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOS). (2010). Technical considerations for use of geospatial data in sea level change mapping and assessment: Silver Spring, Md., NOAA NOS. Technical Report. Rahmstorf, Stefan, 2007, A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise: Science, v. 315, no. 5810, p. 368–370.

National Wildlife Federation (NWF). (2006). An unfavorable tide—Global warming, coastal habitats and sportfishing in Florida: Florida Wildlife Federation, National Wildlife Federation.

Nicholls, R. J., & A. Cazenave. (2010). Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. Science, 328, 1517-1520.

Nicholls, R.J., P.P. Wong, V.R. Burkett, J.O. Codignotto, J.E. Hay, R.F. McLean, S. Ragoonaden& C.D. Woodroffe (2007). Coastal systems and low-lying areas. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change , M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 315-356.

Overpeck, J.T., and Weiss, J.L. (2009). Projections of future sea level becoming more dire: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 106, p. 21461–21462.

Park, R.A., Treehan, M.S., Mausel, P.W., and Howe, R.C. (1989). The effects of sea level rise on U.S. coastal wetlands, in Smith, J.B., Tirpak, D.A., eds., The potential effects of global climate change on the United States: Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, p. 1–55.

Precht, W. F., & Aronson, R. B. (2004). Climate flickers and range shifts of reef corals. Frontiers in Ecology and the Environment, 2(6), 307-314.

Ramasamy, R. S., N. S. (2011). Possible impact of rising sea levels on vector-borne infectious diseases. BCM Infectious Diseases.

Reyes, Enrique, White, M.L., Martin, J.F., Kemp, G.P., Day, J.W., and Aravamuthan, Vibhas (2000). Landscape modeling of coastal habitat change in the Mississippi Delta: Ecology, v. 81, no. 8, p. 2331–2349.

Scott, D., Simpson, M. C., & Sim, R. (2012). The vulnerability of Caribbean coastal tourism to scenarios of climate change related sea level rise. Journal of SustainableTourism, 20(6), 883-898.

Sklar, F.H., White, M.L., and Costanza, Robert (1991). The coastal ecological landscape spatial simulation (CELSS) model—Users' guide and results for the Atchafalaya- Terrebonne study area: U.S. Fish and Wildlife Service, National Wetlands Research Center.

Strauss, B.H., Ziemlinski, Remik, Weiss, J.L., and Overpeck, J.T. (2012). Tidally adjusted estimates of topographic vulnerability to sea level rise and flooding for the contiguous United States: Environmental Research Letters, v. 7, no. 1.

Tebaldi, Claudia, Strauss, B.H., and Zervas, C.E. (2012). Modelling sea level rise impacts on storm surges along U.S. coasts: Environmental Research Letters, v. 7, no. 1.

Usery, E.L., Choi, Jinmu, and Finn, M.P. (2010). Modeling sea-level rise and surge in low-lying urban areas using spatial data, geographic information systems, and animation methods, in Showalter, P.S., and Lu, Y., eds., Geospatial techniques in urban hazard and disaster analysis: Netherlands, Springer, Geotechnologies and the Environment, p. 11–30.

Voinov, Alexey; Costanza, Robert; Maxwell, Thomas; and Vladich, Helena (2007). Patuxent Landscape Model—4. Model application: Water Resources, v. 34, no. 5, p. 501–510.

Voinov, Alexey; Costanza, Robert; Wainger, Lisa; Boumans, Roelof; Villa, Ferdinando; Maxwell, Thomas; and Voinov, Helena (1999). Patuxent Landscape Model— Integrated ecological economic modeling of a watershed: Environmental Modelling & Software, v. 14, no. 5, p. 473–491.

Vázquez Jiménez, R., Manrique González, I., & Ramos Bernal, R. N. (2014). SIG aplicado a la evaluación de vulnerabilidad por inundación en la ciudad de Tixtla, Guerrero. México.

Walther, G. R. P., E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T.J.C.; Fromentin, J.M.; Hoegh-Guldberg, O.; Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. Nature, 416, 389-395.

Warrick, R.A. (2006). Climate change impacts and adaptation in the Pacific—Recent breakthroughs in concept and practice, in Chapman, R., Boston, J., and Schwass, M., eds., Confronting climate change—Critical issues for New Zealand: Wellington, New Zealand, Victoria University Press.

Warrick, R.A., and Cox, G. (2007). New developments of SimCLIM software tools for risk-based assessments of climate change impacts and adaptation in the water resource sector, in Heinonen, M., ed., Proceedings of the Third International Conference on Climate and Water: Helsinki, Finland, Finish Environmental Institute (SYKE), p. 518–524.

Weiss, J.L., Overpeck, J.T., and Strauss, B.H. (2011). Implications of recent sea level rise science for low elevation areas in coastal cities of the conterminous U.S.A.: Climatic Change, v. 105, no. 3–4, p. 635–645.

1 Introducción

México tiene 4,430 elementos insulares —islas, cayos, arrecifes e islotes— que representan una superficie de 813,299 ha. De éstas, 67 contribuyen con el 87% del total de la superficie insular nacional (Tabla 1; INEGI, En prensa). Tal es el caso de islas de gran tamaño como Tiburón (119,875 ha), Ángel de la Guarda (93,052 ha), Cozumel (46,973 ha), Cedros (34,688 ha) y Guadalupe (24,360 ha). Los arrecifes y los cayos —que en principio serán los más gravemente afectados por el aumento del nivel del mar— cubren el 4.5% y 1.3%, respectivamente (CONABIO, 2007).

Cuadro 8. Clasificación de las islas de México de acuerdo a la superficie de sus elementos insulares (elaborado a partir de INEGI, 2013).

Clasificación por superficie (ha)	Tipo de elemento insular	Número de elementos insulares (% del total)	Superficie total (ha)	Contribución a la superficie total (%)
< 1	Roca	1,385 (31.3)	586	0.1
1 a 9	Islote	1,783 (40.2)	6,777	0.8
10 a 99	Isla Chica	958 (21.6)	30,775	3.8
100 a 1,000	Isla Mediana	237 (5.3)	69,470	8.5
> 1,000	Isla Grande	67 (1.5)	705,691	86.8
	Total	**4,430 (100)**	**813,299**	**100**

En términos de biodiversidad, las islas albergan, por lo menos, al 8.3% de todas las plantas vasculares y vertebrados terrestres del país (CONABIO, 2007, Llorente-Bousquets and Ocegueda Cruz, 2008). De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2007), las islas con mayor riqueza de especies son: Clarión (646 marinas y 346 terrestres), Cozumel (487 y 437), Cayo Centro (574 y 174), Arrecife Alacranes (695 y 162) y Espíritu Santo (428 y 241). Asimismo, el valor de las islas en términos de biodiversidad está asociado al nivel de endemismos que éstas poseen. Por unidad de superficie, las islas de México concentran 14 veces más especies endémicas que la porción continental (Aguirre Muñoz et al., En prensa). Las islas con el mayor número de especies endémicas estrictas son (CONABIO, 2007): Guadalupe (36 especies), Tiburón (19), Espíritu Santo (14), Cerralvo (13) y Santa Catalina o Catalana (11). Así, las islas de México mantienen tanto ecosistemas únicos como especies endémicas, y son además hábitat clave para la alimentación, reproducción y refugio de muchas especies migratorias, particularmente aves marinas, tortugas marinas y pinnípedos (Aguirre Muñoz et al., En prensa, Aguirre-Muñoz et al., 2011).

En términos de población humana, 82 islas mexicanas son el hogar de 294,754 habitantes (INEGI, 2013, INEGI, 2016). Las islas Del Carmen (169,725 habitantes; Golfo de México, Campeche), así como Cozumel (79,522; Mar Caribe, Quintana Roo) y Mujeres (12,642; Mar Caribe, Quintana Roo), concentran al 89% de la población insular. Éstas tienen una densidad de población (hab/km^2) de 1,472, 162.9 y 2,366, respectivamente, siendo que a nivel nacional la densidad de población es de 61 hab/km^2 (INEGI, 2016). A éstas le siguen, con un orden de magnitud menor, las islas: Aguada (6,210 habitantes; Golfo de México, Campeche); Panales (3,929; Golfo de California, Nayarit); Del Cabo Rojo (3,858; Golfo de México, Veracruz); Las

Viejas (3,692; Golfo de California, Sonora); María Madre (2,764; Golfo de California, frente a Nayarit); Cedros (2,044; Océano Pacífico, frente a Baja California), Quintín Aráuz (2,037; Golfo de México, Tabasco); y Holbox (1,486; Golfo de México, frente a Quintana Roo) (INEGI, 2013, INEGI, 2016). Las tres islas más pobladas, Del Carmen (i.e., Ciudad del Carmen), Cozumel y Mujeres, concentran también la mayor parte de la infraestructura insular con 45,580, 21,537 y 4,520 viviendas habitadas, respectivamente(INEGI, 2016). Las islas Del Carmen y Cozumel son las únicas en el país que cuentan con aeropuertos internacionales y con puertos de altura y cabotaje. Otras pocas islas tienen también infraestructura portuaria importante, como Isla Cedros que alberga tanto un puerto de cabotaje (operado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes) como un puerto de altura y cabotaje, este último propiedad de la empresa paraestatal Exportadora de Sal, S.A. de C.V.

En el presente estudio (que consta de cuatro documentos), usando tres escenarios de aumento del nivel del mar (1 m, 3 m y 5 m), se evaluaron los impactos en 35 islas prioritarias y representativas de diferente tamaño, elevación, complejidad topográfica, origen geológico, distancia al continente y población, distribuidas en todos los mares de México (Figura 5; **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Este trabajo se planteó como objetivo responder a las siguientes tres preguntas: (1) ¿Cuál es la superficie insular que se perdería debido al aumento del nivel del mar (i.e., superficie insular sumergida y línea de costa perdida)?; (2) Dada la superficie insular sumergida, ¿qué tipo de ecosistemas se verían afectados y cuántas especies insulares se perderían?; y (3) ¿Cuánta población se vería afectada?

2 Materiales y métodos

2.1 Selección de las islas de estudio

La selección de las islas de estudio tomo como base la Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano (ENI; Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano, 2012) y una priorización de acciones de restauración en las islas de México (Latofski-Robles et al., 2014). En ambos documentos se identifican una serie de islas con un valor especial en cuanto a biodiversidad, soberanía y recursos naturales con base en varios criterios complementarios: riqueza de especies, presencia de endemismos, integridad ecológica terrestre y marina, hábitat crítico para especies residentes o migratorias, especies en riesgo, presencia de atributos históricos y culturales relevantes e importancia económica.

3 Resultados

3.1 Islas de estudio seleccionadas

Se seleccionó un conjunto de 35 islas pobladas y prioritarias que se localizan en todos los mares de México (Figura 5). En su conjunto, estas islas representan el 39% de la superficie insular y albergan al 92% de la población humana asentada en las islas, además de concentrar una gran proporción delas especies nativas y endémicas insulares de México. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un resumen de las principales características de estas islas en términos de superficie, biodiversidad y población.

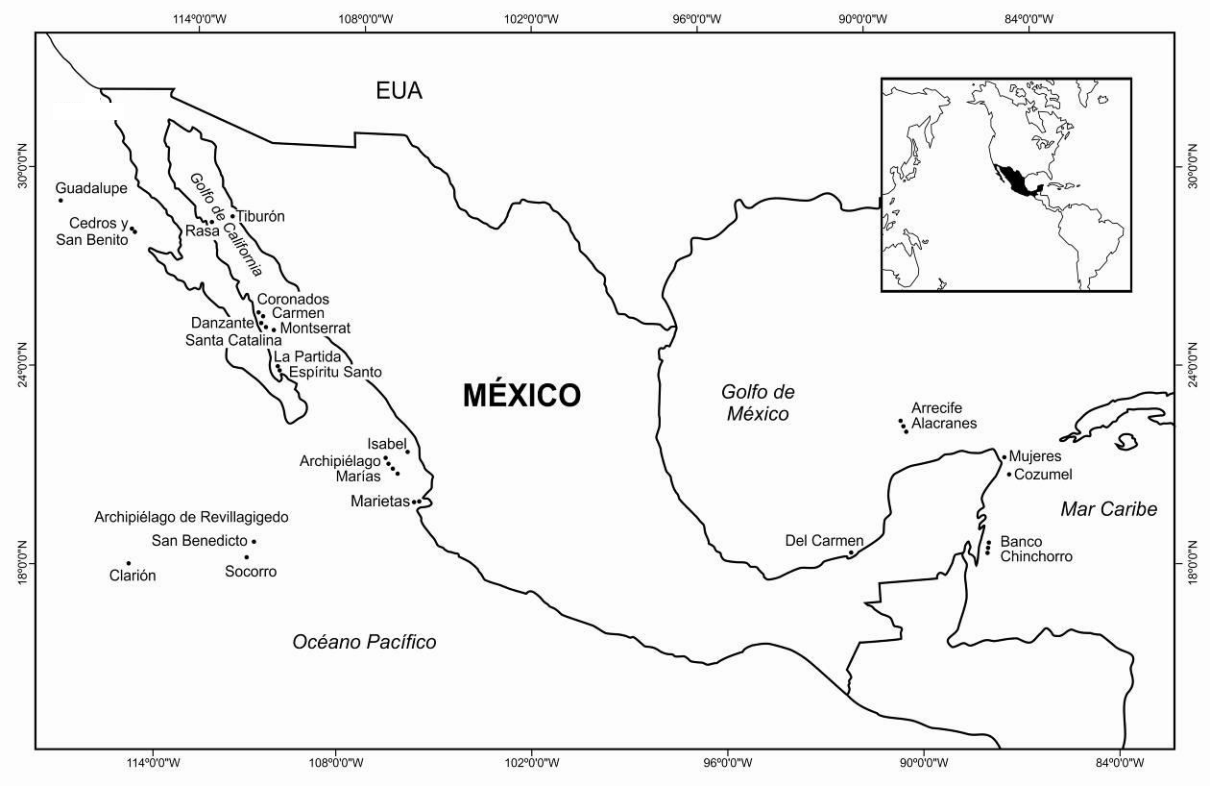


Figura 5. Localización de las 35 islas de México seleccionadas para evaluar el efecto del aumento del nivel del mar ante dos escenarios de 1 m y 5 m (elaboración propia).

Cuadro 9. Características de las 35 islas pobladas y prioritarias seleccionadas para evaluar el efecto del aumento del nivel del mar ante dos escenarios de 1 m y 5 m.

