

# UC San Diego

## Technical Reports

### Title

Archipiélago de Revillagigedo: Biodiversidad, Amenazas y Necesidades de Conservación

### Permalink

<https://escholarship.org/uc/item/31f8s4hj>

### Authors

Aburto-Oropeza, Octavio  
Ballesteros, Enric  
Ezcurra, Exequiel  
[et al.](#)

### Publication Date

2017-07-01

### Copyright Information

This work is made available under the terms of a Creative Commons Attribution-NonCommercial License, available at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



---

# ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO

---

*Biodiversidad, Amenazas y Necesidades de Conservación*

INFORME TÉCNICO

NATIONAL GEOGRAPHIC PRISTINE SEAS | MARES MEXICANOS



---

 NATIONAL GEOGRAPHIC

**PRISTINE  
SEAS**



**INFORME TÉCNICO**

**ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO**  
**BIODIVERSIDAD, AMENAZAS Y NECESIDADES DE CONSERVACIÓN**

**NATIONAL GEOGRAPHIC PRISTINE SEAS**  
**MARES MEXICANOS**

 NATIONAL GEOGRAPHIC

**PRISTINE  
SEAS**



**PRISTINESEAS.ORG**  
**MARESMEXICANOS.ORG**

## **Autores**

- ~ Octavio Aburto-Oropeza Scripps Institution of Oceanography / Mares Mexicanos
- ~ Enric Ballesteros Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC), España
- ~ Exequiel Ezcurra University of California Riverside
- ~ Alan Friedlander National Geographic Pristine Seas
- ~ Brad Henning National Geographic Pristine Seas
- ~ Mauricio Hoyos Pelagios-Kakunja
- ~ Andrew F. Johnson Scripps Institution of Oceanography / Mares Mexicanos
- ~ Ismael Mascareñas-Osorio El Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación
- ~ Juan S. Mayorga University of California, Santa Barbara
- ~ Alex Muñoz National Geographic Pristine Seas
- ~ Pelayo Salinas de León Charles Darwin Foundation / National Geographic Pristine Seas
- ~ Carlos Sánchez-Ortiz Universidad Autonoma Baja California Sur
- ~ Christopher Thompson University of Western Australia
- ~ Enric Sala National Geographic Pristine Seas

## RESUMEN EJECUTIVO

El archipiélago de Revillagigedo es un grupo de cuatro islas de origen volcánico – Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida – ubicadas aproximadamente 550 km al suroeste de Baja California y a unos 700 km al oeste de Manzanillo, Colima, México, en el Pacífico Tropical Oriental (PTO); (Figura I). Aunque relativamente poco estudiadas, la información existente sugiere la presencia de un ecosistema marino único y casi prístino. Pero este rico ambiente se encuentra bajo la amenaza de la pesca excesiva e ilegal. Este informe recompila resultados clave de estudios anteriores y de una expedición llevada a cabo por National Geographic Pristine Seas y Mares Mexicanos en abril del 2016, con el fin de evaluar la biodiversidad y salud de los ecosistemas marinos de las Islas Revillagigedo, así como las necesidades y oportunidades para su conservación.

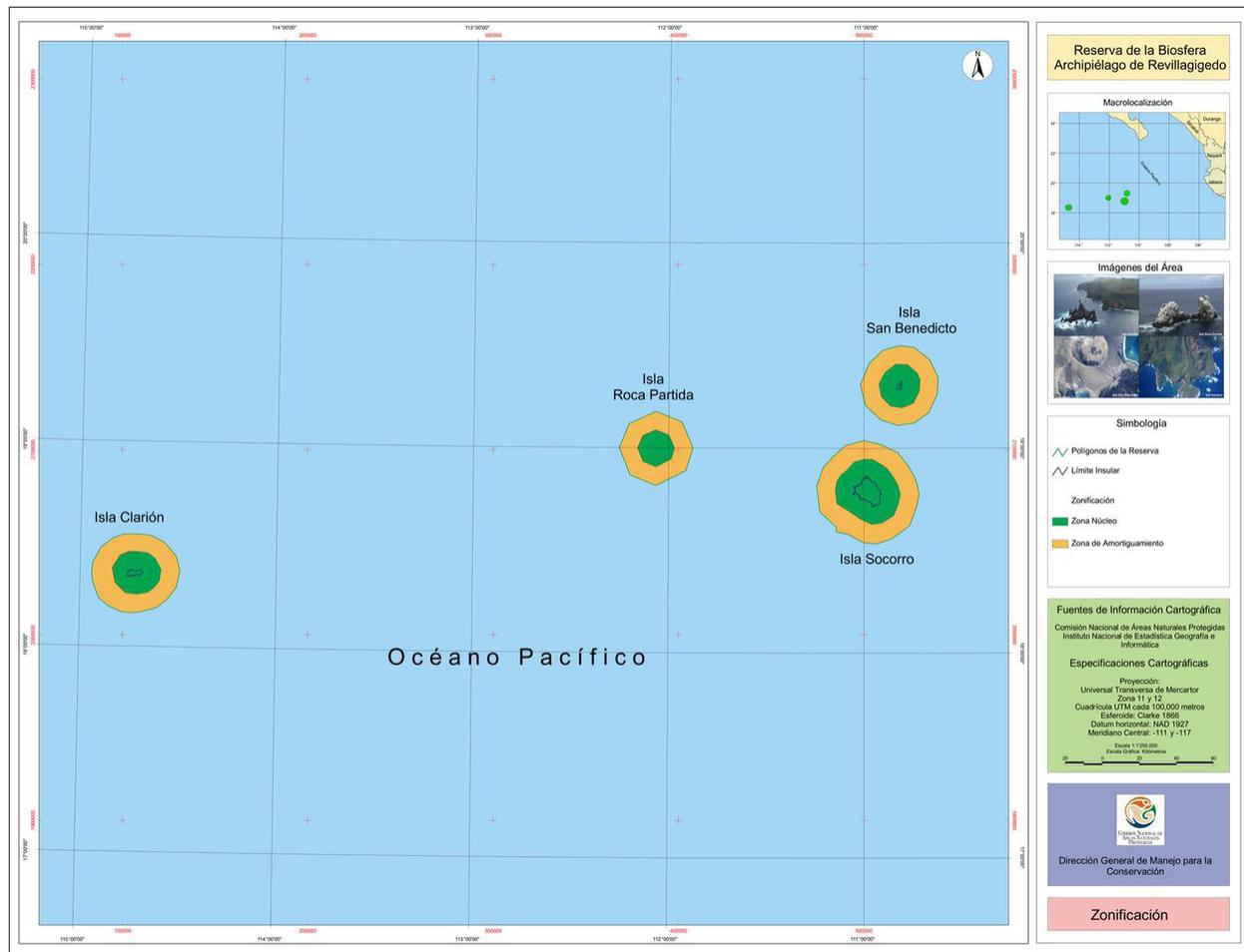


Figura I. El archipiélago de Revillagigedo, México (Tomado del Plan de Manejo, CONANP 2004)

## Biodiversidad y ecología

- Las Islas Revillagigedo son únicas porque albergan gran diversidad y abundancia de tiburones, con al menos ocho especies comúnmente observadas, incluyendo los tiburones tigres, sedosos y de Galápagos, especies casi amenazadas; y los tiburones martillo, especie amenazada en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

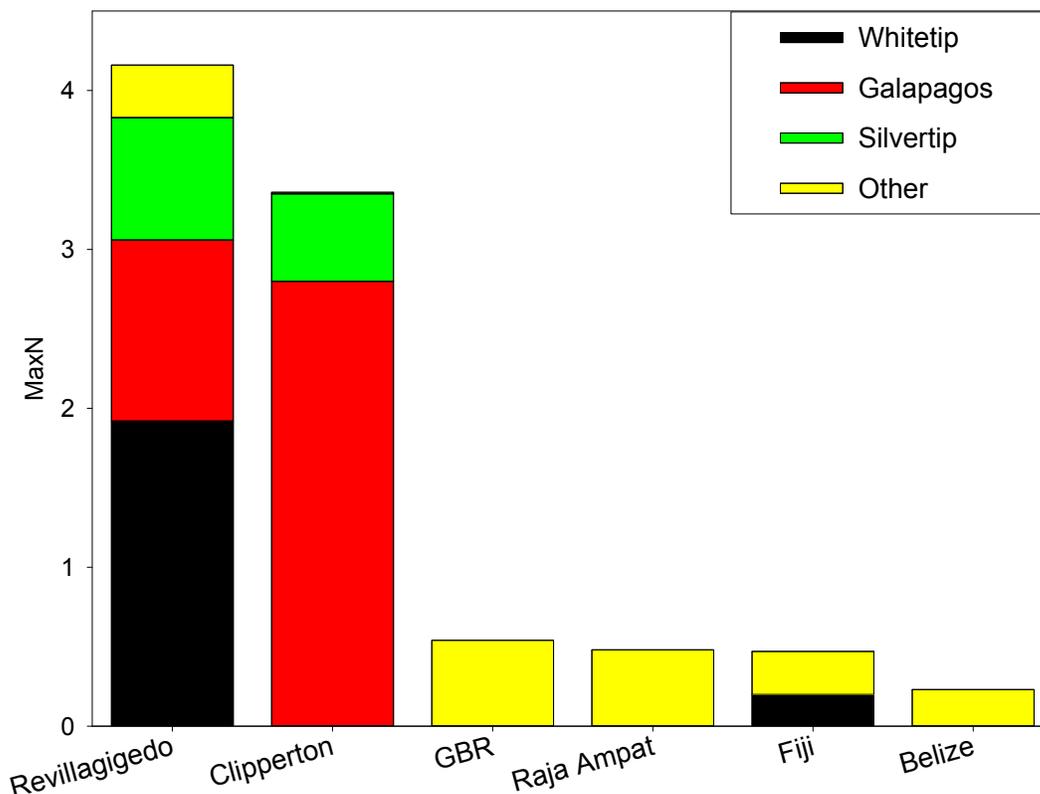


Figura II. Abundancia de tiburones en Revillagigedo medidas por cámaras de video remotas, en comparación con otras localidades a nivel global. MaxN= Numero máximo de tiburones registrado en un fotograma individual. GBR=Gran Barrera de Coral Australiana.

- La abundancia de tiburones (registrada por cámaras remotas) es la mayor reportada hasta la fecha en Norteamérica, y considerablemente mayor que en otras áreas protegidas a nivel global (Figura II). La presencia de tiburones de todos los tamaños, incluyendo hembras preñadas y juveniles, indica que las Revillagigedo son áreas clave de crianza y de reproducción.
- Abundancia excepcional de mantas oceánicas gigantes, *Manta birostris* (Figura III). Esta especie es considerada vulnerable en la lista roja de la UICN y es una de las mayores atracciones para el turismo de buceo en el área. Estudios con telemetría satelital han revelado que la población de mantas de Revillagigedo es local y no migra afuera del archipiélago. Esta falta de intercambio con otras poblaciones de mantas hace que la población de Revillagigedo sea más vulnerable a descensos en su abundancia.
- Gran biomasa de peces en arrecifes costeros, con Roca Partida albergando 8.5 toneladas por hectárea – la mayor biomasa en Norteamérica, comparable solamente con la Isla del Coco en Costa Rica, y segunda sólo a las islas Galápagos de Ecuador (Figura IV).



Figura III. Las manta rayas oceánicas (*Manta birostris*) son muy abundantes en el archipiélago de Revillagigedo.

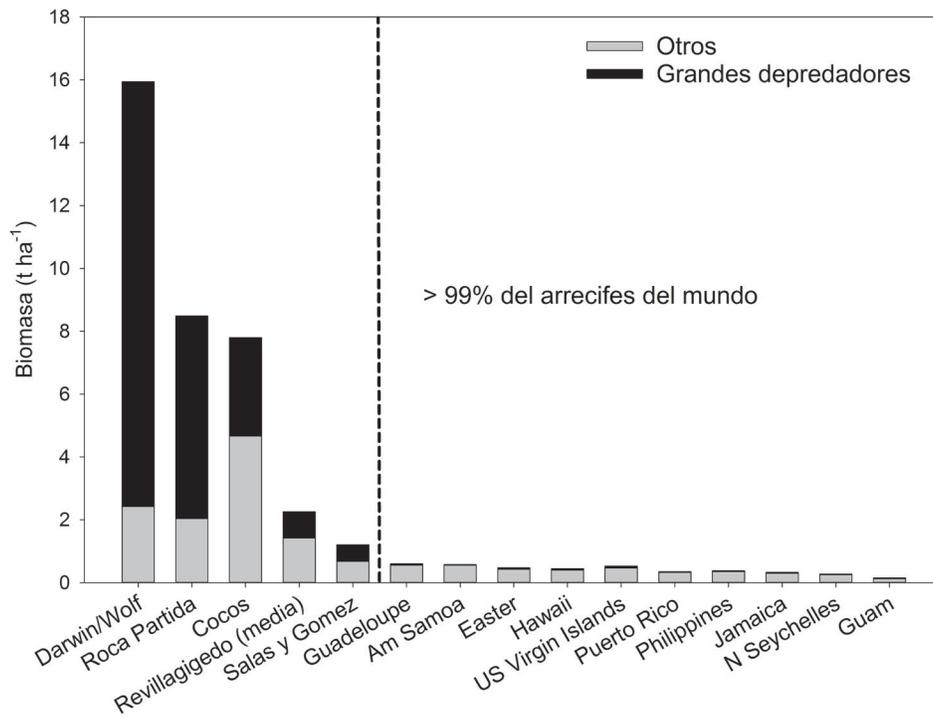


Figura IV. Biomasa de peces en arrecifes costeros en Roca Partida y Revillagigedo (en media) en comparación con otros sitios a nivel global.

- El aislamiento del archipiélago de Revillagigedo lo convierte en un importante puente para el movimiento de especies a lo largo del PTO. El papel de las islas como eje central de conectividad oceánica es importante para el potencial reabastecimiento de poblaciones de especies en otras áreas impactadas por perturbaciones climáticas y/o humanas, como la costa Pacífica Mexicana. El aislado archipiélago y sus aguas colindantes son refugio para 31 especies incluidas en la lista roja de especies amenazadas por la UICN como vulnerables (13), amenazadas (11), en peligro (5) y en peligro crítico (2). Muchas de estas especies han sido negativamente afectadas por desarrollo humano a lo largo de las costas densamente pobladas, resaltándose de nuevo la condición prístina del archipiélago en comparación con el resto de la región.



Figura VI. La nueva especie de abanico de mar *Pacifigorgia sp. (pristinae)*

- Gran abundancia de pepinos de mar (*Isostichopus fuscus*) y langostas (Figura V). Estas especies han sido fuertemente sobre-explotadas en el resto de México y el PTO. Las poblaciones en el archipiélago podrían representar una abundancia virgen, la cual debería ser usada como línea base para el manejo y medidas de conservación en otras zonas de México.
- Hábitats de profundidad casi inexplorados, que albergan gran abundancia de meros y jureles, y muchas especies nuevas para la ciencia esperando ser descritas (Figura VI). La exploración de arrecifes mesofóticos (de 50 a 200 m de profundidad) alrededor de las Revillagigedo registraron cinco especies de abanicos de mar y dos especies de esponjas nuevas para la ciencia, incluyendo el abanico *Pacifigorgia sp.* y *Aplysina sp.* que serán nombradas en honor a la expedición de Mares Prístinos (*pristinae*), y la presencia de tres especies de tiburones no antes registradas en el archipiélago incluyendo el tiburón negro espinoso (*Echinorhinus cookei*).



Figura V. Las langostas son muy abundantes a lo largo del archipiélago de Revillagigedo.

## El valor económico de Revillagigedo

- El valor directo de las actividades turísticas en el archipiélago de Revillagigedo es de US\$6.7 millones por año, y un valor indirecto de US\$7 millones que corresponde al concepto de gastos de viaje y la voluntad del turista a contribuir a la protección de la Reserva de la Biosfera.
- Solamente el valor económico de las mantas gigantes para la industria del turismo de buceo es más de US\$5 millones de dólares por año. Esta cifra es 57 veces más que el valor obtenido si se las pesca (Figura VII).

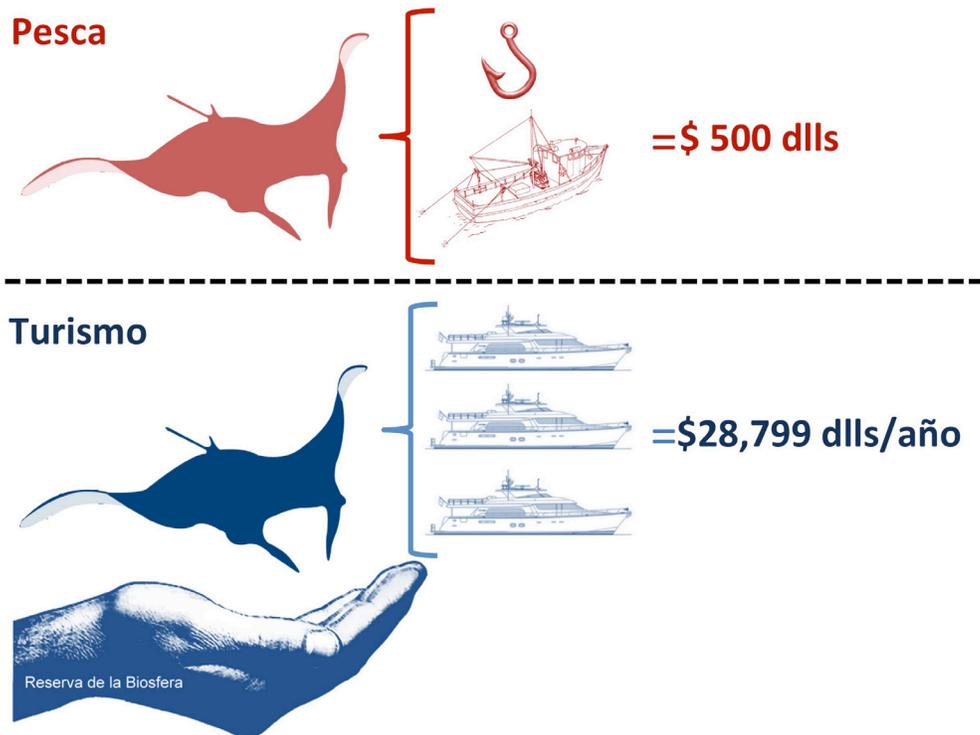


Figura VII. El valor económico de un manta raya oceánica gigante para la industria de turismo de buceo es mucho mayor que su valor pesquero.

- La pesca industrial – principalmente de atunes – en el área propuesta como reserva marina de no extracción (ver Figura X) representa sólo el 7% del esfuerzo pesquero de la flota atunera mexicana en el PTO, con unas capturas estimadas de 10.000 toneladas y unos beneficios de USD \$8.5 millones por año (Figura VIII).

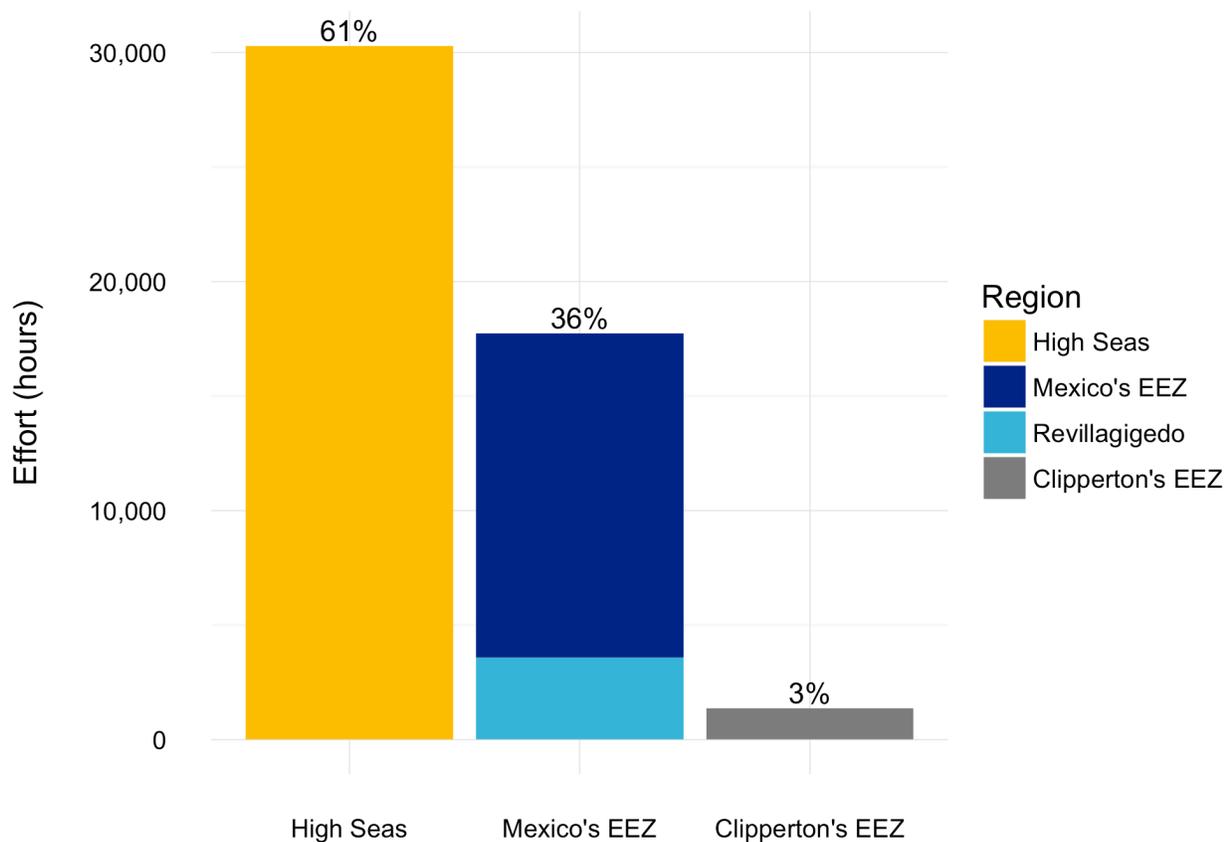


Figura VIII. Esfuerzo pesquero de la flota atunera Mexicana en el Pacífico Tropical Oriental.