Isla o grupo de islas	Región	Área Natural Protegida	Superficie (ha)[1]	Población (hab)	Densidad Población (hab/km^2)	Especies nativas presentes	Tipo de vegetación
Arrecife Alacranes (4 islas)	Golfo de México	PN Arrecife Alacranes	109.66	15	13.68	823	De duna costera
Banco Chinchorro (4 islas)	Golfo de México	RB Banco Chinchorro	601.72	50	8.31	774	Vegetación de duna costera y manglar
Carmen	Golfo de California	PN Bahía de Loreto	12,235.59	4	0.03	21	Halófila, matorral sarcocaule con matorral subinerme y con cardonal
Cedros	Pacífico Norte	RB Islas del Pacífico de la Península de Baja California	35,908.88	2,044	5.69	154	Matorral rosetófilo costero y chaparral
Clarión	Pacífico Centro-Sur	RB Archipiélago de Revillagigedo	2,110	5	55.55	987	Matorral subtropical
Complejo Insular Espíritu Santo (incluye isla La Partida)	Golfo de California	PN Archipiélago de Espíritu Santo	10,549.91	0	0	847	Matorral rosetófilo costero, matorral sarcocaule con matorral subinerme, matorral sarcocaule con cardonal,

Isla o grupo de islas	Región	Área Natural Protegida	Superficie (ha)[1]	Población (hab)	Densidad Población (hab/km^2)	Especies nativas presentes	Tipo de vegetación
							vegetación halófila y vegetación de dunas costeras
Coronados	Golfo de California	PN Bahía de Loreto	774.51	0	0	71	Matorral xerófilo y vegetación halófila
Cozumel	Golfo de México	APFF Porción norte y franja costera oriental, terrestre y marina de Isla Cozumel	48,022.73	79,522	162.9	767	Manglar, selva mediana subperennifolia y vegetación de dunas costeras
Danzante	Golfo de California	PN Bahía de Loreto	404.54	0	0	213	Matorral xerófilo y vegetación halófila
Del Carmen	Golfo de México	APFF Laguna de Términos	14,907.04	169,725	1,472	4	Manglar
Guadalupe	Pacífico Norte	RB Isla Guadalupe	25,073.89	92	0.37	400	Matorral rosetófilo costero, matorral xerófilo, matorral costero suculento y palmar endémico
Isabel	Golfo de	PN Isla	105.43	360	341.45	9	Selva baja

Isla o grupo de islas	Región	Área Natural Protegida	Superficie (ha)[1]	Población (hab)	Densidad Población (hab/km^2)	Especies nativas presentes	Tipo de vegetación
	California	Isabel					caducifolia
Larga	Golfo de California	PN Islas Marietas	76.46	0	0	102	Pastos
María Cleofas	Golfo de California	RB Islas Marías	2,023.06	0	0	19	Selva mediana subperennifolia
María Madre	Golfo de California	RB Islas Marías	14,456.80	2,788	19.29	163	Selva mediana subperennifolia
María Magdalena	Golfo de California	RB Islas Marías	7,035.48	0	0	10	Selva mediana subperennifolia
Monserrat	Golfo de California	PN Bahía de Loreto	1,869.77	0	0	218	Matorral xerófilo y vegetación halófila
Mujeres	Mar Caribe	Parque Marino Nacional	534.37	12,642	2,365.78	15	Selva baja caducifolia
Rasa	Golfo de California	APFF Islas del Golfo de California	67.61	0	0	106	Matorral sarcocaule
Redonda	Golfo de California	PN Islas Marietas	36.03	0	0	102	Selva baja caducifolia
San Benedicto	Pacífico Centro-Sur	RB Archipiélago de Revillagigedo	667.61	0	0	35	Matorral subtropical
San Benito (3 islas)	Pacífico Norte	RB Islas del Pacífico de la Península de Baja	764.88	60	7.84	35	Matorral rosetófilo costero

Isla o grupo de islas	Región	Área Natural Protegida	Superficie (ha)[1]	Población (hab)	Densidad Población (hab/km^2)	Especies nativas presentes	Tipo de vegetación
		California					
San Juanico	Golfo de California	RB Islas Marías	935.32	0	0	3	Selva baja caducifolia, vegetación de dunas
Santa Catalina	Golfo de California	PN Bahía de Loreto	4,074.95	0	0	207	Matorral xerófilo/sar-cosaule
Socorro	Pacífico Centro-Sur	RB Archipiélago de Revillagigedo	13,705.68	40	0.29	92	Matorral subtropical
Tiburón	Golfo de California	APFF Islas del Golfo de California	120,773.66	25	0.03	597	Matorral sarcocaule, matorral desértico rosetofilo

[1] Información generada a partir de datos de elevación obtenidos en este estudio

3.2 Fichas técnicas de las islas de estudio seleccionadas

En esta sección se presentan las fichas técnicas para cada isla o grupos de islas seleccionadas en el presente estudio para evaluar el efecto del aumento del nivel del mar. Dichas fichas incluyen información referente a: situación legal; descripción de la biodiversidad (flora y fauna) presente; especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; población presente y principales actividades productivas; asimismo, las fichas incluyen información relevante sobre las especies exóticas invasoras (EEI) erradicadas y presentes y las potenciales vías de introducción de éstas.

ARRECIFE ALACRANES (AA)

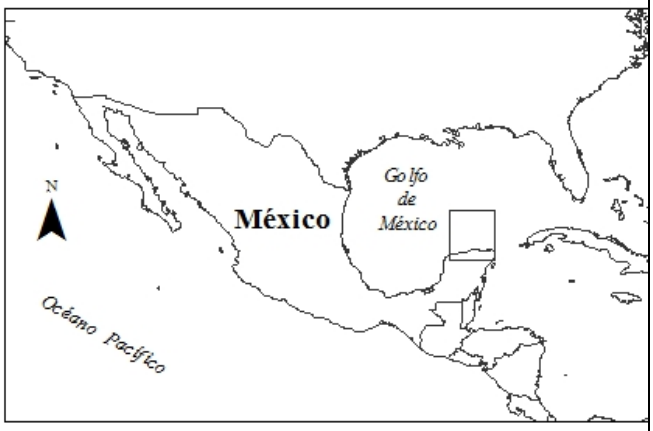
Isla o grupo de islas: integrado por 5 islas arenosas: Chica (1.3 ha), Pájaros (2.86 ha), Pérez (17. 63 ha), Muertos (14.46 ha) y Desterrada (29.16 ha).

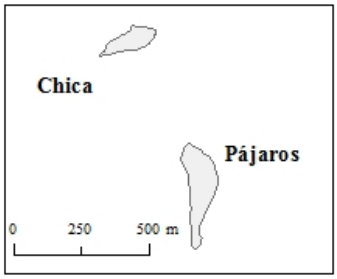
Situación legal: Territorio federal. Parque Nacional Arrecife Alacranes fue decretado en 1994 (DOF 06-06-1994). Desde 2006 es parte del programa del Hombre y la Biosfera, de la UNESCO, y en 2008 en la convención Ramsar. Además es considerada Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA, MX175).

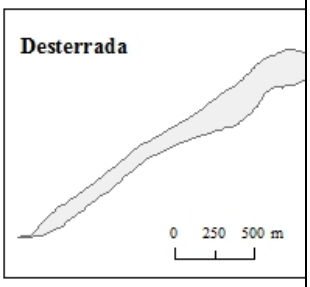
Relevancia biológica (flora): Alberga 29 especies de plantas, destacando las endémicas *Cakile edentulavar alacranensis* y *Cenchrus insularis*, además de 2 especies de mangle: rojo (*Rhizophora mangle*) y negro (*Avivennia germinans*).

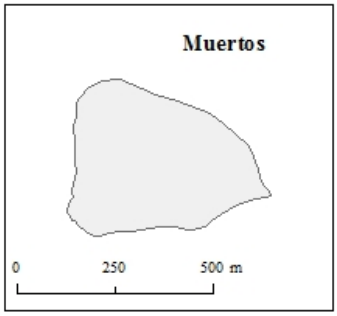
Relevancia biológica (fauna): La fauna terrestre está representada por 4 especies de cangrejos, 42 de insectos y 17 de arácnidos (1). Existen 5 especies de reptiles: 3 de tortugas marinas (*Chelonia mydas*, *Caretta caretta* y *Eretmochelys imbricata*) y dos de lagartijas (*Anolis* sp. y *Mabuya unimarginata*). La avifauna suma un total de 144 especies pertenecientes a 33 familias distintas. Las islas llegan a albergar hasta 300,000 aves marinas a lo largo del año, entre las que destacan el bobo café (*Sula leucogaster*), el bobo enmascarado (*S.dactylatra*) y el charrán sombrío (*Onychoprion fuscatus*) y el charrán bobo café (*Anous stolidous*).

Ubicación geográfica: En el Golfo de México, a 140 km al norte de Puerto Progreso, Yucatán.









Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Aves		
Ardea herodias	Garzón, garza morena	Pr	LC
Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr	LC
Anous stolidus	Charrán bobo café	A	LC
Charadrius melodus	Chorlito silbador	P	NT
Dendroica coronata	Chipe coronado	A	LC
Dendroica chrysoparia	Chipe mejilla dorada	P	EN
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Icterus spurius	Calandria castaña, calandria carmelita	Pr	LC
Nycticorax nycticorax	Garza nocturna, cupido	A	LC
Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero	A	LC
Regulus calendula	Reyezuelo rojo	P	LC
Sula sula	Bobo pata roja	A	LC
Vireo griseus	Vireo ojo blanco	A	LC
Zenaida aurita	Paloma aurita	Pr	LC
	Reptiles		
Anolis sp.	anolis	Pr	-
Dermochelys coriacea	Tortuga marina laúd	P	VU
Caretta caretta	Tortuga caguama	P	EN
Eretmochelys imbricata	Tortuga carey	P	CR
Chelonia mydas	Tortuga prieta	P	EN

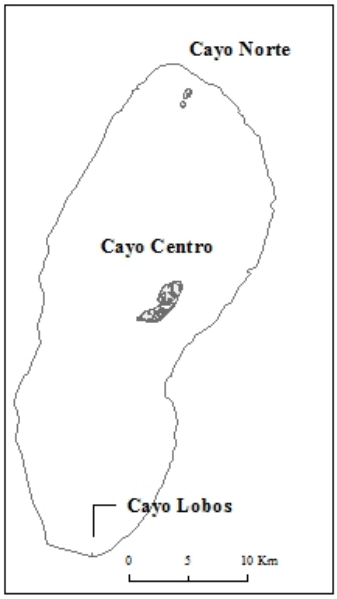
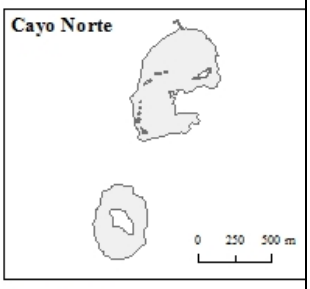
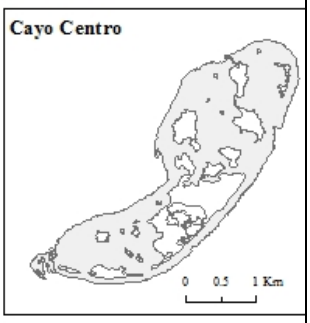
*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Se tiene un registro de 7 especies de plantas exóticas en el AA, entre las que destacan la casuarina (*Casuarina equisetifolia*), el nopal (*Opuntia dilleni*) y el zacate cadillo (*Cenchrus echinatus*). Además se encuentra 1 ave exótica, la garza ganadera (*Bubulcus ibis*). En 2011 se erradicaron los roedores introducidos en este grupo de islas: rata negra en isla Pérez y ratón común en islas Muertos y Pájaros. También, en ese mismo año se realizó el control

del zacate cadillo.	
Población e infraestructura: Destacamento permanente de la SEMAR, fareros de las SCT y estación de la CONANP, alrededor de 15 personas habitan permanentemente la isla. En eventos especiales, como torneos de pesca, llegan a ser hasta 40 personas.	**Actividades productivas:** Turismo marítimo (buceo, veleo, paseos en yate, pesca deportiva), pesca artesanal de escama y langosta.
Vías de introducción de EEI: La pesca deportiva representa el principal riesgo de introducción, ya que es común que desembarquen y realicen estancias breves sin ninguna regulación.	
Medidas de bioseguridad: No existen medidas de bioseguridad en marcha actualmente.	
Recomendaciones: Establecer un plan de bioseguridad insular y un comité que ayude a ejecutarlo para proteger las islas de una nueva invasión de ratas, ratones u otros mamíferos exóticos de mayor tamaño.	
Referencias: Gómez-Pompa, A., R. Dirzo, B.H. Fernández y E.G. Becerra. 1995. *Las Reservas de la Biosfera y otras Áreas Naturales Protegidas de México*. SEMARNAP. INE. CONABIO. 160 pp. CONANP. 2006. *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes*, México D.F.	

BANCO CHINCHORRO (BCH)	
Isla o grupo de islas: Banco Chinchorro comprende un área total de 80,000 ha, presentando una forma elíptica de atolón que incluye 4 islas: Cayo Centro (560 ha), Cayo Norte Mayor (39 ha), Cayo Norte Menor (14 ha) y Cayo Lobos (20 ha).	**Ubicación geográfica:** En el Caribe mexicano, 30 km al este de la costa de Quintana Roo.
Situación legal: Territorio federal. Decretado Reserva de la Biosfera en 1996, en 2003 fue añadida a la red mundial de reservas del programa Hombre y la Biosfera de la UNESCO. Después fue designado sitio RAMSAR.	
Relevancia biológica (flora): Vegetación terrestre conformada por arbustos, hierbas y plantas rastreras. También se cuenta con la presencia de 4 especies de manglar.	 
Relevancia biológica (fauna): Hábitat fundamental para más de 150 especies de aves, 65% de las cuales son migratorias. Además 3 especies de tortugas anidan en las islas.	

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Aves		
Aramus guarauna	Carao	A	LC
Columba leucocephala	Paloma corona blanca	A	NE
Egretta rufescens	Garceta rojiza	Pr	NT
Elanoides forficatus	Milano tijereta	Pr	LC
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Grus canadensis	Grulla gris	Pr	LC
Ixobrychus exilis	Avetoro mínimo	Pr	LC
Limnothlypis swainsonii	Chipe corona café	Pr	LC
Melanoptila glabrirostris	Maullador negro	Pr	NT
Mycteria americana	Cigüeña americana	Pr	LC
Passerina ciris	Gorrión mariposa	Pr	NT
Patagioenas leucocephala	Paloma corona-blanca	A	NT
Pelecanus occidentalis	Pelicano pardo	A	LC
Rallus limicola	Rascón limícola	Pr	LC
Rallus longirostris	Rascón picudo	Pr	LC
Sula sula	Bobo pata roja	A	LC
Zenaida aurita	Paloma aurita	Pr	LC
	Reptiles		
Crocodylus acutus	Cocodrilo americano	Pr	VU
Caretta caretta	Tortuga caguama	P	EN
Eretmochelys imbricata	Tortuga carey	P	CR
Chelonia mydas	Tortuga prieta	P	EN
Aristelliger georgeensis	Gecko pestañudo	Pr	ND
Ctenosaura similis	Iguana-espinosa rayada	A	ND

*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente

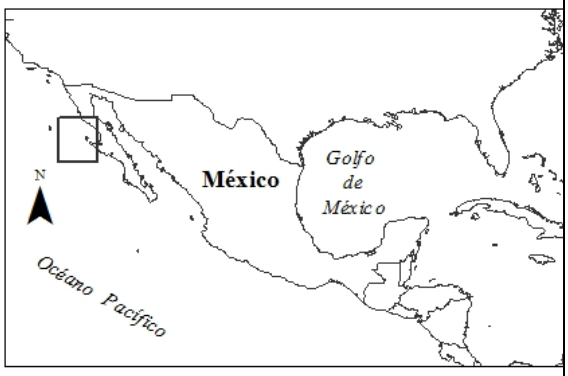
extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada. † UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.	
Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Un total de 11 EEI están presentes en Banco Chinchorro: 6 plantas vasculares, 1 reptil, 2 aves y 2 mamíferos. GECI está actualmente trabajando en la próxima erradicación de rata negra y gato feral de Cayo Centro. En los Cayos Norte Mayor y Menor ya fue erradicada la rata negra en la primavera de 2012.	
Población e infraestructura: El Apostadero Banco Chinchorro de la SEMAR, se ubica en Cayo Norte Mayor y consta de 12 elementos. En Cayo Centro existen dos asentamientos, la estación biológica de la CONANP y el campamento de pescadores (aprox. 100 personas).	**Actividades productivas:** Pesca artesanal de langosta y escama, buceo y pesca deportiva.
Vías de introducción de EEI: el principal sitio de embarque a la reserva es la localidad costera de Mahahual, Quintana Roo y el transporte de bienes y personas la principal actividad de riesgo.	
Medidas de bioseguridad: No existen medidas de bioseguridad en marcha actualmente.	
Recomendaciones: debido a que no se implementan medudas de bioseguridad lo más recomendado seria diseñar un plan de bioseguridad insular específico para las características ecológicas y de uso de las islas de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, que deberá ser socializado con la comunidad local y los visitantes, implementado y evaluado por las autoridades locales.	

ISLA CEDROS (CED)

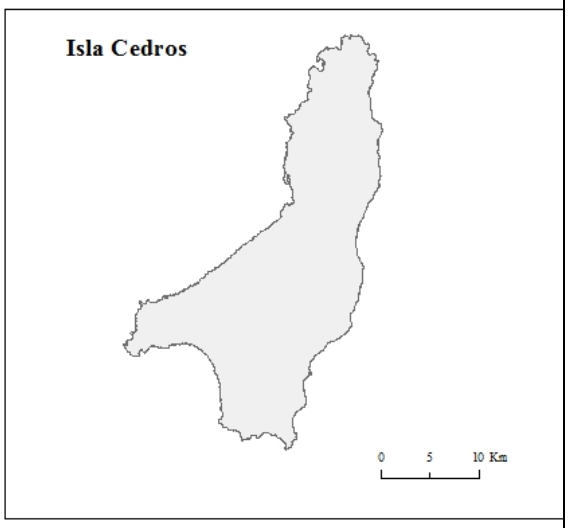
Isla o grupo de islas: isla Cedros es la más grande y de mayor complejidad topográfica del Pacífico Mexicano (35,000 ha).

Ubicación geográfica: En el Pacífico mexicano a 25 km de Punta Eugenia, Baja California Sur.

Situación legal: Territorio federal. Actualmente en proceso de ser decretada como parte de la Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico. Además es reconocida Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA, MX99).