### Amenazas

- La pesca legal excesiva, y la pesca ilegal y no regulada, están amenazando la integridad de los ecosistemas marinos únicos y frágiles del archipiélago de Revillagigedo.
- Pesca industrial y recreativa ilegal son frecuentemente observadas dentro del área protegida actual, incluyendo dentro del área de 6 millas completamente protegidas alrededor de las islas (Figura IX).



Figura IX. a. Un atunero industrial faenando de manera ilegal cerca de Roca Partida. (Photo a. por Jennifer Penner). b. un barco deportivo de E.U. pescando de manera ilegal cerca de Roca Partida.

- Observadores a bordo de barcos cerqueros industriales, han reportado pesca ilegal de tiburones, mantas y delfines alrededor de las Revillagigedo, lo cual reduce el valor ecológico y turístico de su ambiente marino. Aunque los atunes migran dentro y fuera del área protegida y pueden ser pescados en otro lugar, la matanza de tiburones y mantas residentes como pesca acompañante en las pesquerías de atún, o pescados de forma intencional ilegalmente, reduce las poblaciones de especies vulnerables y en peligro que están protegidas por la ley mexicana.

## **Necesidades de conservación**

- La información científica disponible apoya la expansión de la zona de no extracción en la reserva actual a un polígono que abarque un radio de 100 millas náuticas que rodean a cada una de las cuatro islas del Archipiélago de Revillagigedo. La nueva reserva totalmente protegida tendrá 278,758 km<sup>2</sup>, que corresponde al 8.9% de la Zona Económica Exclusiva de México (Figura X). Este es el modo más efectivo para preservar la integridad del patrimonio mundial de Revillagigedo y sus áreas de influencia.
- La base naval Mexicana en la isla de Socorro debería jugar un papel importante en el monitoreo, prevención y cese de actividades de pesca ilegal en la nueva reserva.
- Es poco probable que la pesca de atún será afectada por la nueva zona de no extracción, ya que sólo el 7% del esfuerzo pesquero de los atuneros mexicanos ocurre dentro del área propuesta como nueva reserva marina (Figura VIII) – y debido a que los atunes migran dentro y afuera del área, la flota pesquera puede pescarlos afuera. Grandes reservas marinas en otras zonas del mundo, como la reserva marina de Galápagos, han beneficiado a la flota industrial ya que la reserva mejora la reproducción dentro y ayuda a repoblar áreas cercanas abiertas a la pesca.
- El archipiélago de Revillagigedo fue nombrado Patrimonio Marino de la Humanidad por la UNESCO en Julio del 2016. Sin embargo, el presupuesto anual de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) para la pequeña área protegida es de sólo \$5000 – aunque los ingresos por las tasas del parque fueron una cifra diez veces mayor. México tiene el privilegio de tener un patrimonio de la humanidad, pero también la responsabilidad de asegurar la preservación de los valores naturales que la UNESCO consideró para la nominación. Actualmente, México no está mostrando ese compromiso.
- México hizo un compromiso internacional para proteger el 10% de sus aguas marinas para el 2020 bajo la convención de las naciones Unidas en Diversidad Biológica. Sin embargo, a fecha de Noviembre del 2016, sólo el 1.6% de la Zona Económica Exclusiva de México está bajo algún tipo de protección, y menos de uno por ciento (0.08%) bajo zonas de no extracción. Las áreas completamente protegidas de la pesca y otras actividades extractivas, funcionan totalmente al contrario que zonas protegidas de usos múltiples y que permiten pesca no sostenible dentro de sus límites, ya que son las únicas áreas donde se ha visto recuperación de los recursos marinos después de ser implementadas. La creación de esta gran reserva alrededor de Revillagigedo permitiría a México alcanzar su compromiso internacional – principalmente en zonas de no extracción, como los Estados Unidos, Chile y el Reino Unido ya han hecho.
- México se puede convertir en un líder global en conservación marina creando la reserva marina no extractiva más grande en Norte América. Este será el legado en conservación más grande en la historia de México.

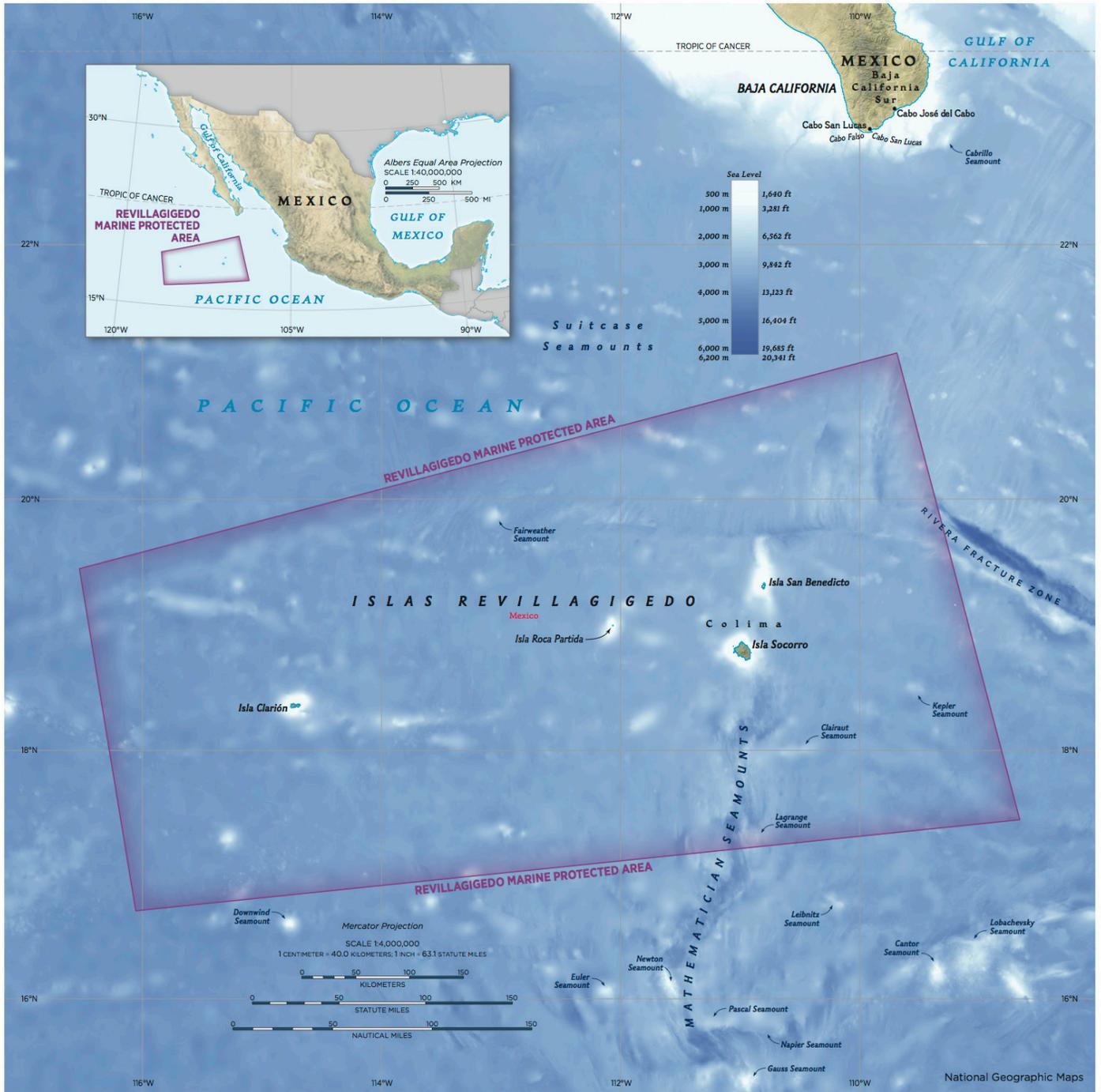


Figura X. Propuesta de expansión de la reserva no extractiva de Revillagigedo. El polígono alberga todas las aguas dentro de un radio de 100 millas náuticas alrededor de cada una de las cuatro islas. La nueva reserva tendrá 278,758 km<sup>2</sup> (alrededor del 9% de la zona económica exclusiva de México).

# INFORME TÉCNICO

## ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO BIODIVERSIDAD, AMENAZAS Y NECESIDADES DE CONSERVACIÓN

### NATIONAL GEOGRAPHIC PRISTINE SEAS MARES MEXICANOS

#### 1. Introducción

El archipiélago de Revillagigedo (de aquí en adelante Revillagigedo) es el ecosistema marino mejor conservado de México, y como tal, fue designado como reserva de la biosfera de la UNESCO en 1994, y como patrimonio mundial en el 2016. Una pequeña reserva marina 12 millas alrededor de cada una de las cuatro islas, brinda alguna protección para especies y ecosistemas costeros; sin embargo, la pesca ilegal y una protección insuficiente amenazan la integridad de esta joya marina de México. Este informe evalúa el valor ecológico y económico de Revillagigedo y sus aguas colindantes, las amenazas humanas a los ecosistemas, y las necesidades de conservación, específicamente la creación de una gran reserva marina no extractiva para preservar la integridad de este gran ecosistema oceánico.

#### 1.1. El Archipiélago de Revillagigedo

El archipiélago se encuentra entre las coordenadas 18° 20' y 19° 20' Norte, y 110° 46' y 114° 45' Oeste (Figura 1). En comparación con los otros archipiélagos Mexicanos, como las islas Marías, las islas de Revillagigedo están separadas por distancias de 100-400km, como resultado de eventos volcánicos independientes. Esta historia geológica ha favorecido un aislamiento más pronunciado, y han propiciado altos niveles de especiación y endemismo. El evento volcánico más reciente ocurrió en San Benedicto en Agosto-Diciembre de 1952 (Richards, 1964).