Relevancia biológica (flora): Alberga un total de 224 especies de plantas nativas, de las cuales 19 son endémicas; como el pino *Pinus radiata* var. *cedrosensis* y la *Dudleya cedrosensis*. Los tipos de vegetación son chaparral, matorral costero, bosque de pinos y juníperos y matorral de dunas.



Relevancia biológica (fauna):

Existen 14 especies de reptiles, de las cuales 3 son endémicas, 5 especies de mamíferos, con 3 subespecies endémicas, incluyendo el conejo matorralero y el venado bura. Alrededor de 191 especies de aves utilizan la isla como descanso, sitios de anidación y hábitat.

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Aves		
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Haematopus bachmani	Ostrero negro	A	LC
*Haemorhous mexicanus frontalis**	Pinzón mexicano	P	LC
Passerculus sandwichensis sanctorum	Gorrión sabanero de San Benito	A	LC
Pelecanus occidentalis	Pelícano pardo	A	LC
Ptychoramphus aleuticus	Alcuela oscura	Pr	LC

Puffinus opisthomelas	Pardela mexicana	P	NT
Oceanodroma melania	Petrel negro	A	LC
Oceanodroma microsoma	Petrel mínimo	A	LC
	Mamíferos terrestres		
*Odocoileus hemionus cerrosensis**	Venado bura de isla Cedros	P	LC
*Chaetodipus fallax anthonyi**	Ratón de abazones	A	LC
*Neotoma bryanti**	Rata de campo de Cedros	A	EN
*Peromyscus eremicus cedrosensis**	Ratón de cactus de isla Cedros	A	LC
*Sylvilagus bachmani cerrosensis**	Conejo matorralero de isla Cedros	P	LC
	Mamíferos marinos		
Zalophus californianus	Lobo marino de California	Pr	LC
Mirounga angustirostris	Elefante marino norteño	A	LC
Phoca vitulina	Foca común	Pr	LC
	Reptiles		
*Phrynosoma cerroense**	Camaleón de la isla de Cedros	A	
Sceloporus zosteromus	Lagartija espinosa peninsular	Pr	LC
Uta stansburiana	Lagartija de costados manchados	A	LC
Coleonyx variegatus	Gecko de bandas del noroeste	Pr	LC
*Elgaria paucicarinata cedrosensis**	Lagartija lagarto	Pr	LC
Lichanura trivirgata	Boa rosada del noroeste	A	LC
Chilomeniscus stramineus	Culebra arenera manchada del noroeste	Pr	LC
*Hypsiglena torquata beueri**	Culebra de la noche	Pr	LC
*Crotalus ruber exsul**	Víbora de cascabel de diamantes rojos de isla Cedros	Pr	LC

*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2015. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 03 de marzo de 2016. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado

Silvestre.	
Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Se han registrado un total de 6 especies de mamíferos exóticos invasores: perro feral, cabra, gato, ratón doméstico, rata negra y burros.	
Población e infraestructura: Esta isla cuenta con dos puertos: el Puerto Pesquero y Cabotaje de Isla de Cedros, el cual pertenece a la SCT y el Puerto de Altura y Cabotaje de Morro Redondo, este segundo pertenece a la Compañía Exportadora y Transportadora de Sal, S.A. de C.V., la sal obtenida de las salinas de Guerrero Negro constituye la principal carga de este puerto. Alrededor de 3,000 personas habitan la isla. Los dos poblados (Isla de Cedros y Punta Morro) se conforman por usuarios de la Exportadora de Sal, la Cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón (PNA), la SEMAR, y la SCT. Además, 4 campos pesqueros (San Agustín, El Wayle, La Colorada y Punta Norte) en distintos sitios de la isla que son habitados temporalmente, hay un total de 5 balizas y una pista de aterrizaje de aviones comerciales.	**Actividades productivas:** La S.C.P.P. Pescadores Nacionales de Abulón se dedica a la pesca artesanal de langosta y abulón, así como jurel, ya que tienen una planta empacadora. Isla Cedros aporta cerca de la mitad de la captura nacional total de abulón azul (*Haliotis fulgens*) y amarillo (*H. corrugata*)- por el colapso por sobrepesca y deterioro ambiental ante el desarrollo humano. También realizan pesca deportiva en menor grado. El turismo que se llevan a cabo en la isla ha ido cobrando fuerza aunque la pesca sigue siendo la actividad principal. Por otro lado, el aprovechamiento de zargazo se da por parte de la empresa AGARMEX S.A. de C.V.
Vías de introducción de EEI: Existen varios puntos de desembarque en la isla además de los muelles del pueblo de Isla de Cedros y Punta Morro, así como una pista de aterrizaje de aviones procedentes de Ensenada y Guerrero Negro.	
Medidas de bioseguridad: No existen medidas de bioseguridad en marcha actualmente. Es necesario desarrollar un Plan de bioseguridad Insular e implementarlo en la isla.	
Recomendaciones: es necesario implementar medidas de control de las especies exóticas invasoras que han sido introducidas a la isla, principalmente los perros ferales.	
Referencias:	

CONANP. 2005. *Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera "Islas del Pacífico de Baja California"*. México, D.F.: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C.

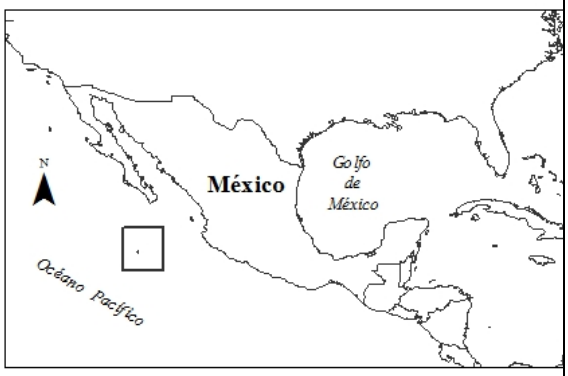
Samaniego Herrera, A., A. Peralta García, y A. Aguirre Muñoz (Eds.). 2007. *Vertebrados de las islas del Pacífico de Baja California: Guía de Campo*. México, D.F.: Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C.

http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioIslacedros.pdf

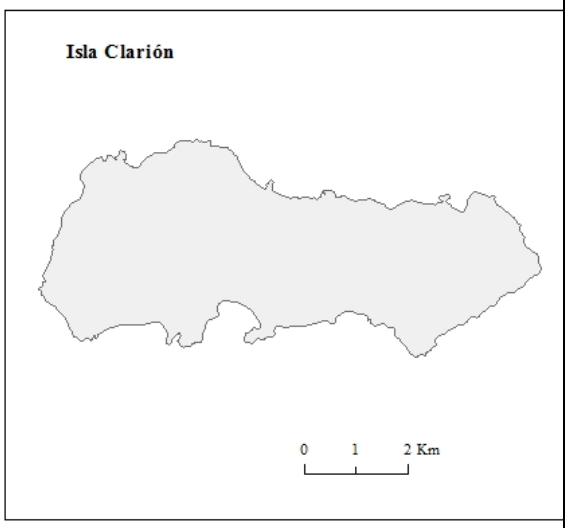
ISLA CLARIÓN (ICLR)

Isla o grupo de islas: Forma parte del Archipiélago Revillagigedo, conformado por 4 islas: Socorro (13,206 ha), Clarión (1,980 ha), San Benedicto (594 ha) y Roca Partida (1 ha).

Ubicación geográfica: En el Océano Pacífico a 690 km de la costa de Colima.



Situación legal: Territorio federal. El archipiélago forma parte de la Reserva de la Biósfera Archipiélago Revillagigedo (DOF 06-06-1994). Ha sido designada Área de Importancia para las Aves (AICA No-36).



Relevancia biológica (flora): Aproximadamente 165 especies de plantas se encuentran en la isla. La mancha vegetal compuesta por arbustos, pastos y especies arbóreas que allí crecen como arbustos. Las cactáceas son abundantes. Existen 20 especies endémicas y 1 protegida en las normas oficiales.

Relevancia biológica (fauna): Alberga 145 especies de vertebrados, de las cuales existen un alto número de endemismos como la lagartija verde de clarión (Urosaurus clarionensis) y la culebra chirriadora de la Isla Clarion (Masticophis anthonyi), de aves el tecolote cavador de Clarión (Athene cunicularia rostrata), el cuervo de Clarión (Corvux corax clarionensis) y la paloma huilota de Clarión (Zenaida macroura clarionensis) son subespecies endémicas. Además se encuentra la garza nocturna (Nyctanassa violácea gravirostris) única ave pelágica endémica del archipiélago. De interés es además la pardela de Revillagigedo (Puffinus auricularis auricularis) en peligro de extinción. No existen mamíferos nativos en la isla.

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
*Masticophis anthonyi**	Culebra de Clarión	A	CR
*Athene cunicularia rostrata**	Tecolote llanero de Clarión	P	LC
Nyctanassa violácea gravirostris	Garza nocturna	A	LC
*Puffinus auricularis auricularis**	Pardela de Revillagigedo	P	CR
*Troglodytes tanneri**	Matraquita de isla Clarión	P	VU

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada; *=Endémica.
† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: En el pasado se introdujeron cerdos (*Sus scofra*), borregos (*Ovis aries*) y conejos (*Oryctolagus cuniculus*) con el fin de reproducirlos en la isla. Para 2002 el Grupo de Ecología y Conservación de Islas había logrado erradicar los borregos y cerdos. Sin embargo a pesar de haber realizado arduas labores de control de la población de conejos éstos todavía son abundantes en la isla. Además se menciona la presencia de una iguana introducida.

Población e infraestructura: Existen instalaciones para albergar a medio centenar de elementos de la SEMAR y un pequeño fondeadero. Existe un pozo para abastecer de agua dulce, una helipista y los caminos y senderos que unen a éstos y los que sirven para circular en el área.

Actividades productivas: La pesca deportiva es la actividad económica con mayor peso, y se realiza de forma conjunta con actividades de cruceros turísticos y buceo deportivo. La mayor parte de los actores son compañías de California, E.U.A. y Los Cabos y La Paz, B.C.S.

Vías de introducción de EEI: Las embarcaciones de la SEMAR parten de Colima y son las únicas que desembarcan en la isla. Existe algo de turismo sin embargo éstas rara vez desembarcan.

Medidas de bioseguridad: No existe ninguna medida de prevención para evitar la introducción de EEI, por lo que resulta indispensable desarrollar e implementar un Plan de Bioseguridad Insular.

Recomendaciones: El conejo es una especie dañina, que además se reproduce muy

rápidamente. Es necesario recabar información de línea base sobre la población y sus efectos sobre flora y fauna nativas para posteriormente elaborar un plan de erradicación.
Referencias: CONANP. 2004. Plan de Conservación y Manejo Archipiélago Revillagigedo. 222 pp.

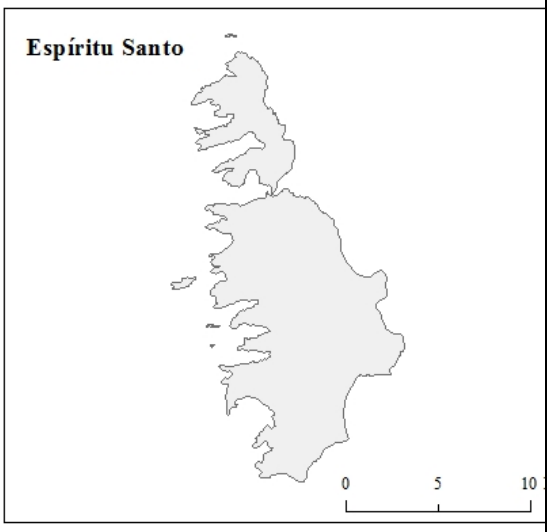
ISLA ESPÍRITU SANTO (ES)

Isla o grupo de islas: Espíritu Santo (8,000 ha) forma parte del complejo insular junto con La Partida (1,900 ha).

Ubicación geográfica: En el golfo de California, 25 km frente a la ciudad de La Paz, Baja California Sur.

Situación legal: Territorio federal. Pertenece al Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California (DOF 07-06-2000). Es considerada Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO, así como parte del programa Hombre y la Biosfera. Así como Área de Importancia para las Aves (MX 108). Además, es un Área Prioritaria Marina para la Conservación por la Comisión de Cooperación Ambiental.

Relevancia biológica (flora): Alberga 233 especies de plantas vasculares, de las cuales 54 son endémicas, entre las que destaca *Opuntia brevispina*, estrictamente endémica a la isla.



Relevancia biológica (fauna):

El archipiélago alberga 125 vertebrados nativos: 6 especies de mamíferos (3 endémicos), 27 de reptiles (3 endémicos), 2 de anfibios y 90 de aves.

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Aves		
Aquila chrysaetos	Águila real	A	LC
Ardea herodias santilucae	Garza morena de Espíritu Santo	Pr	NE
Egretta rufescens	Garza roja	Pr	NT
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
Larus livens	Gaviota pata amarilla	Pr	LC
Oceanodroma melania	Petrel negro	A	LC
Oceanodroma microsoma	Petrel mínimo	A	LC
Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra	Pr	LC
Passerculus sandwichensis rostratus	Gorrión sabanero	Pr	NE
Pelecanus occidentalis californicus	Pelicano café	A	LC
Phaethon aethereus	Rabijunco pico rojo	A	LC
Polioptila californica	Perlita californiana	A	LC
Rallus longirostris	Rascón picudo	A	LC
Sterna elegans	Gallito marino	Pr	NT
Sula nebouxii	Bobo pata azul	Pr	LC
Synthliboramphus craveri	Mérgulo de Craveri	P	VU
	Reptiles		
Callisaurus draconoides	Lagartija cachora	A	LC
Caretta caretta	Tortuga caguama	P	EN
Chelonia mydas	Tortuga prieta	P	EN
*Chilomeniscus stramineus**	Culebra arenera punteada	Pr	LC
Cnemidophorus hyperythrus beldingi	Huico garganta anaranjada	A	NE
Cnemidophorus hyperythrus schmidti	Huico garganta anaranjada	A	LC
Cnemidophorus hyperythrus espiritiensis	Huico garganta anaranjada	A	LC
Cnemidophorus maximus	Huico del Cabo	Pr	LC
Coleonyx variegatus	Cuija occidental	Pr	LC
Crotalus enyo	Víbora de cascabel bajacaliforniana	A	LC

Crotalus mitchelli	Víbora de cascabel blanca	Pr	LC
Crotalus ruber	Víbora de cascabel colorada	Pr	LC
Ctenosaura hemilopha	Iguana espinosa de Sonora	Pr	NE
Dermochelys coriacea	Tortuga laúd	P	CR
Eretmochelys imbricata	Tortuga carey	CR	P
Lepidochelys olivacea	Tortuga golfina	P	VU
*Masticophis lateralis barbouri**	Culebra chirriadora rayada	A	NE
Masticophis flagellum	Culebra chirriadora común	A	LC
Petrosaurus thalassinus	Lagartija-de piedra bajacaliforniana	Pr	LC
Phyllodactylus unctus	Salamanquesa de San Lucas	Pr	NT
Phyllodactylus xanti	Salamanquesa del Cabo	Pr	LC
Sauromalus hispidus	Chuckwalla espinosa	A	NT
*Sauromalus ater**	Chuckwalla norteña	Pr	LC
Sceloporus hunsakeri	Lagartija escamosa de Hunsaker	Pr	LC
Sceloporus licki	Lagartija-escamosa del Cabo	Pr	LC
Sceloporus zosteromus	Lagartija escamosa de San Lucas	Pr	LC
Urosaurus nigricaudus	Lagartija-arbolera cola negra	A	LC
Uta stansburiana	Lagartija costado manchado común	A	LC
	Mamíferos marinos		
*Ammospermophilus insularis**	Ardilla antílope de Espíritu Santo o Juanito	A	LC
Arctocephalus townsendi	Lobo fino de Guadalupe	P	NT
*Bassariscus astutus saxiola**	Babisuri	A	LC
Chaetodipus spinatus lambi	Ratón de abazones de Baja California	A	NE
*Lepus insularis**	Liebre negra	Pr	NT
Mirounga angustirostris	Elefante marino norteño	A	LC
Myotis vivesi	Murciélago pescador	P	VU
Neotoma lepida vicina	Rata cambalachera desértica	A	NE
Peromyscus eremicus	Ratón de cactus	A	NE

insulicola			
Phoca vitulina	Foca común	Pr	LC
Zalophus californianus	Lobo marino de California	Pr	LC

*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Se tiene un registro de 7 EEI: 5 plantas vasculares y 2 mamíferos. Aún no se ha erradicado ningún mamíferos exótico, sin embargo, actualmente se trabaja en los planes para la erradicación de gatos y cabras ferales.