Las islas se encuentran en la frontera de dos regiones marinas, el giro del Pacífico y el océano Pacífico, un área de transición en términos de masas de agua, vientos prevalecientes y presiones atmosféricas (Ortega et al., 1995). Variaciones en la temperatura estacional e inter-anual son también características de una zona de transición biogeográfica y oceanográfica, y en promedio la temperatura de la superficie del mar varía entre 23-27°C anualmente, con un incremento de ~ 1.5°C durante el periodo caliente (Julio-Octubre) y un descenso de ~ 1.5°C durante el periodo frío (Marzo-Junio).

El archipiélago está bajo la influencia de la corriente de California, llevando aguas frías (15-21°C) de baja salinidad desde el norte, y por la contracorriente norecuatorial, que se origina desde la zona de convergencia intertropical, la cual trae agua caliente superficial de baja salinidad al área. Mientras que la corriente de California transporta nutrientes a Revillagigedo, la influencia de la masa caliente de agua ecuatorial lleva a concentraciones moderadas de fitoplankton y productividad primaria (Pennington *et al.*, 2006). Con menos frecuencia, las corrientes de Tehuantepec y Costa Rica también influyen las Revillagigedo (CONANP, 2003; Kessle, 2006; Ketchum 1998). En general, las condiciones oceanográficas favorecen la presencia de organismos de origen caliente, tropical e Indo-Pacífico (Garth, 1965, 1992; Bernard *et al.*, 1991; Lessios *et al.*, 1996; Edgar *et al.*, 2004).

Las cuatro islas son de origen volcánico y tienen una superficie total de 158km<sup>2</sup> (Richards, 1964; CONANP, 2003). Las islas están rodeadas por aguas en donde las condiciones son ideales para la presencia de especies emblemáticas, como el tiburón martillo, diversas especies de cetáceos, tres especies de tortugas marinas (Sarti *et al.* 2007), la manta raya oceánica gigante, y grandes peces pelágicos como jureles y túnidos. En el periodo de invierno, el archipiélago también es conocido como zona de reproducción de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) (Urban and Aguay, 1987). En tierra, el 31.6% de la fauna y flora es endémica, incluyendo todos los vertebrados terrestres. Estas incluyen un ave amenazada que esta siendo criada en cautiverio para su re-introducción, la Paloma de Socorro, *Zenaida graysoni*, y la colorida lagartija azul de Socorro *Urosaurus auriculatus*. Las especies introducidas continúan siendo una amenaza para la flora y fauna terrestre, mientras que el ecosistema marino esta amenazado por pesca ilegal y otras operaciones no reguladas.

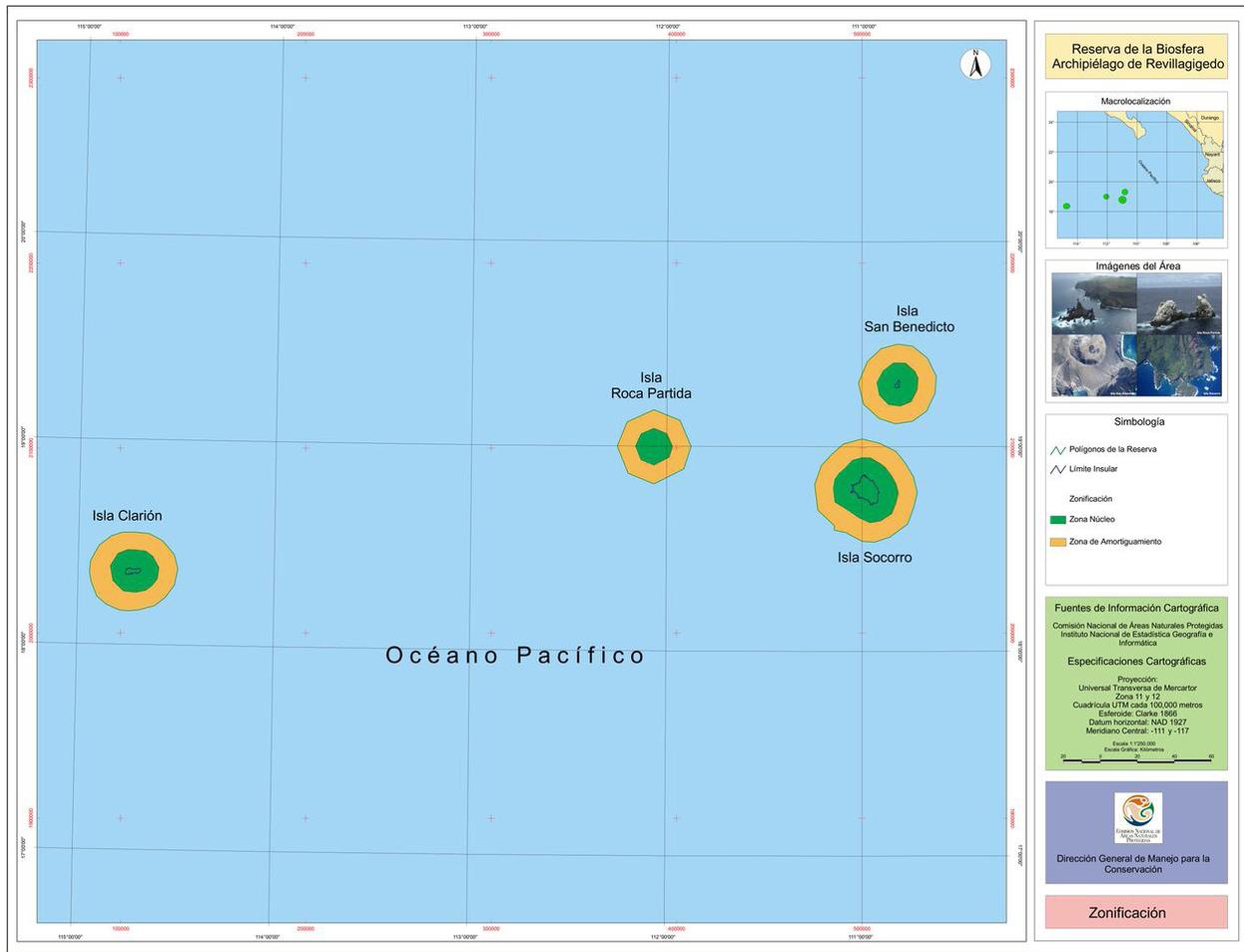


Figura 1. El Archipiélago de Revillagigedo.

Revillagigedo fue declarado reserva de la biosfera en 1994, y patrimonio de la humanidad en 2016. Hoy en día, visitantes que van a admirar la abundancia de mega-fauna carismática mantienen una pequeña industria de turismo de buceo. Los operadores turísticos operan de los puertos de la Baja California de Cabo San Lucas y La Paz, y se estima que de 1200 a 1500 turistas visitan las islas en aproximadamente 80 cruceros de buceo, normalmente entre Noviembre y Mayo. Las actividades humanas han estado en gran manera ausentes de las islas, debido a su aislamiento del continente y el uso de Socorro como base de la marina; sin embargo, tanto la pesca industrial como deportiva han sido una constante, casi íntegramente de manera ilegal.



*Un tiburón corta la superficie con agilidad entre una escuela de jureles.*

## **2. La biodiversidad de Revillagigedo**

### **2.1. Ecosistemas costeros**

#### **2.1.1. Tiburones**

28 especies de tiburón han sido registradas en las Revillagigedo (Fourriere *et al.*, 2016). De esas, al menos ocho fueron observadas durante la expedición del 2016. Un total de 200 tiburones pertenecientes a ocho especies diferentes fueron registradas en 2,880 horas de video grabado en cámaras remotas con carnada (BRUVS) (90 minutos por lance). La abundancia media de tiburones estandarizada (media del número máximo de tiburones registrado en un fotograma de video (MaxN)/hora) en las Revillagigedo fue de 4.16 ( $\pm 1.80$  DE). Los tiburones punta blanca de arrecife (*Triaenodon obesus*) fueron la especie más común 1.92 ( $\pm 1.25$  DE), seguidos de los tiburones de Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*) y punta plateadas (*Carcharhinus albigmarginatus*). El resto de especies registradas fueron los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*), tigre (*Galeocerdo cuvier*), sedoso (*Carcharhinus falciformes*), punta negra (*Carcharhinus limbatus*) y oscuro (*Carcharhinus obscurus*). Al menos una especie de tiburón fue detectada en cada una de las cámaras (n=32). Los tiburones punta blanca de arrecife fueron la especie más común (87.5% de los lances), seguidos de los Galápagos (62%) y tiburones plateados (56%). La riqueza de especies por BRUVS varió entre 1 y 5 (media  $\pm$  DE, 2.5  $\pm$  0.84), con el 43% de BRUVS con al menos 3 especies presentes.

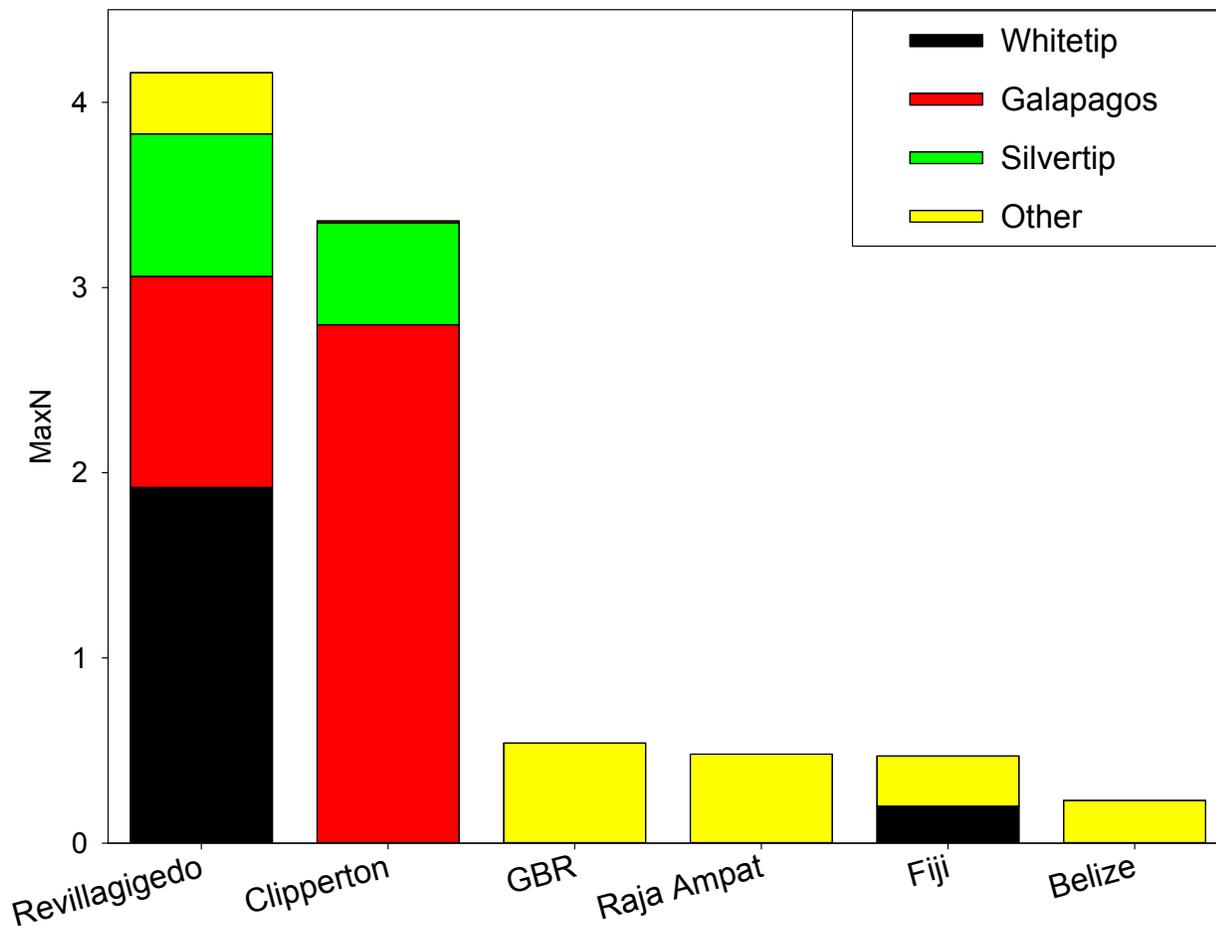


Figura 2. Abundancia de tiburones en Las Revillagigedo usando estaciones de video remotas con carnada (BRUVS) en comparación con otras localidades a nivel global. MaxN= Numero máximo de tiburones registrado en un fotograma individual. GBR=Gran Barrera de Coral Australiana.

Nuestros resultados indican una gran abundancia relativa de tiburones en Revillagigedo en comparación a otras localidades a nivel global donde los BRUVS han sido utilizados para cuantificar tiburones (Figura 2). Se detectó la presencia de tiburones a lo largo de las islas muestreadas (Socorro y San Benedicto) y los tiburones de punta blanca y de galápagos dominaron el ensamblaje, mientras que la mayor parte de las otras localidades a nivel global están dominadas por tiburones gris y tiburones de arrecife del Caribe.

Estudios previos usando BRUVS han evidenciado una reducción drástica en la abundancia de tiburones en áreas abiertas a la pesca, en comparación con zonas de no extracción (Bond *et al.* 2012, Goetze and Fullwood 2013, Jaiteh *et al.* 2016) y es ampliamente aceptado que la sobre-pesca ha reducido la biomasa de grandes peces depredadores en más de un 90% (Myers and Worm 2003).

### 2.1.2. Mantas gigantes oceánicas (*Manta birostris*)

La manta gigante, *Manta birostris*, es común en las cuatro islas del archipiélago y la atracción principal para la industria del turismo de buceo (Stewart *et al.* 2016a). Estudios recientes usando una combinación de telemetría satelital, isótopos estable y genética de poblaciones usando secuenciadores de nueva generación, han revelado que las mantas de Revillagigedo tienen un rango de hábitat reducido, con una alta fidelidad de sitio, y que no llevan a cabo grandes migraciones regionales, como se creía comúnmente (Stewart *et al.* 2016a). Las mantas equipadas con transmisores satelitales (Figura 3) se mantuvieron en un área de unos 70,000km<sup>2</sup>, durante los 6 meses de duración de los transmisores (Stewart *et al.* 2016a). Se observó además una separación completa entre las mantas marcadas en Revillagigedo y otras marcadas con los mismos dispositivos en la costa Pacífica de México continental, a pesar de que la distancia entre estas dos poblaciones es de apenas 600km.

Las mantas oceánicas muestran un comportamiento inusual desde el punto de vista de que se benefician principalmente de hábitats oceánicos, pero se mantienen dentro de un rango de hábitat relativamente restringido alrededor de las Revillagigedo. La concordancia en los resultados de marcaje satelital, isótopos estables y resultados genéticos sugieren que las mantas oceánicas forman sub-poblaciones bien estructuradas que se mantienen aisladas.

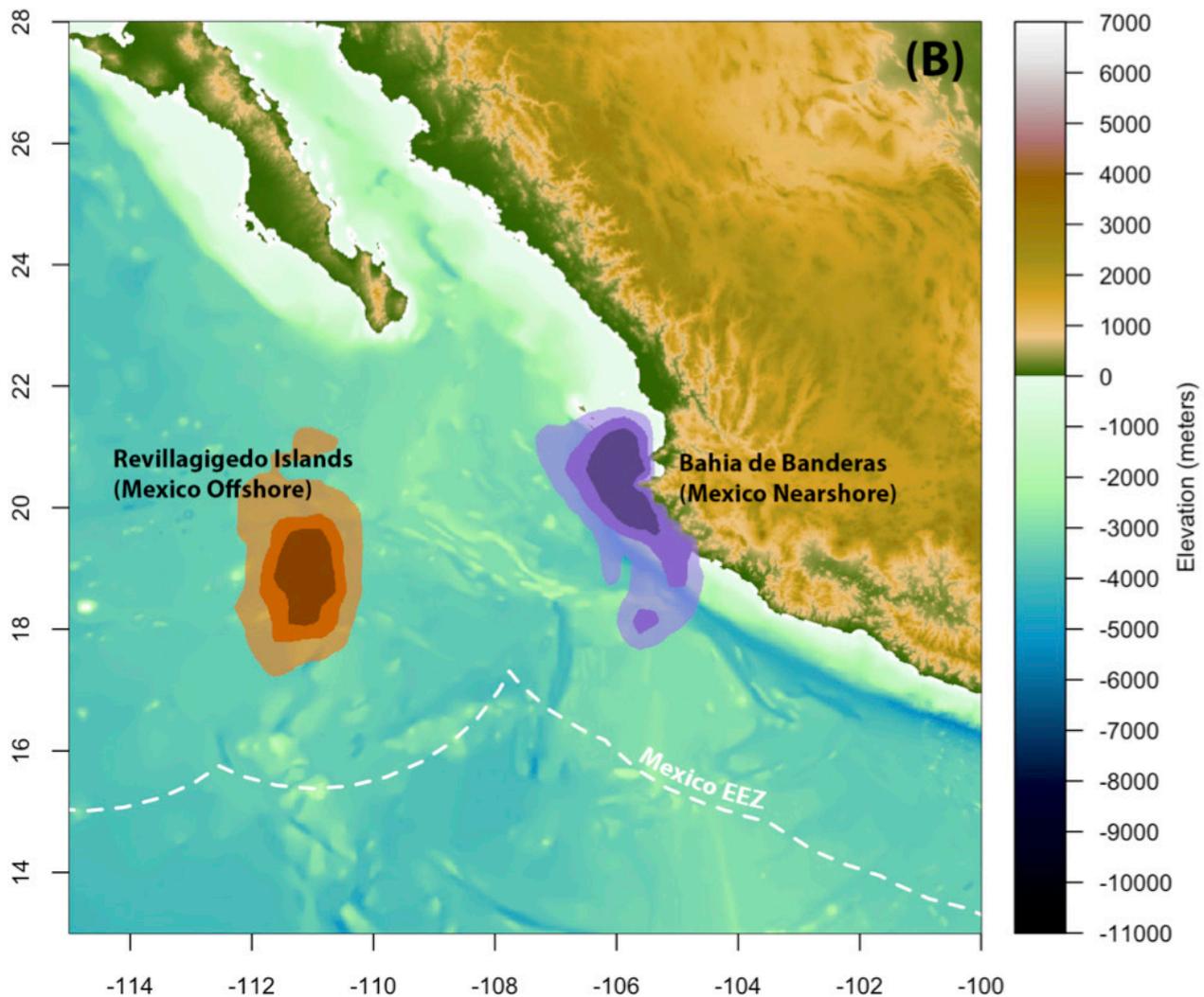


Figura 3. Densidad de probabilidad para marcas satelitales colocadas en mantas rayas oceánicas gigantes. El sombreado de claro a oscuro representa contornos de probabilidad del 95%, 75% y 50% de uso de hábitat. Obtenido de Stewart *et al.* (2016a)



*Como si fueran pintadas, las mantas se pueden identificar por medio de sus manchas ventrales.*

Comportamientos de buceo registrados en las marcas y observaciones en submarinos tripulados en Revillagigedo, indican que las mantas se alimentan comúnmente en capas profundas de dispersión compuestas de zooplankton (Stewart *et al.*, 2016b). Si estas capas de dispersión son una fuente principal de alimento para las mantas oceánicas, éstas podrían proveer de suficientes oportunidades de alimentación que apoyen el comportamiento residente, ya que las capas de dispersión en esta región se mantienen a lo largo del año (Stewart *et al.* 2016a,b).

Este alto nivel de residencia y la presencia de una sub-población aislada, hacen que las mantas oceánicas de Revillagigedo sean muy vulnerables a la pesca dirigida, así como la pesca incidental (Figura XI). Sin embargo, el establecimiento de una nueva reserva marina no extractiva que incluya el rango de hábitat alrededor del archipiélago sería muy efectiva en la protección de esta sub-población tan importante para la industria del turismo de buceo.

### **2.1.3. Peces de arrecife**

Las islas Revillagigedo y áreas cercanas albergan 389 especies de peces de arrecife, de las cuales 13 son endémicas (Fourriere *et al.*, 2016). La biomasa de peces en Roca Partida (8.49 t ha<sup>-1</sup>) es una de las más grandes en el mundo, segunda sólo después de las islas Darwin y Wolf en la Reserva Marina de Galápagos y comparable a la isla del Coco en Costa Rica (Figura 4). La biomasa en Roca Partida fue 3.8 veces más grande que en Socorro y 5.4 más grande que en San Benedicto. La biomasa media del archipiélago es comparable con las grandes biomásas reportadas en otras reservas marinas, y mayor que en el 99% de los arrecifes del mundo (Figure 4). Además, aproximadamente un 30% de la biomasa total de peces costeros fueron depredadores tope (con un valor máximo en Roca Partida de 75%).