Población e infraestructura: No existe población permanente. Se han establecido campamentos pesqueros en la isla, donde aproximadamente 90 pescadores acampan por un periodo de 3 a 6 días por semana durante las diferentes temporadas de pesca.

Actividades productivas: Pesca artesanal y deportiva, y el turismo de naturaleza.

Vías de introducción de EEI: Existen 2 puntos de embarque a la isla, los muelles y embarcaderos de La Paz, y el puerto de Pichilingue. Además de los pescadores que visitan la isla, las actividades ecoturísticas como kayakismo, senderismo y campismo representan un vector de EEI.

Medidas de bioseguridad: Hasta el momento no existe un plan de bioseguridad, ni de detección temprana en marcha.

Recomendaciones: Diseñar un protocolo de bioseguridad insular específico para las características ecológicas y de uso de isla Espíritu Santo, que deberá ser socializado con la comunidad local y los visitantes, implementado y evaluado por las autoridades locales.

COZUMEL

Isla o grupo de islas: Isla Cozumel

Situación legal: La isla Cozumel contiene 2 áreas naturales protegidas: La primera, el Parque Nacional Arrecifes de Isla Cozumel, fue decretado en 1996. La parte terrestre, el Área de Protección de Flora y Fauna, fue decretada en 2012. Actualmente, ambas ANP son parte del Complejo de Áreas Naturales Protegidas de la Isla Cozumel.

Relevancia biológica (flora):

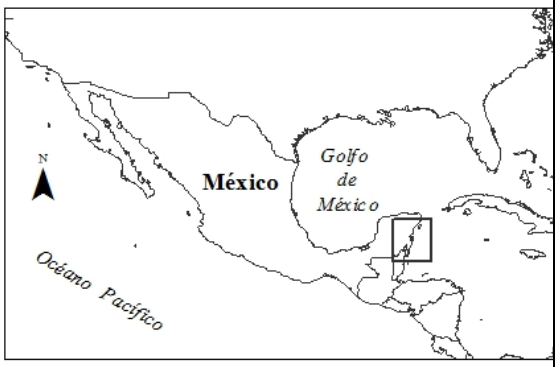
Esta isla contiene especies vegetales que se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana 059 de SEMARNAT (NOM-059-SEMARNAT-2010) y son importantes para la conservación. El mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y el mangle negro (*Avicennia germinans*) son algunas de estas especies.

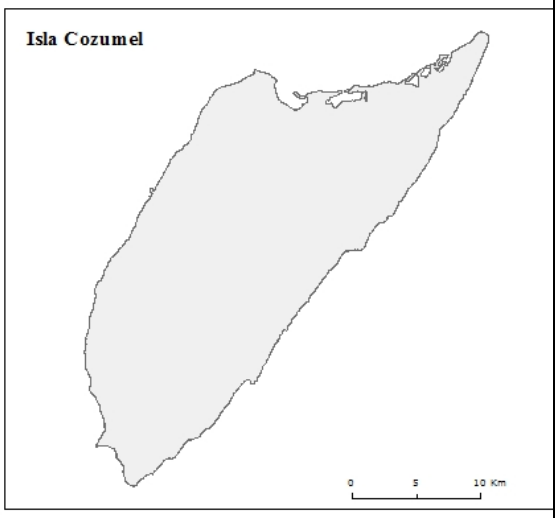
Relevancia biológica (fauna):

A pesar de la gran presencia humana en esta isla, gran parte de Cozumel aún no ha sido desarrollada, lo cual ha permitido que su biodiversidad se conserve. Sin embargo, hay algunas especies que son de gran importancia, ya que se encuentran en algún estado de riesgo. Algunas de estas especies son la tortuga de monte mojina (*Rhinoclemmys areolata*), el ratón de pata blanca de Cozumel (*Peromyscus leucopus cozumelae*), la rata arrocera de pantano (*Oryzomys couesi cozumelae*), el topote aleta grande (*Poecilia velifera*), la iguana espinosa rayada (*Ctenosaura similis*), la paloma corona blanca (*Patagioenas leucocephala*), el hocofaisán (*Crax rubra griscomi*), el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), la tortuga pecho quebrado escorpión (*Kinosternon scorpioides*), el maullador negro, el pájaro gato negro (*Melanoptila glabrirostris*), la atila de

Ubicación geográfica:

La isla Cozumel se encuentra en el Caribe mexicano. Es un municipio del estado de Quintana Roo y es una de las pocas islas en México que es considerada territorio estatal.





Cozumel (*Attila spadiceus cozumelae*), la ceja rufa de Cozumel (*Cyclarhis gujanensis insularis*), el chivirín saltapared de Cozumel (*Troglodytes aedon beani*), el abanico de mar (*Plexaura homomalla*), el coral cuerno de alce (*Acropora palmata*), el mapache de Cozumel (*Procyon pygmaeus*), el cuitlacoche de Cozumel (*Toxostoma guttatum*), la tortuga marina verde del Atlántico, la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y la tortuga marina caguama (*Caretta caretta*).	

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	**Nombre común**	**NOM-059‡**	**Lis Ro UI**
	Mamíferos		
Mapache de Cozumel*	*Procyon pygmaeus*	P	CR
Rata arrocera de pantano*	*Oryzomys couesi cozumelae*	A	
Tejón de Cozumel*	*Nasua narica nelsoni*	A	
Ratón de pata blanca de Cozumel*	*Peromyscus leucopus cozumelae*	A	
Ratón cosechero de Cozumel	*Reithrodontomys spectabilis*	A	CR
	Aves		
Atila de Cozumel	*Attila spadiceus cozumelae*	Pr	
Maullador negro, pájaro gato negro de Cozumel, dzibabán	*Melanoptila glabrirostris*	Pr	NT
Vireón ceja rufa de Cozumel*	*Cyclarhis gujanensis insularis*	Pr	
Chivirín saltapared de Cozumel, *matraquita de Cozumel*	*Troglodytes aedon beani*	Pr	
Cuitlacoche de Cozumel*	*Toxostoma guttatum*	P	
Hocofaisán*	*Crax rubra griscomi*	P	
Vireo de Cozumel*	*Vireo bairdi*	A	LC
	Reptiles		
Cocodrilo de río, cocodrilo americano	*Crocodylus acutus*	Pr	VU
Tortuga marina verde del Atlántico, tortuga blanca	*Chelonia mydas*	P	EN
Tortuga marina caguama	*Caretta caretta*	P	VU

Lagartija escamosa de Cozumel*	*Sceloporus cozumelae*	Pr	LC
Tortuga marina de Carey	*Eretmochelys imbricata*	P	CR

*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Pecarí y coatis de continente, cerdo vietnamita, martucha, perros y gatos, vaca feral, boa, pez león, venado, paloma turca y paloma común, rata, tigrillo y ocelote, vómito del diablo, pastos, casuarina.

Población e infraestructura: Una de las características más particulares sobre isla Cozumel es que a diferencia de otras islas habitadas o parcialmente ocupadas, ésta es un municipio permanentemente poblado. Cozumel cuenta con una población de 79,535 personas, de las cuales 49.25% son mujeres y el 50.75% son hombres. Cuenta con 1 aeropuerto internacional, 3 terminales de cruceros internacionales y más de 20 muelles privados.

Actividades productivas:

La principal actividad económica de Cozumel es el turismo, ya que principalmente recibe cruceros internacionales y visitantes de continente.

Vías de introducción de EEI: Ferri, aeropuerto, puertos privados y públicos.

Medidas de bioseguridad: CONANP realiza algunas campañas de concientización y toma medidas de control para el manejo de especies exóticas invasoras prioritarias como la casuarina y el pez león. Adicionalmente, se cuenta con casetas de inspección fitosanitaria en las terminales internacionales.

Recomendaciones: A pesar de que existen muchas especies exóticas invasoras en esta isla, se recomienda aplicar y promover las medidas de prevención para bioseguridad insular convencionales, con el fin de prevenir más incursiones.

Referencias:

ESRI. (2016). ArcMap 10.0. Estados Unidos.

Gobierno del Estado de Quintana Roo Administración 2011-2016. (2016). Cozumel. Recuperado el 2016, de Administración Portuaria Integral de Quintana Roo, S.A. de C.V.: http://www.apiqroo.com.mx/puertos/?m=1

Google. (2016). Google Earth. Estados Unidos .

INEGI. (2010). Cozumel, Quintana Roo. Recuperado el 2016, de México en cifras: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=23

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal . (2010). Datos generales de Cozumel, Quintana Roo. Recuperado el 2016, de Sistema Nacional de Información Municipal : http://www.snim.rami.gob.mx/

International Union for Conservation of Nature. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 2016, de The IUCN Red List of Threatened Species: http://www.iucnredlist.org/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (30 de Diciembre de 2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Recuperado el 18 de Marzo de 2016, de PROFEPA: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (29 de Octubre de 2015). DOF: Resúmen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Área de Protección de Flora y Fauna de la porción norte y la franja costera oriental, terrestre y marina de la Isla Cozumel . Recuperado el 18 de Marzo de 2016, de CONANP: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2015/ISLA_DE_COZUMEL.pdf

ESRI. (2016). ArcMap 10.0. Estados Unidos.

Gobierno del Estado de Quintana Roo Administración 2011-2016. (2016). Cozumel. Recuperado el 2016, de Administración Portuaria Integral de Quintana Roo, S.A. de C.V.: http://www.apiqroo.com.mx/puertos/?m=1

Google. (2016). Google Earth. Estados Unidos .

INEGI. (2010). Cozumel, Quintana Roo. Recuperado el 2016, de México en cifras: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=23

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal . (2010). Datos generales de Cozumel, Quintana Roo. Recuperado el 2016, de Sistema Nacional de Información Municipal : http://www.snim.rami.gob.mx/

International Union for Conservation of Nature. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 2016, de The IUCN Red List of Threatened Species: http://www.iucnredlist.org/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (30 de Diciembre de 2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Recuperado el 18 de Marzo de 2016, de PROFEPA: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (29 de Octubre de 2015). DOF: Resúmen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Área de Protección de Flora y Fauna de la porción norte y la franja costera oriental, terrestre y marina de la Isla Cozumel . Recuperado el 18 de Marzo de 2016, de CONANP: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2015/ISLA_DE

_COZUMEL.pdf

ESRI. 2016. ArcMap 10.0. Estados Unidos.

Gobierno del Estado de Quintana Roo Administración 2011-2016. (2016). Cozumel. Recuperado el 2016, de Administración Portuaria Integral de Quintana Roo, S.A. de C.V.: http://www.apiqroo.com.mx/puertos/?m=1

Google. 2016. Google Earth. Estados Unidos .

INEGI. 2010. Cozumel, Quintana Roo. Recuperado el 2016, de México en cifras: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=23

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal . 2010. Datos generales de Cozumel, Quintana Roo. Recuperado el 2016, de Sistema Nacional de Información Municipal : http://www.snim.rami.gob.mx/

International Union for Conservation of Nature. 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 2016, de The IUCN Red List of Threatened Species: http://www.iucnredlist.org/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Recuperado el 18 de Marzo de 2016, de PROFEPA: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. DOF: Resúmen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con carácter de Área de Protección de Flora y Fauna de la porción norte y la franja costera oriental, terrestre y marina de la Isla Cozumel . Recuperado el 18 de Marzo de 2016, de CONANP: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2015/ISLA_DE_COZUMEL.pdf

ISLA GUADALUPE (GUAD)

Isla o grupo de islas: Isla Guadalupe tiene una superficie de aproximadamente 24,000 ha. En sus inmediaciones hay tres islotes Toro (34 ha), Zapato (37 ha) y Morro Prieto (9 ha).

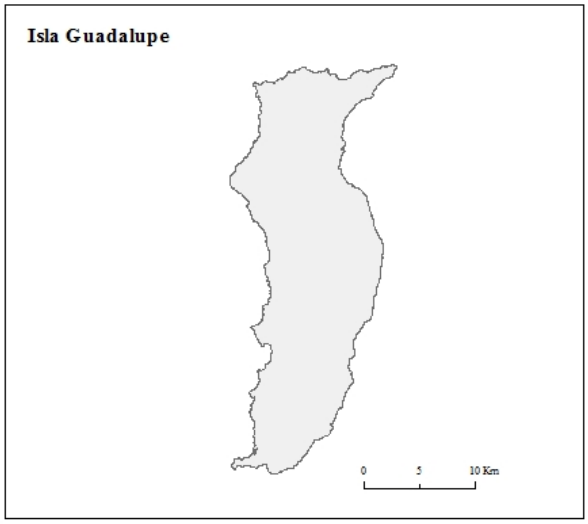
Situación legal: Territorio federal. La isla, sus islotes y aguas circundantes fueron declarados Reserva de la Biosfera (DOF-25-04-2005). Es un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA, MX141) y sitio de la Alianza para la Extinción Cero (AZE 2010). Además, esta categorizada como Área Prioritaria Marina para la Conservación por la Comisión de Cooperación Ambiental.

Relevancia biológica (flora): En isla Guadalupe se han registrado un total de 223 especies de plantas vasculares, de las cuales 39 son estrictamente endémicas y 16 son endémicas insulares. Destacan, por su relevancia ecológica para la isla y sus características únicas, el ciprés de Guadalupe (*Cupressuss guadalupensis guadalupensis*), el pino de Guadalupe (*Pinus radiata* var. *binata*) y la Palma de Guadalupe (*Brahea edulis*), todas ellas endémicas y amenazadas.

Relevancia biológica (fauna):

Se tienen registradas 136 especies de aves, 22 anidantes y 9 endémicas (6 extintas). No hay anfibios, reptiles o mamíferos terrestres nativos. Existen al menos 90 especies de insectos, 11 de arácnidos (3 endémicas) y 14 moluscos terrestres (11 endémicos). En sus playas existen importantes colonias de reproducción de 3 especies de mamíferos marinos: lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*), elefante marino norteño (*Mirounga*

Ubicación geográfica: En el Océano Pacífico, a 260 km al oeste de la península de Baja California.



angustirostris) y lobo marino de California (*Zalophus californianus*). La zona marina es hábitat para 328 especies de peces (8 endémicos), además de sitio importante para el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*).	

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Aves		
Athene cunicularia hypugaea	Tecolote llanero	Pr	LC
Branta bernicla	Ganso de collar	A	NE
Caracara lutosa *°	Caracara o quebranta huesos de Guadalupe	E	EX
Haemorhous mexicanus amplus **	Pinzón de Guadalupe	P	NE
Colaptes auratus rufipileus **°	Carpintero alirrojo	E	NE
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Junco insularis *	Junco de Guadalupe	P	NE
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
Myadestes townsendi	Clarín norteño	Pr	LC
Nucifraga colombiana	Cascanueces	P	NE
Oceanodroma leucorhoa socorroensis	Petrel de Leach de Socorro	P	NE
Oceanodroma macrodactyla *°	Petrel de Guadalupe	E	CR
Phoebastria immutabilis	Albatros de Laysan	A	NT
Phoebastria nigripes [p]	Albatros pata negro	A	NT
Pipilo maculatus consobrinus **°	Rascador pinto oscuro	E	NE
Ptychoramphus aleuticus [p]	Alcuela oscura	Pr	LC
Puffinus opisthomelas	Pardela mexicana	P	NT
Regulus calendula obscurus **°	Reyezuelo sencillo	P	NE
Salpinctes obsoletus guadalupensis **	Saltapared roquero de Guadalupe	P	NE
Sitta canadensis [p]	Sita canadiense	E	LC
Synthliboramphus	Mérgulo de Guadalupe	P	VU

hypoleucus			
Thryomanes bewickii brevicauda **°	Chivirín cola oscura de Guadalupe	E	NE
Mamíferos marinos			
Arctocephalus philippii townsendi **	Lobo fino de Guadalupe	P	NT
Mirounga angustirostris	Elefante marino norteño	A	LC
Zalophus californianus	Lobo marino de California	Pr	LC

*Especie endémica de isla Guadalupe. ° Especie considerada extinta. ᵖ Especie extirpada

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2015. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 02 de marzo de 2016. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Históricamente, en isla Guadalupe se han registrado 65 especies exóticas invasoras: 53 plantas vasculares, 5 aves y 7 mamíferos. De éstos, 6 plantas están extirpadas y 5 mamíferos (conejo, burro, caballo, cabra y perro) fueron erradicados durante el periodo de 2002 a 2007. Actualmente el total de EEI presentes es de 54.