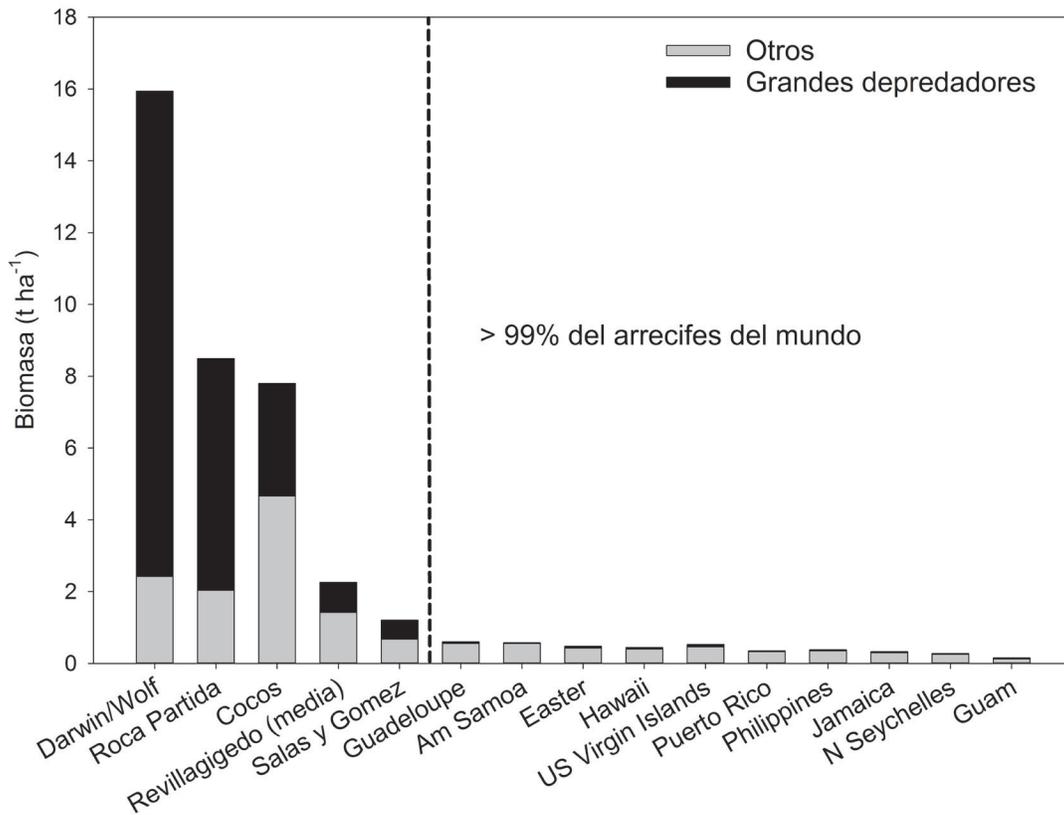


Figura. 4. Biomasa de peces de arrecife en Revillagigedo en comparación con otros lugares a nivel mundial.

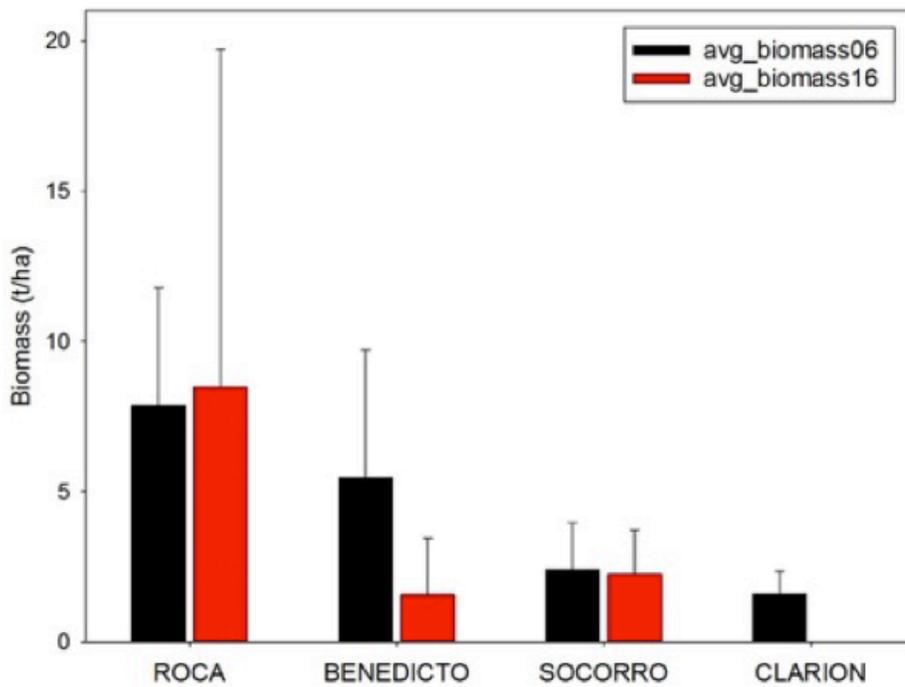


Figura 5. Biomasa de peces de arrecife en Revillagigedo comparada entre 2016 y 2006.

Comparamos nuestros resultados de 2016 con datos obtenidos alrededor del archipiélago diez años (Hull *et al.*, 2006). No hubo diferencias significativas entre las tres islas en riqueza de especies o abundancia media total, a excepción de una pequeña reducción en la biomasa de peces en San Benedicto, potencialmente debido a una diferencia en esfuerzo de muestreo (Figura 5).

#### 2.1.4. Invertebrados comerciales

Los arrecifes de Revillagigedo albergan poblaciones altas de pepinos de mar y langosta, lo que sugiere densidades vírgenes y saludables en ausencia de pesca. Estas especies están severamente sobre-explotadas a lo largo de la costa Mexicana. Cuatro especies de langostas están presentes en el Pacífico Mexicano: *Panulirus interruptus*, *P. inflatus*, *P. gracilis* and *P. penicillatus*. Las últimas tres son especies tropicales y *P. interruptus* (langosta espinosa de California) es una especie templada que mantiene una pesquería en el oeste de la península de Baja California. La especie insular es *P. penicillatus* y es común en Revillagigedo (Briones & Lozano, 1982). Registramos *P. penicillatus* en todas las islas visitadas, especialmente en San Benedicto y Socorro, en densidades de 0.07 – 0.36 ind/m<sup>2</sup>. Aunque referencias históricas indican que las langostas solían ser abundantes en el Golfo de California, hoy en día es difícil observar langostas en arrecifes rocosos, y la abundancia máxima registrada en transectos lineales es de 0.03/m<sup>2</sup> (Vega *et al.*, 2010). Los Pescadores del Golfo aplican un gran presión pesquera en las poblaciones de langosta, en una pesquería que esta sin regulación alguna. En Revillagigedo, registramos individuos desde 12 a 52 cm de Longitud Total (LT), y una distribución de tallas dos veces más grande que en el Golfo de California. El pepino de mar *Isostichopus fuscus* es el sexto macro-invertebrado más abundante en Revillagigedo, dominando en las islas más grandes (Socorro, San Benedicto, Clarion). La densidad media del pepino en el archipiélago varió entre 0.08 y 0.45 ind/m<sup>2</sup>, una densidad mucho más alta que en la costa Mexicana. En el Golfo de California, *I. fuscus* era muy importante comercialmente, y las capturas reportadas alcanzaron 1750 toneladas en 1991 (Herrero-Pérezrul and Chávez-Ortiz, 2003). La demanda fue tan alta que las poblaciones de pepinos en México, Costa Rica y Ecuador empezaron a mostrar signos de sobre-explotación (Reyes-Bonilla y Herrero-Pérezrul, 2003) y esto resulto en el cierre de la pesquería en 1994. Desde el 2003 la pesquería ha sido re-abierta, pero las cifras en el Golfo de California sugieren que las poblaciones de pepino de mar no se han recuperado y que la pesquería aún tiene un efecto negativo en las densidad poblacional.





Figura 6. Imágenes de las cámaras remotas de los nuevos registros para las Revillagigedo, el tiburón gato de nariz larga (izquierda) y la quimera púrpura (derecha).

## 2.2. Ecosistemas de profundidad

Las profundidades marinas son el ecosistema menos documentado de las Revillagigedo. Durante nuestra expedición de 2016, llevamos a cabo censos de biodiversidad mediante el uso de cámaras remotas (las Dropcams de National Geographic) e inmersiones a bordo de submarinos tripulados con el objetivo de llenar esta laguna de conocimiento. Cuatro phyla, compuestos de 28 familias y 29 especies fueron observados durante un total de 15 lanzamientos de Dropcam en hábitats de profundidad entre 50 y 2,285 metros de profundidad. La especie registrada de pez más abundante fue el mero (*Epinephelus cifuentesi*); tiburones y rayas de profundidad también fueron numerosos (Figura 6). Registramos por primera vez en el archipiélago las especies de aguas profundas: tiburón dormilón del Pacífico (*Somniosus pacificus*), la chimera púrpura (*Hydrolagus purpureus*), tiburón gata de nariz larga (*Apristurus nasutus*), tintorera negra (*Centroscyllium nigrum*) y la raya de profundidad (*Bathyraja abyssicola*).

Llevamos a cabo un total de 23 inmersiones a bordo del submarino tripulado hasta profundidades de más de 200m. Registramos 10 phyla, comprendiendo 70 familias y 117 especies. Los carángidos (jureles) y los condriactos (tiburones), fueron comunes en las inmersiones profundas en las Revillagigedo. De estas, el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) fue el más abundante (56 avistamientos) y se registro frecuentemente (73% de los censos), seguido del tiburón de Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*) con 56 avistamientos en el 43% de los censos y el tiburón martillo con 42 avistamientos en el 13% de los censos. La mata raya oceánica fue observada en el 48% de los censos, y documentamos comportamiento de alimentación en profundidades de 100-150m, un comportamiento que fue recientemente descubierto para esta especie en las islas (Stewart *et al.* 2016b). Registramos una gran abundancia de especies de arrecifes en arrecifes mesofóticos (50-200m) con grandes abundancias del mero olive (*E. cifuentesi*), pargo rojo del Pacífico (*Lutjanus peru*), jureles negros (*Caranx lugubris*) y palometas (*Seriola rivoliana*); todas ellas especies de peces de gran valor comercial y cuya abundancia en otros lugares de la costa continental de México ha sido ampliamente reducida debido a la sobre-pesca.

El sustrato dominante registrado durante las inmersiones en el submarino fueron riscos rocosos seguido de riscos rocoso diagonales y zona de cantos rodados. En el fondo observamos cuatro familias y nueve especies de corales, gorgonias y plumas de mar. Las gorgonias (abanicos de mar) fueron diversos y abundantes, con al menos cuatro especies en el 43% de los censos. Otros phyla observados fueron artrópodos (principalmente crustáceos), anélidos (incluyendo gusanos poliquetos), briozoos, tenóforos, equinodermos (estrellas de mar), moluscos (caracoles) y esponjas. Algunas de las colecciones y nuestras observaciones podrían ser nuevas especies para la ciencia (actualmente siendo revisados en detalle), incluyendo un nuevo registro de profundidad máxima para la langosta espinosa (*P. interruptus*).

### 2.3. Ecosistemas de alta mar

Llevamos a cabo la primera evaluación sistemática del ambiente pelágico mediante el uso de cámaras remotas de media agua con carnada a la deriva alrededor de las islas de Roca Partida, Socorro y San Benedicto. Nuestros censos documentaron abundante vida pelágica, especialmente en los sectores este y sureste de las islas. Registramos un total de 20 especies de peces y un cetáceo, el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*). La especie de pez más abundante fueron los jurelitos (*Decapterus* spp.), una fuente importante de alimento para peces depredadores y aves marinas. El atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) fue la segunda especie pelágica más abundante, lo que resalta la importancia del archipiélago como un área de alimentación y reproducción para esta especie de gran valor comercial. Otras especies de peces pelágicos de interés comercial para la pesca industrial y deportiva registrados fueron: el guajo (*Acanthocybium solandri*), el dorado (*Coryphaena hippurus*), el marlín azul (*Makaira mazara*) y el marlín rayado (*Kajikia audax*). Los tiburones fueron también comunes y la especie más abundante fue el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformes*), presente en el 92% de los censos; seguido del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), especie amenazada, y el tiburón de Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*).

### 2.4. Revillagigedo como un punto de conexión ecológica

Los ecosistemas que han sido negativamente afectados por el desarrollo humano y/o cambio climático dependen de poblaciones semillas para su repoblación. Las Revillagigedo no es una excepción. Las islas ayudan a mantener conectividad genética entre el norte y sur del Pacífico Mexicano y sirven como una fuente de semillas para la recuperación de ecosistemas en zonas adyacentes impactadas por desarrollos costeros (López-Perez *et al.*, 2015). Además de la importancia del archipiélago para la conectividad de especies de coral, mega-fauna marina como cetáceos, tortugas y aves marinas usan las islas como escala durante sus grandes migraciones. Dutton *et al.* (2014) atribuye mucha de la radiación genética de la tortuga marina verde del Pacífico (*Chelonia mydas*), especie amenazada, debido a islas aisladas como las Revillagigedo o Hawaii. Actuando como fuentes y receptores de diversidad, las Revillagigedo brindan a muchas poblaciones marinas con importantes oportunidades de radiación. Las Revillagigedo tienen una gran influencia en el gran grado de estructura poblacional en los movimientos de poblaciones del Pacífico de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*), ya que son un punto de referencia para la migración hacia áreas de alimentación para un estimado de 2200-2800 ballenas (Calambokidis *et al.* 2008). Muchas de estas ballenas hacen repetidas visitas anuales al archipiélago.

Mantas oceánicas gigantes (*M. birostris*) y varias especies de tiburones, incluyendo los tiburones sedosos (*C. Falciformes*), punta plateadas (*C. albimarginatus*) y tigres (*Geleocerdo cuvier*) realizan movimientos estacionales entre las cuatro islas de Revillagigedo, e incluso la costa Pacífica Mexicana (Figura 7). Los censos han indicado la presencia de hembras embarazadas, lo que sugieren la importancia del archipiélago como zona de cría; y juveniles de estas especies son comúnmente registrados alrededor de las islas de Socorro y San Benedicto, lo que resalta la importancia de estas islas también como zona guardería. Durante estos movimientos entre islas, las mantas y tiburones tienen que navegar las aguas no protegidas entre islas, por lo que son vulnerables a la pesca directa e incidental de barcos de cerco y palangreros. El establecimiento de un área no extractiva que integre todas las islas sería un paso clave para conservar estas especies amenazadas con extinción a nivel global.

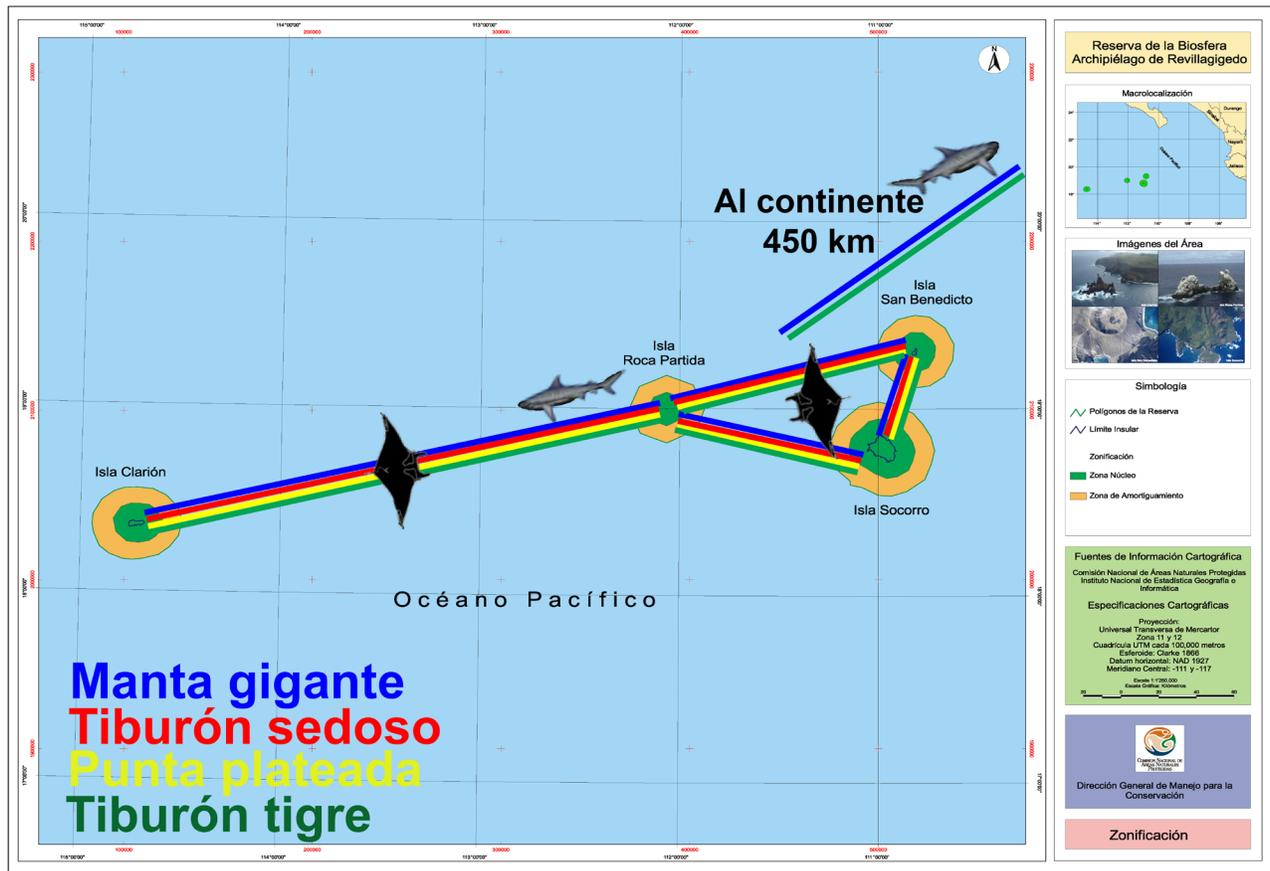


Figura 7. Patrones de movimiento de mantas y tiburones en Revillagigedo. Información facilitada por el Dr Robert Rubin (Universidad de Santa Rosa, California) y Dr. Mauricio Hoyos Padilla ( Pelagios-Kakunja).

## 2.5. Un área clave para especies amenazadas y protegidas

Aunque remotas y ampliamente deshabitadas, las Revillagigedo albergan 197 especies que están incluidas en las Lista Roja de especies amenazadas de la UICN, la convención en el comercio internacional de fauna y especies silvestres (CITES) y la convención de especies migratorias (CMS). Esto incluye 5 especies de tortugas marinas, 12 aves migratorias y 14 especies de cetáceos, muchas de las cuales usan las islas como refugio y área de descanso durante grandes migraciones. Además, las islas de Clarión y Socorro tienen zonas de anidación importantes para las tortugas marinas verdes del Pacífico (*Chelonia mydas*), especie amenazada a nivel global. Además de la gran diversidad marina, las islas albergan 31 especies terrestres incluidas en la lista roja de la UICN como vulnerables (13), amenazadas (11), en peligro (11) y en peligro crítico (2). Veinticinco especies están incluidas en el Apéndice I y II de CITES y 22 adicionales en la CMS. La pardela de Townsend (*Puffinus auricularis*), especie en peligro crítico, con apenas 100 parejas reproductoras y una población total estimada de entre 250-999 individuos adultos, es endémica del Cerro Evermann en la isla de Socorro, el punto más alto del archipiélago. La mayor amenaza para esta y la mayor parte de especies nativas terrestres, es la depredación y pérdida de hábitat de anidación causadas por especies introducidas. Hasta 1988, la pardela de Townsend tenía otra colonia de reproducción en la isla Clarión, pero el hábitat de anidación fue destruido por cerdos, ovejas y Conejos introducidos. Esta y otras aves oceánicas, como el albatros de Laysan (*Phoebastria immutabilis*) que también anida en la isla de San Benedicto, llevan a cabo frecuentes viajes de larga distancia para alimentarse en alta mar, lo cual resalta aún más la importancia de mantener el ecosistema marino saludable para la supervivencia de estas especies amenazadas.

### 3. El valor económico de Revillagigedo

#### 3.1. Turismo

El valor total de las actividades turísticas en el Archipiélago de Revillagigedo es de USD \$14 millones por año (Ruiz-Sakamoto 2015). Estimamos un ingreso directo anual de \$7 millones, además de unos USD \$7 millones en gastos indirectos como gastos de viaje y buceo; \$53000 por año adicionales se originan en el pago de las tasas del parque a la CONANP (\$28 por persona), que cada uno de los aproximadamente 1,900 turistas que visitan anualmente tienen que cubrir. Adicionalmente, la disponibilidad de los turistas a pagar por mantener el ecosistema de Revillagigedo, es en media \$153 dólares, lo que resultaría en un ingreso adicional de \$343,900 si se tienen en cuenta todos estos turistas.

La manta gigante, *M. birostris*, juega un papel principal en la atracción de turistas a las Revillagigedo, y fue nombrada por el 54% de los turistas encuestados como la primera razón para su visita (Figura 8). De este modo, nuestro estudio sugiere que el buceo con mantas genera un beneficio anual total de \$7.5 millones por año. Después de las mantas, los tiburones fueron el segundo animal más popular para los turistas (23%); los mamíferos marinos los terceros (20%); y el 3% restante seleccionó otros. Estos números están en concordancia con el estudio de O'Malley *et al.* (2013), donde el valor estimado de las actividades de buceo con mantas gigantes fue valorado en unos \$10 millones por año.