Población e infraestructura: Existen 3 asentamientos humanos, con una población total estimada de 100 habitantes. En la porción más alta de la isla está la estación biológica de GECI conocida como “Campo Bosque”, los pescadores viven en el “Campo Oeste” y por último las instalaciones del Apostadero Naval isla Guadalupe, de la SEMAR es el “Campo Sur”. Además, cuenta con una pista de aterrizaje para vuelos que llegan de Ensenada.

Actividades productivas: Pesca artesanal – S.C.P.P.E. Abuloneros y Langosteros, S.C.L.-, pesca deportiva, y buceo (observación de tiburón blanco). Las actividades turísticas son reguladas por el Parque por medio de permisos otorgados a embarcaciones registradas para ese propósito.

Vías de introducción de EEI: Gracias a la lejanía del continente y a que el acceso es legalmente restringido, pocas personas la visitan. De manera regular lo hace personal de la SEMAR; pescadores de la Cooperativa, científicos y conservaciones de GECI y personal de la CONANP, la mayoría de ellos parten de Ensenada, Baja California, ya sea por barco o por avioneta.

Medidas de bioseguridad: No existe ninguna medida de prevención para evitar la introducción de EEI, por lo que resulta indispensable desarrollar e implementar un Plan

de Bioseguridad Insular.
Recomendaciones: es importante que se establezca un plan de bioseguridad en la isla para reforzar las medidas y evitar la introducción de más EEI. Por otro lado, es necesario continuar con los esfuerzos de control de gatos y ratón.
Referencias: CONANP. 2005. *Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera "Islas del Pacífico de Baja California"*. México, D.F.: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Samaniego Herrera, A., A. Peralta García, y A. Aguirre Muñoz (Eds.). 2007. *Vertebrados de las islas del Pacífico de Baja California: Guía de Campo.* México, D.F.: Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/477.pdf

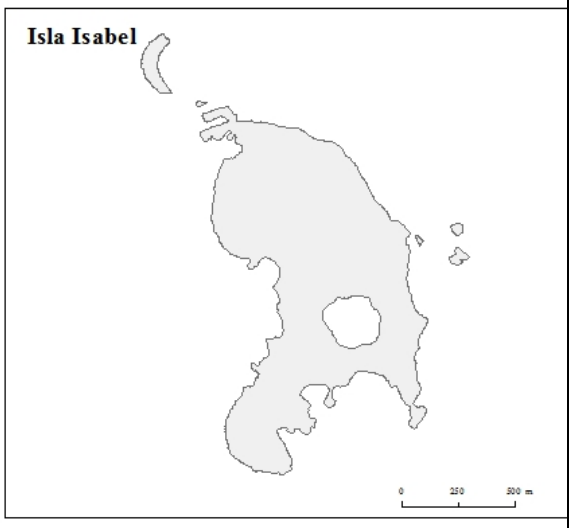
ISLA ISABEL (ISA)

Isla o grupo de islas: Isla Isabel tiene una superficie de 80 ha. En sus inmediaciones hay cuatro islotes que en su conjunto tienen una superficie de 2 ha.

Ubicación geográfica: En el Océano Pacífico, a 28 km de la costa.

Situación legal: Territorio federal. Forma parte del Parque Nacional Isla Isabel (DOF 08-12-1980). Es un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA, MX050) y ha sido designada como Humedal de Importancia Internacional en la Convención de Humedales Ramsar.

Relevancia biológica (flora): En isla Isabel se han registrado un total de 33 especies nativas de plantas vasculares. La vegetación dominante es el bosque tropical caducifolio donde abundan las especies arbóreas roache (*Crataeva tapia)* y papelillo (*Euphorbia schlechtendalii*).



Relevancia biológica (fauna):

Se tienen registrados un total de 99 taxa de vertebrados terrestres: 1 anfibio, 7 reptiles, 97 aves y 3 mamíferos. Son 32 las especies más comunes en la isla, entre las que se incluyen 6 reptiles y 26 aves. La isla es un importante centro de reproducción de la fragata magnífica (*Fregata magnificens*), el bobo patas azules (*Sula nebouxii*), el bobo patas cafés (*Sula leucogaster*), el charrán bobo-café (*Anous stolidus*), el rabijunco pico-rojo (Phaeton aethereus) y el pelícano café (*Pelecanus occidentalis*).

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr	LC
Anas discors	Cerceta de alas azules	Pr	LC
Ctenosaura pectinata	Iguana café	A	NE
Egretta rufescens	Garza melenuda	Pr	NT
Falco colombarius	Halcón palomero	A	NE
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Iguana iguana	Iguana verde	Pr	NE
Lampropeltis triangulum nelsoni	Falso coralillo	A	NE
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
Phaethon aethereus mesonauta	Rabijunco	A	LC

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.
† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Históricamente, en isla Isabel se han registrado 17 taxa exóticos: 15 plantas vasculares y 2 mamíferos (i.e. gato feral y rata negra). Actualmente la isla se encuentra libre de mamíferos invasores. También se han erradicado 4 especies de plantas (palma de coco y aceite, caña de azúcar, piña y plátano). Las erradicaciones han permitido la recuperación de las poblaciones de aves marinas, así como de la vegetación nativa.

Población e infraestructura: No hay una población permanente en el sitio. Existen instalaciones de pescadores y de la CONANP. Los pescadores, provenientes de poblados cercanos como San Blas, Nay., son los usuarios más frecuentes del sitio, realizando estancias de varios días en temporadas de pesca.

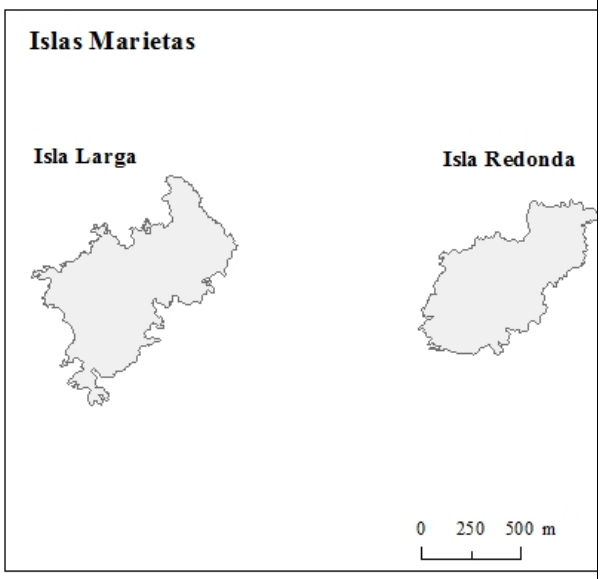
Actividades productivas: Pesca artesanal —principalmente escama—, pesca deportiva, y turismo de aventura (e.g. buceo, observación de fauna silvestre). Las actividades turísticas son reguladas por el Parque por medio de permisos otorgados a embarcaciones registradas para ese propósito. También es común que turistas con embarcaciones propias se trasladen a la isla. En promedio se registran 1,000 visitantes al año.

Vías de introducción de EEI: Los poblados de mayor influencia son Boca de Camichín (40 km) y San Blas (70 km).	
Medidas de bioseguridad: No existe ninguna medida de prevención para evitar la introducción de EEI, por lo que resulta indispensable desarrollar e implementar un Plan de Bioseguridad Insular.	
Recomendaciones: Durante y posterior a la erradicación de rata negra en 2009, GECI en colaboración con personal del Parque llevó a cabo una campaña intensiva de educación ambiental para concientizar a los pescadores acerca de la importancia de mantener a las islas libres de especies invasoras. Es un avance importante con respecto a las medidas de bioseguridad. Se requiere dar seguimiento a este tipo de acciones.	
Referencias: CONANP. 2005. *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Isla Isabel*. México, D.F. 164 pp. Rodríguez Malagón, M.A., Y. Bedolla Guzmán, A. Cárdenas Tapia, A. Aguirre Muñoz, M. Latofski Robles, A. Samaniego Herrera, F. Torres García, R. Gonzalez Gómez, J. Barredo Barberena, y E. Soqui Gómez. 2012. *Catalogo Fotográfico de Especies Representativas de la Isla Isabel, México*. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, B.C. México. 49 pp.	

ISLAS MARIETAS (IMAR)

Isla o grupo de islas: Islas Marietas es un conjunto de elementos insulares compuestos por la Isla Larga (48 ha), Isla Redonda (38 ha), dos islotes, rocas superficiales y varios elementos rocosos arenosos.

Ubicación geográfica: En el Océano Pacífico, a 8 km de la costa.



Situación legal: Territorio federal. Las islas forman parte del Parque Nacional Islas Marietas (DOF 25-04-2005). El área es un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA, MX029) y ha sido designada como Humedal de Importancia Internacional en la Convención de Humedales Ramsar. Asimismo, han sido registradas como Reserva de la Biosfera del Programa Hombre y la Biosfera de UNESCO.

Relevancia biológica (flora): Existen un total de 25 especies registradas en las islas. La comunidad vegetal más representativa es el pastizal. Este se compone de diversas especies nativas de pastos y herbáceas de baja talla como *Tripsacum dactyloides, Cyperus lygularis, C. sanguineo-ater, Chamaesyce thymifolia, Lygodium venustum* y *Bromelia pinguin*.

Relevancia biológica (fauna): Se han registrado 98 taxa de vertebrados para las islas: 9 reptiles y 89 aves. Las islas Marietas son importantes sitios de reproducción de aves marinas y descanso de aves migratorias. Un total de 46 especies anidan ahí. Estas islas albergan una de las colonias de anidación más grandes del mundo del bobo café (*Sula leucogaster*), además de albergar importantes poblaciones del charrán embridado (*Onychoprion anaethetus*), charrán-bobo café (*Anous stolidus) y Gaviota reidora (Leucophaeus atricilla).* Dos especies de tortugas marinas se distribuyen en las

inmediaciones de las islas: la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*).	

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
Aspidoscelis lineattissimus	Cuije cola azul	Pr	LC
Buteogallus anthracinus	Aguililla negra menor	Pr	LC
Chelonia mydas	Tortuga verde	P	NT
Coluber mentovarius varilosus	Chirriadora	A	NE
Ctenosaura pectinata	Garrobo	A	NE
Falco mexicanus	Halcón mexicano	A	LC
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Haematopus palliatus	Ostrero americano	P	LC
Hypsiglena torquata	Culebra nocturna	Pr	LC
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
Lepidochelys olivacea	Tortuga golfina	P	VU
Oceanodroma melania	Petrel negro	A	LC
Oceanodroma microsoma	Petrel mínimo	A	LC
Onychoprion anaethetus	Charrán embriado	P	LC
Pelecanus occidentalis	Pelicano pardo	A	LC
Phaethon aethereus	Rabijunco pico-rojo	A	LC
Puffinus auricularis	Pardela de Revillagigedo	P	CR
Puffinus ophistomelas	Pardela mexicana	P	NT
Sula nebouxii	Bobo patas azules	Pr	LC
Sula sula	Bobo patas rojas	A	LC
Thalasseus elegans	Charrán elegante	Pr	NT

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Actualmente hay una población (en baja densidad) de gatos ferales en isla Redonda. Se están llevando acciones de control tendientes a la erradicación, misma que se espera finalizar en un futuro cercano. En cuanto a especies de plantas introducidas, no se tiene información acerca de su

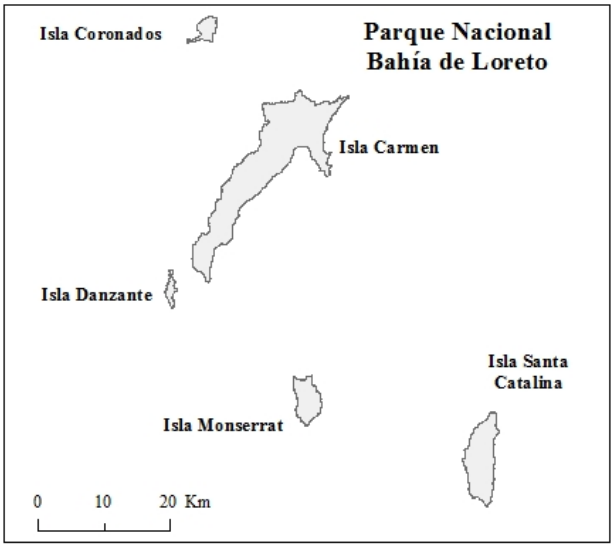
<table>
<tr><td colspan="2">establecimiento e impactos en la vegetación nativa de las islas.</td></tr>
<tr><td>Población e infraestructura: No existe infraestructura ni población permanente en las islas. No obstante, pescadores de los poblados cercanos (e.g. Punta Mita, Nay.) tienen una interacción frecuente con las islas.</td><td rowspan="2">Actividades productivas: Pesca comercial, pesca artesanal —de escama—, pesca deportiva y turismo de aventura (e.g. kayakismo, buceo, observación de fauna silvestre). De diciembre a marzo la afluencia de turistas en la zona aumenta debido a la presencia de ballenas en la Bahía de Banderas.</td></tr>
<tr><td>Vías de introducción de EEI: Los principales puertos de embarque hacia las islas Marietas son Punta Mita (8 km), La Cruz de Huanacaxtle (24 km), Bucerías (30 km), Nuevo Vallarta (33 km) y Puerto Vallarta (39 km).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Medidas de bioseguridad: No existe ninguna medida de prevención para evitar la introducción de EEI, por lo que resulta indispensable desarrollar e implementar un Plan de Bioseguridad Insular.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Recomendaciones: La erradicación de gatos ferales debe finalizar en un futuro próximo. Sin embargo y a pesar de la vigilancia del personal del Parque, es necesario trabajar con los pescadores y operadores turísticos para prevenir la reintroducción de gatos o la introducción de roedores al sitio.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Referencias:
CONANP. 2005. Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Isla Isabel. México, D.F. 164 pp.
Rodríguez Malagón, M.A., Y. Bedolla Guzmán, A. Cárdenas Tapia, A. Aguirre Muñoz, R. Gonzalez Gómez, y E. Soqui Gómez. 2012. Catalogo Fotográfico de Especies Representativas de las Islas Marietas, México. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, B.C. México. 45 pp.</td></tr>
</table>

PARQUE NACIONAL BAHÍA DE LORETO

Isla o grupo de islas: Formado por 5 islas: Coronados (850 ha), Del Carmen (15,110 ha), Danzante (490 ha), Montserrat (1,940 ha) y Santa Catalina (4,300 ha).

Ubicación geográfica: En el Golfo de California, desde 3.6 km a 25.8 km las islas más cercana y más lejana respectivamente, frente a las costas del municipio de Loreto, Baja California Sur.

Situación legal: Territorio federal. En 1996 (DOF-19-07-1996) el gobierno federal emitió el decreto por el cual declara las islas y sus aguas circundantes Parque Nacional. También forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. Así mismo, han sido declaradas patrimonio de la humanidad por la UNESCO en 2005.



Relevancia biológica (flora): La flora dentro del parque está representada por más de 600 especies de plantas terrestres registradas en las islas, del tipo matorral xerófilo o matorral sarcocaule, compuesta principalmente por arbustos y herbáceas perenes. Existen 2 subespecies cuyo endemismo se extiende a varias islas cercanas: Biznaga barril de Santa Catalina *Ferocactus diguetii* var. *carmenensis* y *Cryptantha grayi* var. *nesiotica*, *Salvia platycheila*, *Euphorbia polycarpa johnstonii* y *Alvordia glomerata* var. *insularis*. Además, cuenta con la presencia de mangle negro (*Avicennia germinans*), rojo (*Rhizophora mangle*) y blanco (*Laguncularia racemosa*) protegidos.

Relevancia biológica (fauna): Las islas del Parque Nacional sirven de hogar y refugio para 51 especies de reptiles, 25 de mamíferos terrestres, 30 mamíferos marinos y cerca de 228 especies de aves entre terrestres, marinas, residentes y migratorias. Existe un alto grado de endemismos,

algunos compartidos entre islas, como el Chuckwalla de Montserrat (*Sauromalus slevini*) en Montserrat, del Carmen y Coronados, y la gaviota pata amarilla (*Larus livens*) del Golfo de California. Los endemismos estrictos son.- **Santa Catalina**: Lagartija-escamosa de Santa Catalina (*Sceloporus lineatulus*), Güico de isla Santa Catalina (*Aspidoscelis catalinensis*), Culebra nocturna (*Hypsiglena torquata catalinae*), Culebrilla ciega (*Leptotyphlops humilis levitoni*); **Del Carmen**: Liebre cola negra (*Lepus californicus sheldoni*), ratón de abazones de Baja California (*Chaetodipus spinatus occultus*), Rata de campo (*Neotoma lepida nudicauda*), Güico de isla del Carmen (*Aspidoscelis carmenensis*), Culebra nocturna (*Hypsiglena torquata ochrorhyncha*), Culebrilla ciega (*Leptotyphlops humilis lindsayi*); **Danzante**: Ratón de abazones de isla Danzante (*Chaetodipus spinatus seorsus*), Culebra nocturna (*Hypsiglena torquata venusta*), Culebrilla ciega (*Leptotyphlops humilis humilis*); **Montserrat**: Ratón de campo de isla Montserrat (*Peromyscus caniceps*), Güico de isla Montserrat (*Aspidoscelis pictus*); **Coronados**: Rata nopalera de isla Coronados (*Neotoma bunkeri*).

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Plantas		
Avicennia germinans	Mangle negro	A	LC
Rhizophora mangle	Mangle rojo	A	LC
Laguncularia racemosa	Mangle blanco	A	LC
Olneya tesota	Palo fierro	Pr	

	Reptiles		
*Sauromalus slevini**	Chuckwalla de Montserrat	A	
*Sceloporus lineatulus**	Lagartija-escamosa de Santa Catalina	Pr	LC
Urosaurus nigricaudus	Lagartija o cachorita cola negra	A	LC
*Uta stansburiana elegans**	Lagartija de costados manchados	A	LC
*Aspidoscelis carmenensis**	Güico de isla del Carmen		LC
*Aspidoscelis catalinensis**	Güico de isla Santa Catalina	Pr	VU
*Aspidoscelis pictus**	Güico de isla Montserrat	A	LC
Hypsiglena torquata	Culebra nocturna	Pr	
Crotalus mitchellii mitchellii	Víbora de cascabel moteada	Pr	LC
*Crotalus catalinensis**	Víbora de cascabel de Santa Catalina	A	CE
	Aves		
Haematopus palliatus	Ostrero americano	P	LC
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
*Larus livens**	Gaviota pata amarilla	Pr	LC
Pelecanus occidentalis	Pelícano pardo	A	LC
Sula nebouxii	Bobo pata azul	Pr	LC
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
	Mamíferos		
Zalophus californianus	Lobo marino de california	Pr	LC
*Lepus californicus sheldoni**	Liebre cola negra	Pr	LC
*Chaetodipus spinatus occultus**	Ratón de abazones de Baja California	A	LC
*Chaetodipus spinatus seorsus**	Ratón de abazones de isla Danzante	A	LC
Neotoma bunkeri°	Rata nopalera de isla Coronados	E	EX
*Neotoma lepida nudicauda**	Rata de campo	A	LC
*Peromyscus caniceps**	Ratón de campo de isla Montserrat	Pr	CR
*Peromyscus eva carmeni**	Ratón de cactus de isla del Carmen	A	LC

*Endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente

extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.
† UICN. 2015. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 09 de marzo de 2016. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Entre 1999 y 2004 GECI erradicó la población de gato feral en las islas Coronados, Danzante, Montserrat y Santa Catalina. Actualmente sólo se encuentra gato feral y cabra en isla del Carmen (la más grande).

Población e infraestructura: La isla del Carmen es propiedad privada y estuvo habitada hace algunos años, debido a una salinera que operaba ahí. Actualmente se encuentran las instalaciones abandonadas de la salinera y algunas casas de los trabajadores.

Actividades productivas: Pesca artesanal, turismo y observación de fauna silvestre (aves, ballenas y tiburón ballena).

Vías de introducción de EEI: El turismo es una actividad importante y una fuente potencial de introducciones. En la zona se mueven tanto embarcaciones medianas, como yates, hasta pangas y kayaks, que visitan las islas.

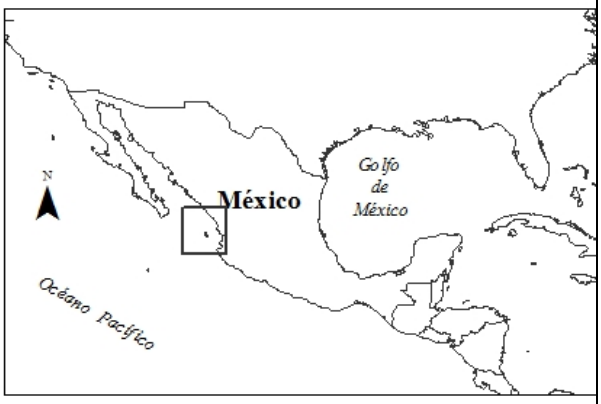
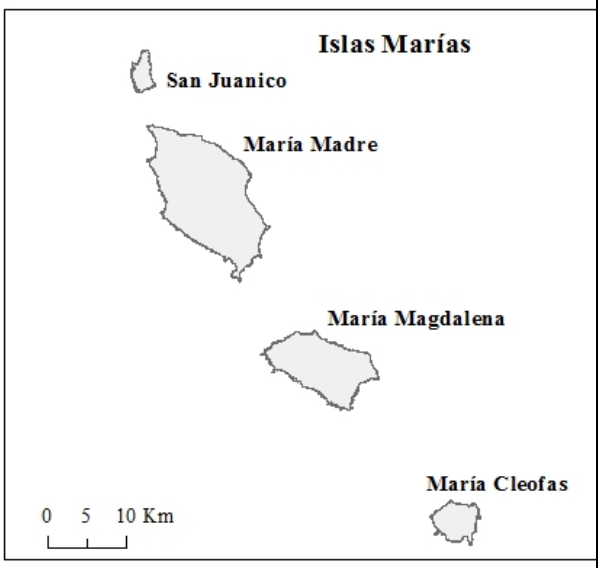
Medidas de bioseguridad: GECI en coordinación con CONANP ha llevado a cabo pláticas y talleres sobre la importancia de prevenir las introducciones accidentales en las islas del Parque Nacional con la comunidad de Loreto (turisteros, pescadores y sus familias). Se han repartido folletos y existen letreros y lonas con las medidas de bioseguridad en puntos de desembarque hacia las islas. Sin embargo, no existen medidas de detección temprana ni inspección impuestas en las islas.

Recomendaciones: Diseñar un protocolo de bioseguridad insular específico para las características ecológicas y de uso de las islas del Parque Nacional, que deberá ser socializado con la comunidad local y los visitantes, implementado y evaluado por las autoridades locales.

Referencias:

Ortiz Alcaraz, A., A. Montiel Arteaga, F. Pérez Castro, J. García Walther, J.M. Barredo Barberena y A. Aguirre Muñoz. 2014. *Catálogo Fotográfico de Especies Representativas de las Islas del Parque Nacional Bahía de Loreto, México.* Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, B.C., México, 74 pp.

SEMARNAT. 2002. *Aviso mediante el cual se informa al público en general la conclusion del Programa de Manejo del ANP Parque Nacional Bahía de Loreto, ubicado frente a las costas del Municipio de Loreto, B.C.S.* Diario Oficial Lunes 11 de noviembre de 2002. Consultado en http://islasgc.conanp.gob.mx/loreto/PROGRAMA.html

ARCHIPIÉLAGO ISLAS MARÍAS (AIM)	
Isla o grupo de islas: Islas Marías es un conjunto de elementos insulares conformado por María Madre (14,400 ha), María Magdalena (8,400 ha), María Cleofas (2,500 ha) y San Juanito (800 ha).	**Ubicación geográfica:** En el Océano Pacífico, a 80 km de la costa de Nayarit.  
Situación legal: Territorio federal. El archipiélago forma parte de la reserva de la biósfera Islas Marías (DOF 27-11-2000). Han sido designadas Áreas de Importancia para las Aves (AICA No-35), así como parte del programa Hombre y la Biosfera de UNESCO.	
Relevancia biológica (flora): Se han documentado un total de 387 plantas vasculares en el AIM, de las cuales 11 son endémicas. Seis especies se encuentran bajo alguna categoría de protección en las Normas Oficiales Mexicanas, como la especie endémica Copal (*Bursera arbórea*).	
Relevancia biológica (fauna): El AIM es hogar de 197 especies de vertebrados, de las cuales destacan 17 especies endémicas. Además especies de mamíferos endémicos: el ratón ciervo de las Marías (Peromyscus *madrensis*), el ratón arrocero (*Oryzomys nelsoni*) y el mapache (*Procyon insularis*) y el conejo de las Tres Marías (*Sylvilagus graysoni*). De éstas el ratón ciervo y el ratón arrocero probablemente se han extinguido y el ratón marsupial (*Tlacuatzin canescens*) ha sido extirpado debido a especies invasoras. También se encuentran el jilguero oscuro de las Marías (*Myadestes obscurus insularis)* y el loro de cabeza amarilla de las Tres Marías (*Amazona oratrix tresmariae*), colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris lawrencei*), paloma arroyera (*Leptotila verreauxi capitalis*), mulato azul (*Melanotis caerulescens longirostris*),	

mirlo dorso rufo (*Turdus rufopalliatus graysoni*), paloma dorada (*Columba flavirostris*) y gránatelo mexicano (*Granatellus venustus francescae*) aves endémica.	

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059	Lista Roja UICN†
*Sylvilagus graysoni**	Conejo de Tres Marías	A	EN
*Procyon insularis**	Mapache de las Islas Marías	P	LC
*Ctenosaura pectinata**	Iguana negra	A	NE
Iguana iguana	Iguana verde	Pr	NE
Crocodylus acutus	Cocodrilo de río	Pr	VU
Boa constrictor	Boa	A	NE
Oporornis tolmiei	Chipe de Potosí	A	LC
Phaethon aethereus	Rabijunco pico-rojo	A	LC
Amazona oratrix tresmariae	Loro cabeza amarilla de las Islas Marias*	A	EN
Forpus cyanopygius	Perico Catarina*	A	LC
Amazona auropalliata	Loro nuca amarilla	P	VU
Parula pitiayumi insularis	Parula de las Islas Marías*	P*	LC
Buteogallus anthracinus	Aguililla negra menor	Pr	LC
Chondrohierax uncinatus	Gavilán pico gancho	Pr	LC
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	Pr	LC
Sterna elegans	Charrán elegante	Pr	NT
Amazilia rutila graysoni	Colibrí canela de Tres Marías*	Pr	LC
Buteo jamaicensis fumosus	Aguililla cola roja de Tres Marías*	Pr	LC
Cardinalis cardinalis mariae	Cardenal rojo de Tres Marías*	Pr	LC
Cynanthus latirostris lawrencei	Colibrí pico ancho de Tres Marías*	Pr	LC
Granatellus venustus francescae	Granatelo de las Islas Marías*	Pr	LC
Icterus pustulatus graysoni	Bolsero dorso rayado de las Islas Marías*	Pr	LC

Leptotila verreauxi capitalis	Paloma arroyera de Tres Marías*	Pr	LC
Melanotis caerulescens longirostris	Mulato azul*	Pr	LC
Turdus rufopalliatus graysoni	Mirlo dorso rufo de las Islas Marías*	Pr	LC
Thryothorus felix lawrencei	Chivirín feliz de Tres Marías*	Pr	LC
Micrathene whitneyi graysoni	Tecolote enano de Tres Marías	E	LC

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada;*=Endémica.
† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes:

Especie	Ma. Madre	Ma. Cleofas	Ma. Magdalena
Cabra (*Capra hircus)*	X	X	X
Vaca (Bos Taurus)	X		
Burro (*Equus asinus)*	X		
Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus)*			X
Cerdo (*Sus scrofa)*	X		
Gato (*Felis catus)*	X	X	X
Rata negra (*Rattus rattus)*	X	X	X
Paloma bravía (*Columba livia)*	X		
Gorrión común (*Passer domesticus)*	X		
Gecko casero (*Hemidactylus frenatus)*	X		
Conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus)*	X		
Caballo (*Equus caballus)*	X		
Gallina (*Gallus gallus)*	X		
Borrego doméstico (*Ovis aries)*	X		
Perros (*Canis familiaris)*	X		
Gansos (*Anser anser)*	X		

Población e infraestructura: Debido a la abundancia de sus recursos tanto pesqueros como maderables, en el pasado hubo asentamientos en todas las islas del AIM. Sin embargo en 1905 se estableció en la isla María Madre la Colonia Penal Federal Islas Marías, la cual desde 2000 compete a la Secretaría de Seguridad Pública. A la fecha es la única isla habitada por aproximadamente 2,000 reclusos con sus familias, el personal de seguridad y administrativos. La mayor parte de los asentamientos cuentan ya con líneas telefónicas y eléctricas.	**Actividades productivas:** Existen diversas actividades que realizan los habitantes de la Colonia Penal Federal entre ellas se encuentran labores en las oficinas administrativas, restaurante, talleres de herrería, carpintería, tenerías, sastrería y mecánico, actividades de ganadería, trabajo agrícola (frijol, maíz, sorgo y algunas hortalizas), pesca y un programa ecológico. Además la colonia cuenta con escuelas tanto para los hijos de presos como personal administrativo, así como para adultos.
Vías de introducción de EEI: Las actividades alrededor del penal han causado severos impactos como la modificación del hábitat, deforestación y la introducción de EEI. Además en el traslado de alimentos y personal mediante buques de la Armada que zarpan del Puerto de Mazatlán, Sinaloa. También existe comunicación por avioneta con Mazatlán y Tepic, bajo la autorización de la SSP.	**Medidas de bioseguridad:** No existe ninguna medida de prevención para evitar la introducción de EEI, por lo que resulta indispensable desarrollar e implementar un Plan de Bioseguridad Insular.
Recomendaciones: De acuerdo a estudios hechos por GECI en 2007 la erradicación de fauna introducida en las islas Marías es posible y muy necesaria ya que todas las poblaciones de mamíferos endémicos del archipiélago han disminuido drásticamente, asimismo la vegetación ha sido fuertemente impactada por los herbívoros introducidos. Adicionalmente se debe comenzar con un plan de educación ambiental para dar a conocer a los colonos la importancia de las islas y los efectos de la fauna introducida, esto debe incluir a los usuarios que se encuentran en los puertos de Mazatlán y Manzanillo, así como al personal de la Armada en todos los niveles de mando.	
Referencias:	

Ortiz-Alcaraz, A., A. Aguirre-Muñoz, K. Santos del Prado-Gasca, L. Luna-Mendoza, M. Hermosillo-Bueno, N. Silva- Estudillo, R. González-Gómez, A. Hebshy, y E. Peters-Recagno. 2008. *Estudio para la Erradicación de Especies Introducidas en el Archipiélago Islas Marías, México*. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Instituto Nacional de Ecología. Island Conservation.

Ortiz-Alcaraz, A., A. Aguirre-Muñoz, K. Santos del Prado, M.A. Hermosillo-Bueno, E. Peters-Recagno, N. Silva- Estudillo, y E. Soqui. 2008. *Restauración Ambiental de las Islas Marías: Control de gatos ferales en áreas urbanas y suburbanas en isla María Madre, fase experimental de métodos y técnicas.* Grupo de Ecología

y Conservación de Islas, A.C. – Instituto nacional de Ecología. Ensenada, B.C., México. 44 pp.

Ortiz Alcaraz, A., F. Méndez Sánchez, A. Aguirre Muñoz, E. Peters Recagno, K. Santos del Prado y L. Luna Mendoza. 2009. *Propuesta de Programa de Sensibilización Ambiental en la Colonia Penal Federal Islas Marías. Informe Final de Actividades.* Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI) – Instituto Nacional de Ecología (INE). Ensenada, B.C., México. 30 pp.

CONANP. 2007. *Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biósfera Islas Marías*. 220 pp.

ISLA MUJERES

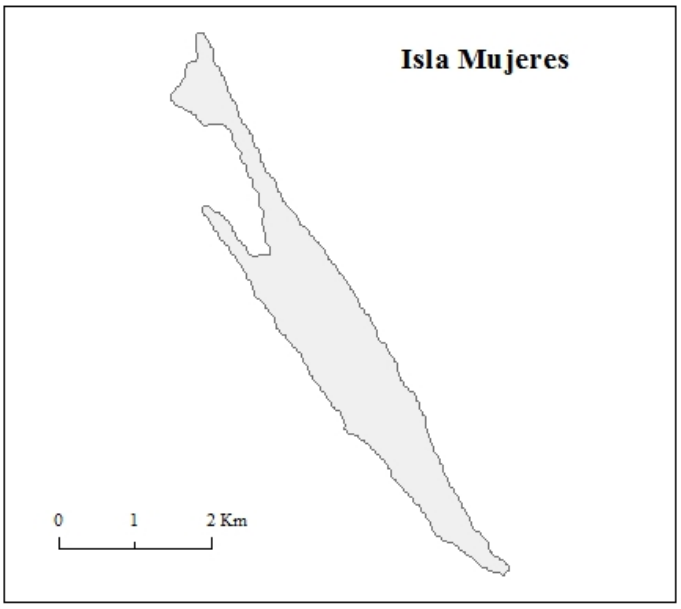
Isla o grupo de islas: Isla Mujeres tiene una superficie de 534.37 ha. Con una elevación máxima de 20m

Situación legal: Territorio federal. La isla y aguas circundantes fueron declaradoras como Zona de refugio de Flora y Fauna Marina (7 febrero de 1973). En 1996 fue declarado como Parque Nacional Marino Costa occidental, Área natural Protegida. (DOF-19-07-96)

Relevancia biológica (flora): en isla Mujeres se han registrado principalmente comunidades de manglasres, tales como el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), y en el bosque bajo (2 a 3m de altura) el mangle negro (*Avicennia germinans*), con manchones de *Batis marítima* y de *alicornia sp.*hacia el centro del islote, se puede encontrar mangle blanco Laguncularia racemosa). En todo el manglar se encuentran diversas bromeliáceas, orquídeas y cactáceas (Selenicereus testudo) y otras epífitas (Brassavola nodosa, Schomburkia tibicinis, Aechmea bracteata, Echites yucatanensis, Rhabdadenia biflora, Batis maritima).

Relevancia biológica (fauna): En los islotes la fauna terrestre está representada principalmente por 28 especies de aves marinas y terrestres que los utilizan como sitios de anidación o solamente como sitios de reposo.

Ubicación geográfica: En el mar Caribe, a 13 kilómetros de la ciudad de Cancún en el estado de Quintana Roo.



Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM	UICN
	Aves		
Ardea herodias	Garza morena	Pr	LC
Ardea herodias occidentalis	Garza morena occidental		
Bubulcus ibis	Garza ganadera		LC
Butorides striata	Garcita verde		*LC*
Ardea alba	Garza blanca		
Egretta tricolor	Garceta tricolor		LC
Egretta rufescens	Garceta rojiza	Pr	NT
Egretta thula	Garceta pie dorado		LC
Nyctanassa violacea	Pedrete corona clara		LC
Trigrisoma mexicanus	Garza tigre	Pr	LC
Pelecanus occidentalis	Pelícano café	A	LC
Phalacrocorax auritus	Cormorán dos crestas		LC
Fregata magnificens	Fragata magnífica		LC
Buteogallus anthracinus	Gavilán negro	Pr	LC
Pandion haliaetus	Águila pescadora		LC
Cathartes aura	Zopilote aura		LC
Caragyps atratus	Zopilote común		LC
Charadrius semipalmatus	Chorlito frailecillo		LC
Charadrius wilsonia	Chorlo pico grueso		LC
Arenaria interpres	Vuelvepiedras rojizo		LC
Larus atricilla	Golondrinas de mar		LC
Sterna anaethetus	Golondrinas de mar		LC
Sterna antillarum	Gaviota menor	Pr	LC
Sterna fuscata	Gaviota obscura		LC
Sterna maxíma	Gaviota real		LC
Anous stolIdus	Gaviota frente blanca		LC
Anous minutus	Gaviota café		LC
Dendroica petechia	Chipe manglero		LC
	Reptiles		
Crocodylus acutus	Cocodrilo de río, cocodrilo americano	Pr	VU

Crocodylus moreleti	Cocodrilo de pantano	Pr	NT
Chelonia mydas	Tortuga marina verde del Atlántico, tortuga blanca	P	EN
Caretta caretta	Tortuga marina caguama	P	VU
Eretmochelys imbricata	Tortuga carey	P	CR
Dermochelys coriacea	Tortuga laúd	P	VU

*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: no se tiene registros.

Población e infraestructura: cuenta con una población de 12,642, y cuenta con una infraestructura turística para visitantes de todo tipo, con un total de 78 establecimientos de hospedaje, 66 establecimientos gastronómicos y 20 empresas náuticas.

Actividades productivas: La fuente principal es el turismo y en segundo término es la pesca artesanal

Vías de introducción de EEI: Embarcaciones de servicios turísticos, investigadores y pesca furtiva

Medidas de bioseguridad: No se llevan a cabo ninguna medida de prevención para evitar la entrada de especies exóticas invasoras a la isla, por lo tanto es indispensable desarrollar e implementar un plan de bioseguridad insular

Recomendaciones: Diseñar un protocolo de bioseguridad insular específico para isla mujeres con el propósito de que sea implementado por las autoridades locales y los usuarios directos de la isla.

Referencias:

CONANP. (1998). *Programa de Manejo Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc*. México, D.F.: Comisión Nacional de Áreas Naturales.

RASA

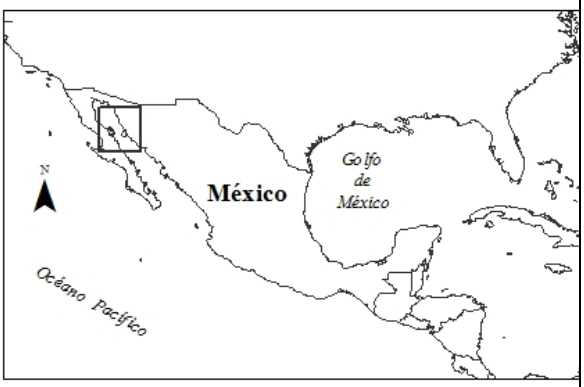
Isla o grupo de islas: isla rasa tiene una superficie aproximada de 59 ha.

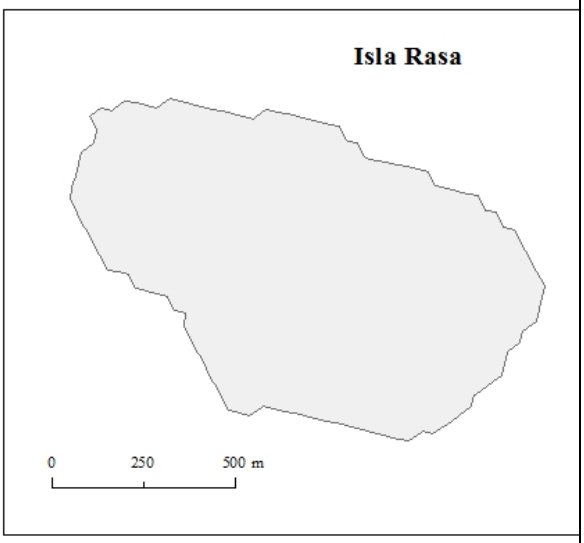
Situación legal: Isla Rasa, fue decretada como una *Zona de Reserva Natural y Refugio de Aves* (D.O.F.,30/05/1964),y a partir del A partir del 7 de junio de 2000, esta zona se considera en la categoría de *Área de Protección de Flora y Fauna «Islas del Golfo de California»*, conforme al Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación.

Relevancia biológica (flora): La diversidad florística de la isla es muy escasa, apenas se desarrollan 14 especies vegetales, ninguna de ellas endémica, *Sesuvium verrucosum*, *Batis maritima*, *Lophocereus schottii*, *Opuntia burrageana* (cholla), *O. fulgida* (cholla), *O. cholla* (cholla), *Pachycereus pringlei* (cardón), *Stenocereus gummosus* (pitahaya agria), *Atriplex barclayana* (chamizo, galleta), *A. polycarpa* (chamizo), *Salicornia subterminalis*, *Cressa truxillensis*,*Lycium brevipes* (frutillo), *Monanthochloe littoralis* (Cody *et al.*, 1983). Además hay *Abronia maritima* y *Frankenia palwensi*

Relevancia biológica (fauna): En la Isla Rasa, donde anida el 95% de la población mundial de la gaviota ploma (*Larus heermanni*) y del charrán elegante (*Sterna elegans*), 95% de la población mundial de esta especie anida en la Isla; Presencia de numerosas colonias reproductoras de lobo marino de California (*Zalophus californianus*).

Ubicación geográfica: En el Golfo de California, a 38.6243 km de distancia, al sureste de Bahía de Los Ángeles.





Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM	UICN
	Aves		
Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	A	LC
Anthus rubescens	Bisbita americana		LC
Athene cunicularia	Tecolote llanero		LC
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja		LC
Calypte costae	Colibrí cabeza violeta		LC
Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano		LC
Cathartes aura	Zopilote aura		LC
Contopus sordidulus	Pibí occidental		LC
Corvus corax	Cuervo común		LC
Setophaga coronata	Chipe coronado		LC
Setophaga petechia	Chipe amarillo		LC
Setophaga townsend	Setophaga townsend		LC
Euphagus cyanocephalus	Tordo ojo amarillo		LC
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Falco sparverius	Cernícalo americano		LC
Molothrus ater	Tordo cabeza café		LC
Passer domesticus	Gorrión casero		LC
Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero		LC
Passerina versicolor	Colorín morado		LC
Melozone fusca	Toquí pardo		LC
Salpinctes obsoletus	Chivirín saltaroca		LC
Selasphorus rufus	*Selasphorus rufus*		LC
Selasphorus sasin	Zumbador de Allen		LC
Spizella breweri	Gorrión de Brewer		LC
Spizella passerina	Gorrión ceja blanca		LC
Tachycineta thalassina	Golondrina verdemar		LC
Thryomanes bewickii	Chivirín cola oscura		LC
Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche pico curvo		LC
Tyto alba	Lechuza de campanario		LC
Oreothlypis celata	Chipe corona anaranjada		LC
Zonotrichia leucophrys	Gorrión corona blanca		LC
	Reptiles		

Phyllodactylus xanti *	Geco	LC
	Mamíferos	
*Myotis vivesi**	Murciélago pescador mexicano	

*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: ratas y ratones domésticos

Población e infraestructura: El área no ofrece ningún servicio, los visitantes llegan por su propia cuenta y se trasladan a su criterio, o bien a través de compañías turísticas privadas principalmente extranjeras. La única construcción es una casita de tres piezas, con muros de piedra y techo de concreto en estado precario y a punto de derrumbarse, que sirve como dormitorio a los investigadores.

Actividades productivas: principalmente turísticas y en menor cantidad actividades de pesca artesanal.

Vías de introducción de EEI:

Medidas de bioseguridad: No se llevan a cabo ninguna medida de prevención para evitar la entrada de especies exóticas invasoras a la isla, por lo tanto es indispensable desarrollar e implementar un plan de bioseguridad insular

Recomendaciones: Es necesario adoptar medidas para erradicar o controlar las poblaciones de roedores presentes en la isla. Una vez erradicadas estas poblaciones es necesario diseñar e implementar un plan de bioseguridad insular para evitar la reintroducción de las especies exóticas invasoras.

Referencias:

CONANP. 2000. *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California.* México, D.F.: Comisión Nacional de Áreas Naturales.

http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/2/irasa.html

ARCHIPIÉLAGO SAN BENITO (SB)

Isla o grupo de islas: Formado por 3 islas: San Benito Oeste (SBO, 400 ha), San Benito Este (SBE, 156 ha) y San Benito Medio (SBM, 54 ha).

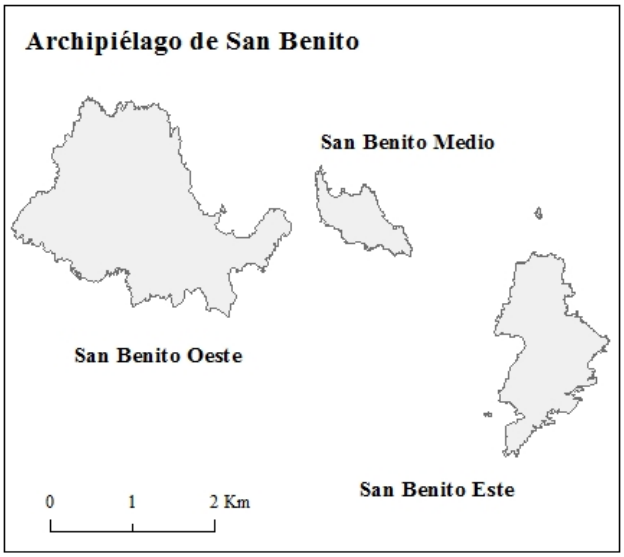
Situación legal: Territorio federal. En 2005 (DOF-03-06-2005) el gobierno federal emitió el aviso por el cual informa que pretende declarar las islas del archipiélago y otras 18 islas, como Reserva de la Biosfera. Considerada Región Prioritaria para la Conservación por la CONANP, también Área de Importancia para la Conservación de las Aves (MX100). Así como Área Prioritaria Marina para la Conservación por la Comisión de Cooperación Ambiental.

Relevancia biológica (flora): Se han registrado 51 especies de plantas vasculares, 3 endémicas del archipiélago: *Hemizonia streetsi*, *Mammillaria neopalmeri* y *Dudleya linearis*. La vegetación dominante es el matorral desértico bajo.

Relevancia biológica (fauna):

El archipiélago alberga 80 vertebrados nativos: 1 reptil, 4 mamíferos marinos y 75 aves, con 4 subespecies endémicas de aves terrestres. Es un sitio importante para la anidación de 13 especies de aves marinas, 8 de las cuales están listadas bajo alguna categoría de protección en la norma mexicana.

Ubicación geográfica: En el Océano Pacífico, a 30 km al oeste de la isla Cedros, y 70 km de Punta Eugenia, Baja California sur.



Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Aves		
Athene cunicularia hypugaea	Tecolote llanero	Pr	LC
Haematopus bachmani	Ostrero negro	A	LC
Haematopus palliatus frazari	Ostrero americano	P	LC
*Haemorhous mexicanus mcgregorii***°	Pinzón mexicano	E	NE
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
*Oceanodroma leucorhoa chapmani**	Paíño de Leach	A	LC
Oceanodroma melania	Paíño negro	A	LC
Oceanodroma microsoma	Paíño mínimo	A	LC
*Passerculus sandwichensis sanctorum***	Gorrión sabanero	A	LC
Pelecanus occidentalis	Pelicano pardo	A	LC
Ptychoramphus aleuticus	Alcuela oscura	Pr	LC
Puffinus opisthomelas	Pardela mexicana	P	NT
*Salpynctes obsoletus tenuirostris***	Chivirín saltarroca	A	NE
Synthliboramphus craveri	Mérgulo de Craveri	P	VU
Synthliboramphus hypoleucus	Mérgulo de Guadalupe	Pr	VU
Synthliboramphus scrippsi	Mérgulo de Scripps	Pr	VU
	Reptiles		
Uta stansburiana	Lagartija de costados manchados	A	LC
	Mamíferos marinos		
Arctocephalus philippii townsendi **	Lobo fino de Guadalupe	P	LC
Mirounga angustirostris	Elefante marino norteño	A	LC
Zalophus californianus	Lobo marino de California	Pr	LC
Phoca vitulina	Foca común	Pr	LC

*Subespecie endémica. ° Subespecie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2015. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 09 de marzo de 2016. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Históricamente, en el archipiélago se han registrado 17 EEI: 9 plantas vasculares, 4 aves y 4 mamíferos. De éstos, 4 mamíferos (conejo, burro, cabra y ratón de cactus) fueron erradicados en 1999, 2005 y 2013 respectivamente. Actualmente el total de EEI en el archipiélago es 13.

Población e infraestructura: Sólo la isla SBO está habitada por un campo pesquero de aproximadamente 40 casas, de la S.C.P.P. Pescadores Nacionales de Abulón, S.C. de R.L., cuyo centro principal de operaciones se ubica en la cercana isla de Cedros. La población estimada es de 60 personas en la isla, esto depende de la temporada de pesca.	**Actividades productivas:** Pesca artesanal – S.C.P.P. Pescadores Nacionales de Abulón, S.C. de R.L. -, pesca deportiva, y observación de fauna nativa por cruceros estadounidenses.

Vías de introducción de EEI: La única vía de acceso es marítima. Generalmente, la ruta de entrada es vía isla de Cedros, en ocasiones también se puede llegar directo de Punta Eugenia sin hacer escala en Isla de Cedros.

Medidas de bioseguridad: No existe ninguna medida de prevención para evitar la introducción de EEI, por lo que resulta indispensable desarrollar e implementar un Plan de Bioseguridad Insular.

Recomendaciones: El ratón que fue introducido accidentalmente a la isla SBO causó daños considerables a la flora y fauna nativa por lo que es de suma importancia evitar que esto vuelva a suceder. Para lograr esto, es necesaria la colaboración de la comunidad de Isla de Cedros principalmente que habita la isla de manera temporal o permanente mediante la implementación de un plan de bioseguridad a largo plazo, esto permitirá una mejor calidad de vida para los habitantes y una recuperación del ecosistema. En cuanto a las plantas es necesario definir los impactos que están teniendo sobre las especies nativas, en base a eso establecer medidas de control para las especies con mayor problema de invasión.

Referencias:

CONANP. (2005). *Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera "Islas del Pacífico de Baja California"*. México, D.F.: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C.

Erickson, R. A., E. Palacios, M. Félix Lizárraga, L. Luna Mendoza, A. Samaniego Herrera, y P. A. Gaede. 2009. *Avifauna de las islas del Pacífico frente al norte y centro de la península de Baja California.* Trabajo presentado en: Encuentro

Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable de las Islas de México, Ensenada, B.C.

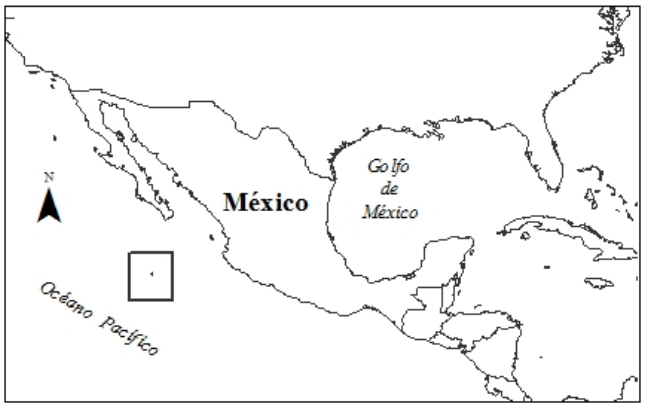
Samaniego Herrera, A., A. Peralta García, y A. Aguirre Muñoz (Eds.). 2007. *Vertebrados de las islas del Pacífico de Baja California: Guía de Campo*. México, D.F.: Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C.

Steven A. Junak and Ralph Philbrick. Flowering plants of the San Benito Islands, Baja California, Mexico. Santa Barbara, CA 93105

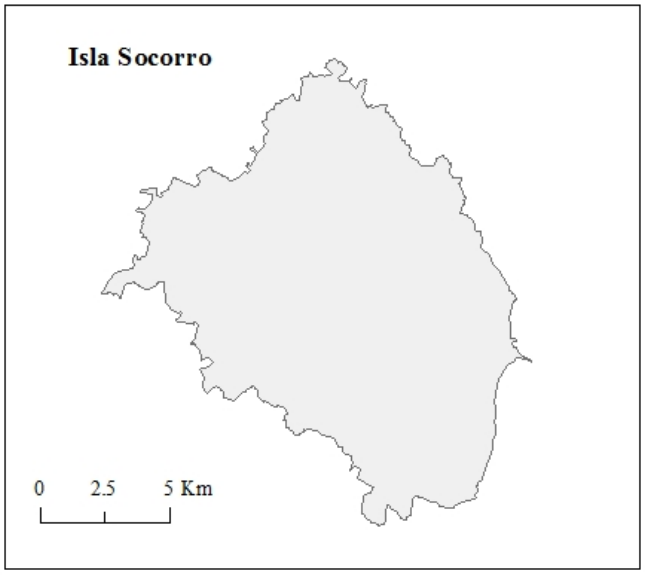
ISLA SOCORRO (SOC)

Isla o grupo de islas: Isla Socorro (13,000 ha) forma parte del archipiélago de Revillagigedo junto con las islas Clarión, San Benedicto y Roca Partida.

Ubicación geográfica: En el Pacífico Tropical Mexicano, a 480 km de Los Cabos, Baja California Sur y a 716 km de Manzanillo, Colima.



Situación legal: Territorio federal. En 1994 se decretó la Reserva de la Biosfera Archipiélago Revillagigedo (DOF 06-06-1994). También es considerada un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA, MX031) y sitio de Alianza para la Extinción Cero (AZE) por la pardela de Revillagigedo.



Relevancia biológica (flora): Existen 9 tipos de vegetación en la isla, entre matorral, pastizal, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, bosque tropical perennifolio y pradera. Se tienen registradas 39 especies endémicas al archipiélago de Revillagigedo, de las cuales 30 son estrictamente endémicas a ésta isla.

Relevancia biológica (fauna): La fauna está constituida por 103 especies de aves, de las cuales 10 son endémicas (e.i. pardela de Revillagigedo, *Puffinus auricularis auricularis*) y 2 están extintas: la paloma de Socorro (*Zenaida graysoni*) y el tecolote enano (*Micrathene whitneyi graysoni*). Existen 3 especies de reptiles terrestres, 1 endémica (*Urosaurus ariculatus*). El archipiélago también es zona de

alimentación y anidación de 4 de las 6 especies de tortugas marinas que habitan en las costas de México.	

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Aves		
Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	Pr	NE
Accipiter striatus	Gavilán pecho-rufo	Pr	NE
*Aratinga holochlora brevipes**	Perico de Socorro	P	EN
*Buteo jamaicensis socorrensis**	Gavilán de Socorro	P	NE
Columbina passerina socorroensis	Tortolita de Socorro	A	NE
*Micrathene whitneyi graysoni**	Tecolote enano	E	NE
*Mimodes graysoni**	Cenzontle de Socorro	P	NE
*Nyctanassa violacea gravirostris**	Garza coroniclara de Socorro	A	NE
Parula pitiayumi graysoni	Parula de Socorro	Pr	NE
Pipilo erythrophthalmus socorroensis	Toquí pinto de Socorro	ND	NE
Puffinus auricularis	Pardela de Revillagigedo	P	CR
*Thryomanes sissonii**	Chivirín de Socorro	Pr	NE
*Zenaida graysoni**	Paloma de Socorro	Pr	EW
	Reptiles		
Dermochelys coriacea	Tortuga marina laúd	P	VU
Lepidochelys olivacea	Tortuga golfina	P	VU
Eretmochelys imbricata	Tortuga carey	P	CR
Chelonia mydas	Tortuga prieta	P	EN

*Especie endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2012. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 14 de marzo de 2013. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En

Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.	
Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Se tiene un registro histórico de 56 EEI: 47 plantas vasculares, 5 aves, 1 reptil y 3 mamíferos. De éstas el borrego feral fue erradicado exitosamente en 2011. El gato feral es la EEI presente más dañina.	
Población e infraestructura: en la isla se localiza el Sector Naval Isla Socorro de la SEMAR	**Actividades productivas:** Sólo la SEMAR tiene acceso a la isla, y ella da autorización para cualquier otra instancia que quiera ingresar.
Vías de introducción de EEI: existen 2 vías de introducción asociadas al transporte de bienes de la SEMAR: la marítima, por el muelle del Sector Naval, y la aérea por la pista de aterrizaje.	
Medidas de bioseguridad: Se realiza rutinariamente la revisión de los efectos personales antes de embarcar hacia la isla, sin embargo las embarcaciones no son inspeccionadas.	
Recomendaciones: Diseñar un protocolo de bioseguridad insular específico para las características ecológicas y de uso del Archipielago de revillagigedo, que deberá ser socializado el Sector Naval local y los visitantes, implementado y evaluado por las autoridades locales.	
Referencias:	

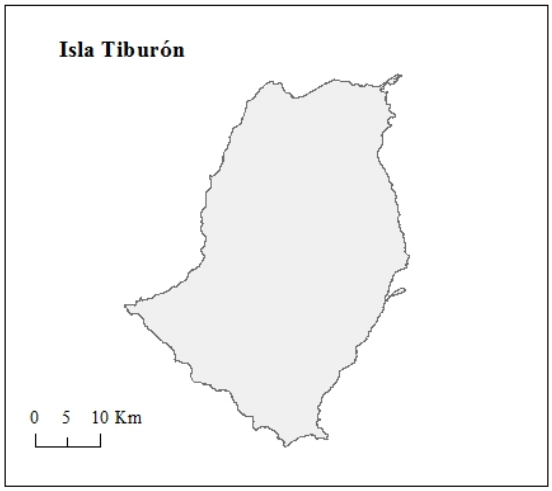
ISLA TIBURÓN

Isla o grupo de islas: isla Tiburón con 120,800 hectáreas es la isla más grande de México.

Ubicación geográfica: en el Golfo de California, frente a la costa del municipio de Hermosillo, Sonora.

Situación legal: En 1963 la isla fue decretada Zona de Reserva Natural y Refugio para la Fauna Silvestre Nacional. Es el hogar permanente de la etnia Comcáac (Seri) quienes la consideran sagrada y les fue cedida como propiedad comunal en 1975. Desde 1978 fue protegida junto con las islas del Golfo de California, que en 2000 se consideraron en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna.

Relevancia biológica (flora): Es posiblemente una de las zonas del Desierto Sonorense mejor conservadas. Se considera que alberga aproximadamente 298 especies de plantas. Presenta zonas de manglar bajo



Relevancia biológica (fauna): Endémicas mamíferos: Bassariscus astutus flavus, Canis latrans jamesi, Chaetodipus baileyi insularis,Chaetodipus penicillatus seri, Dipodomys merriami mitchelli, Lepus alleni tiburonensis, Myotis vivesi, Neotoma albigula seri,Odocoileus hemionus sheldoni, Peromyscus eremicus tiburonensis, Spermophilus variegatus tiburonensis.

Especies de vertebrados listadas bajo alguna categoría de protección:

Nombre científico	Nombre común	NOM-059‡	Lista Roja UICN†
	Plantas		
Avicennia germinans	Mangle negro	A	LC
Rhizophora mangle	Mangle rojo	A	LC
Laguncularia racemosa	Mangle blanco	A	LC
Olneya tesota	Palo fierro	Pr	
	Aves		

Haematopus palliatus	Ostrero americano	P	LC
Larus heermanni	Gaviota ploma	Pr	NT
*Larus livens**	Gaviota pata amarilla	Pr	LC
Pelecanus occidentalis	Pelícano pardo	A	LC
Sula nebouxii	Bobo pata azul	Pr	LC
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr	LC
	Mamíferos		
*Bassaricus astutus flavus**			
*Canis latrans jamesi**			
*Chaetodipus baileyi insularis**	Ratón de abazones sonorense de Montserrat	P	
*Chaetodipus penicillatus seri**	Ratón de abazones desértico	A	
*Dipodomys merriami mitchelli**	Rata canguro de Merriam	A	
Peromyscus eremicus	ratón del cactus		
Neotomaalbigula	rata nopalera		
*Lepus alleni tiburonensis**	Liebre antílope de isla Tiburón	Pr	
Spermophilus variegatus	ardilla de roca		Estable
S.tereticaudus	ardilla cola redondeada		Estable

*Endémica. ° Especie considerada extinta.

‡ NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-12-2010). E=Probablemente extinta en el medio silvestre; P=En peligro de extinción; Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada.

† UICN. 2015. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2015.4. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 09 de marzo de 2016. NE=No Evaluado; LC=Preocupación Menor; NT=Casi Amenazada; VU=Vulnerable; EN= En Peligro; CR=En Peligro Crítico; EX=Extinta; EW=Extinta en Estado Silvestre.

Especies exóticas invasoras erradicadas y presentes: Las especies introducidas presentes en la isla son perro y rata negra. Además se encuentra borrego cimarrón, sin embargo su población es controlada por los seris por medio de un muy estructurado aprovechamiento cinegético.

Población e infraestructura: La comunidad Comcáac o Seri, utiliza la isla para ejercer algunos de sus rituales tradicionales; sin embargo sólo habitan la isla temporalmente en campamentos pesqueros rústicos. En la isla habita también personal de la Secretaría de	**Población e infraestructura:** La comunidad Comcáac o Seri, utiliza la isla para ejercer algunos de sus rituales tradicionales; sin embargo sólo habitan la isla temporalmente en campamentos pesqueros rústicos. En la isla habita también personal de la Secretaría de Marina que suma alrededor de 18 personas.

Marina que suma alrededor de 18 personas. Existen 3 campamentos de la SEMAR y 2 estaciones de la SEDESOL abandonadas. Hay 3 casetas de vigilancia para los infantes, 3 pozos y un abrevadero.	Existen 3 campamentos de la SEMAR y 2 estaciones de la SEDESOL abandonadas. Hay 3 casetas de vigilancia para los infantes, 3 pozos y un abrevadero.
Vías de introducción de EEI: El establecimiento de los campamentos temporales representa el mayor riesgo de introducción de EEI a la isla. A pesar de que pocas personas cuentan con permiso para desembarcar en la isla, se encuentra cerca de continente y en una zona muy transitada por embarcaciones de todo tipo.	
Medidas de bioseguridad: Actualmente la isla no cuenta con protocolos de bioseguridad establecidos. La CONANP ha llevado a cabo significativos esfuerzos para dar a conocer la importancia de prevenir la introducción de EEI. En un futuro cercano, se planea diseñar de manera participativa el plan de bioseguridad insular para esta región.	
Recomendaciones: En un futuro cercano, se planea diseñar de manera participativa el plan de bioseguridad insular para esta región. Será muy importante que vaya acompañado de una buena estrategia de comunicación y educación ambiental para asegurar que las medidas de prevención sean adoptadas por la comunidad.	
Referencias: SEMARNAP. 2000. *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California.* Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 206 pp. CONABIO. 1995. *Atlas de Reservas de la Biosfera y otras áreas naturales protegidas.* INECC SEMARNAP 120 pp.	

4 Referencias

AGUIRRE-MUÑOZ, A., SAMANIEGO-HERRERA, A., LUNA-MENDOZA, L., ORTIZ-ALCARAZ, A., RODRÍGUEZ-MALAGÓN, M., MÉNDEZ-SÁNCHEZ, F., FÉLIX-LIZÁRRAGA, M., HERNÁNDEZ-MONTOYA, J. C., GONZÁLEZ-GÓMEZ, R., TORRES-GARCÍA, F., BARREDO-BARBERENA, J. M. & LATOFSKI-ROBLES, M. 2011. Island restoration in Mexico: ecological outcomes after systematic eradications of invasive mammals. *In:* VEITCH, C. R., CLOUT, M. N. & TOWNS, D. R. (eds.) *Island Invasives: Eradication and Management. Proceedings of the International Conference on Island Invasives.* Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 42. Gland, Switzerland and Auckland, New Zealand: IUCN and CBB.

AGUIRRE MUÑOZ, A., SAMANIEGO HERRERA, A., LUNA MENDOZA, L., ORTIZ-ALCARAZ, A., MÉNDEZ SÁNCHEZ, F. & HERNÁNDEZ MONTOYA, J. En prensa. La restauración ambiental extiosa de las islas de México: una reflexión sobre los avances a la fecha y los retos por venir. *In:* CECCON, E. & MARTÍNEZ-GARZA, C. (eds.) *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas.* México, D.F.: CRIM-UNAM y CONABIO.

COMITÉ ASESOR NACIONAL SOBRE EL TERRITORIO INSULAR MEXICANO 2012. *Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano,* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Marina-Armada de México y Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. México, D.F. y Ensenada, B.C.

CONABIO 2007. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas,* México, D.F., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacionla de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C.

INEGI 2013. Conjunto de Datos del Territorio Insular Mexicano Escala 1:50,000 versión 2.0. Aguascalientes, Ags.: Instituto Nacional Estadística y Geografía.

INEGI 2016. Censo de Población y Vivienda 2010, Principales Resultados por Localidad (ITER). Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI En prensa. *Catálogo del Territorio Insular Mexicano,* Aguascalientes, Ags., Subgrupo del Catálogo de Islas Nacionales del Grupo Técnico para la Delimitación de las Zonas Marítimas Mexicanas. INEGI, SEGOB, SEMAR, SEMARNAT, SRE, SCT, INECC, CONANP, UNAM.

LATOFSKI-ROBLES, M., AGUIRRE-MUÑOZ, A., MÉNDEZ-SÁNCHEZ, F., REYES-HERNÁNDEZ, H. & SCHLÜTER, S. 2014. Prioritazing restorarion actions for the islands of México. *Monographs of the Western North American Naturalist,* 7**,** 435-441.

LLORENTE-BOUSQUETS, J. & OCEGUEDA CRUZ, S. 2008. Estado del conocimiento de la biota. *In:* CONABIO (ed.) *Capital natural de México.* México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Plataforma de colaboración sobre
CAMBIO CLIMÁTICO
Y CRECIMIENTO VERDE
entre Canadá y México

Este documento fue desarrollado en el marco de la Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México, todos los derechos reservados

Derechos Reservados © 2017
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CDMX C.P.11000
www.mx.undp.org

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
Periférico sur 5000, Insurgentes Cuicuilco, CDMX. C.P. 04530
www.gob.mx/inecc

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Environment Canada Environnement Canada

PNUD
Al servicio de las personas y las naciones