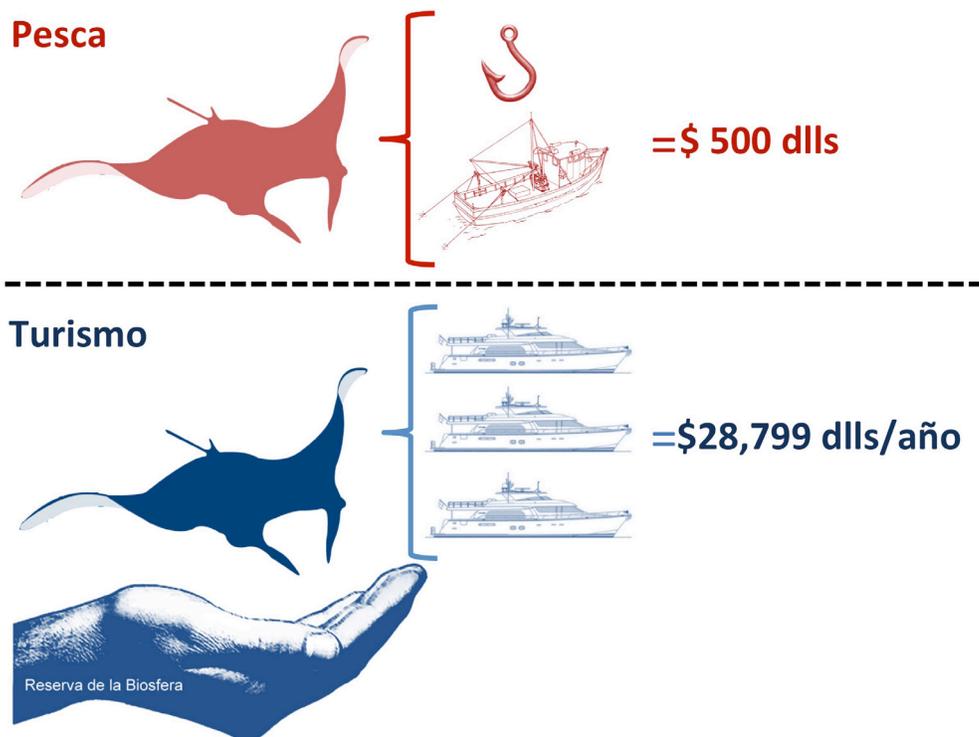


Figura 8. El valor económico de un manta raya oceánica gigante para la industria de turismo de buceo in mucho mayor que su valor pesquero.

### 3.2. Pesca

Información satelital del movimiento de barcos industriales reveló que 22 embarcaciones (20 Mexicanas, 1 embarcación recreativa de los EEUU y 1 embarcación desconocida) pasaron un total de 265 días de pesca dentro del área propuesta como zona de no extracción alrededor de las islas. Esto representa sólo el 7% del esfuerzo pesquero de la industria atunera Mexicana (Figura 9).

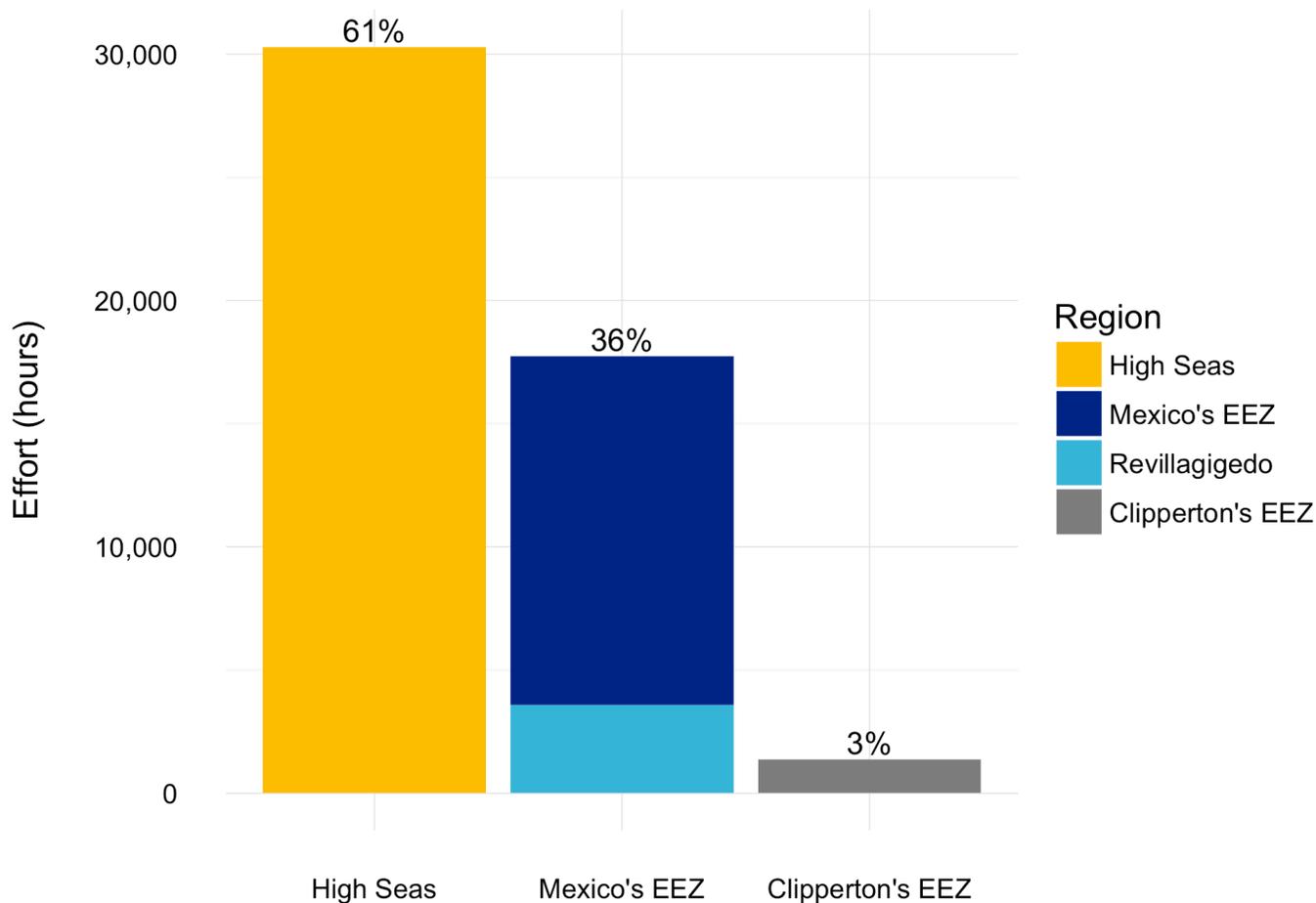


Figura 9. Esfuerzo pesquero de la flota atunera Mexicana en el Pacífico Tropical Oriental.

Dividiendo las capturas reportadas por la cantidad de energía usada en la pesca (En Kw/h), estimamos que en 2015 aproximadamente 10,000 toneladas de capturas fueron obtenidas dentro de la nueva reserva de no extracción propuesta. Esto es equivalente al 10% de la captura total de la flota atunera de cerco Mexicana en el PTO. La flota atunera en el PTO reportó unas capturas medias de 100.000 toneladas anuales a lo largo de la última década (2005-2015, CONAPESCA). El valor estimado de esta producción media de 10 años fue de \$85 millones por año, principalmente por la captura de atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Considerando que el 10% de estas capturas son dentro del área propuesta como nueva zona de no extracción, el valor total de la pesca de atún alrededor de las Revillagigedo tan sólo es de \$8.5 millones por año.

## *Jureles y tiburones entre el azul profundo.*

Embarcaciones de pesca recreacional de los EEUU llevan a cabo viajes de pesca deportiva de manera frecuente, principalmente de puertos como San Diego, California. Un estimado de 7 embarcaciones de este puerto solicitan permisos de pesca al gobierno Mexicano cada dos años para pescar alrededor de las islas, con un valor estimado menor de \$100 por pescador por viaje (Link: Solicitud de Licencia de Pesca). Bajo la legislación actual, las embarcaciones deportivas solo tienen permitido pescar por fuera de las 12 millas náuticas de la reserva marina y zona de amortiguamiento actual. Sin embargo, hay abundantes pruebas en artículos de pesca deportiva en línea (<http://www.sportfishingmag.com/travel/north-america/mexico-s-revillas-treasure>) y material audiovisual en el internet, dónde documentan claramente que no se respetan estas leyes (Figura 10).



Figura 10. Pesca deportiva ilegal dentro de la zona de no pesca de 6 millas náuticas alrededor de Roca Partida.

## **4. Amenazas**

La pesca ilegal es sin lugar a dudas la mayor amenaza para la integridad de los ecosistemas marinos de Revillagigedo. Información disponible prueba unos altos niveles de dicha pesca, no reportada y sin regular dentro de la actual área protegida – por parte tanto como de la flota atunera industrial como de los operadores de pesca deportiva (Figura 11). Datos de posicionamiento satelital de embarcaciones e información grafica de cerqueros, palangreros y embarcaciones deportivas tanto Mexicanas como de Los Estados Unidos (EEUU), muestran evidencias de estas actividades y varios de los operadores de buceo en las islas han denunciado estos hechos a las autoridades y canales de TV nacionales. Estas actividades de pesca ilegales tienen como objetivo la captura de grandes depredadores como tiburones, atunes y meros, pero también producen pesca incidental y mortandad de especies protegidas y amenazadas de tortugas marinas, delfines y mantas gigantes (Lewison *et al.* 2014), especies que son clave para mantener los ecosistemas marinos saludables y atraer cientos de turistas anualmente. Como ejemplo, las poblaciones de tortugas marinas del Golfo de California ya han sido ampliamente diezgadas por las pesquerías de pequeña escala artesanales (Mancini *et al.* 2012).

Durante la expedición de Pristine Seas 2016, dos embarcaciones atuneras fueron sorprendidas calando artes de pesca dentro del área protegida al norte de San Benedicto, lo que sugiere que la vigilancia y control actual no es efectivo. Estos registros contribuyen con nueva evidencia que sugiere que el furtivismo es común. La nueva área protegida permitirá una vigilancia más efectiva al mantener a las embarcaciones a 100 millas náuticas de las costas de las islas, donde las especies mas vulnerables e importantes se encuentran distribuidas.

## Barcos pesqueros dentro de Revillagigedo en 2015

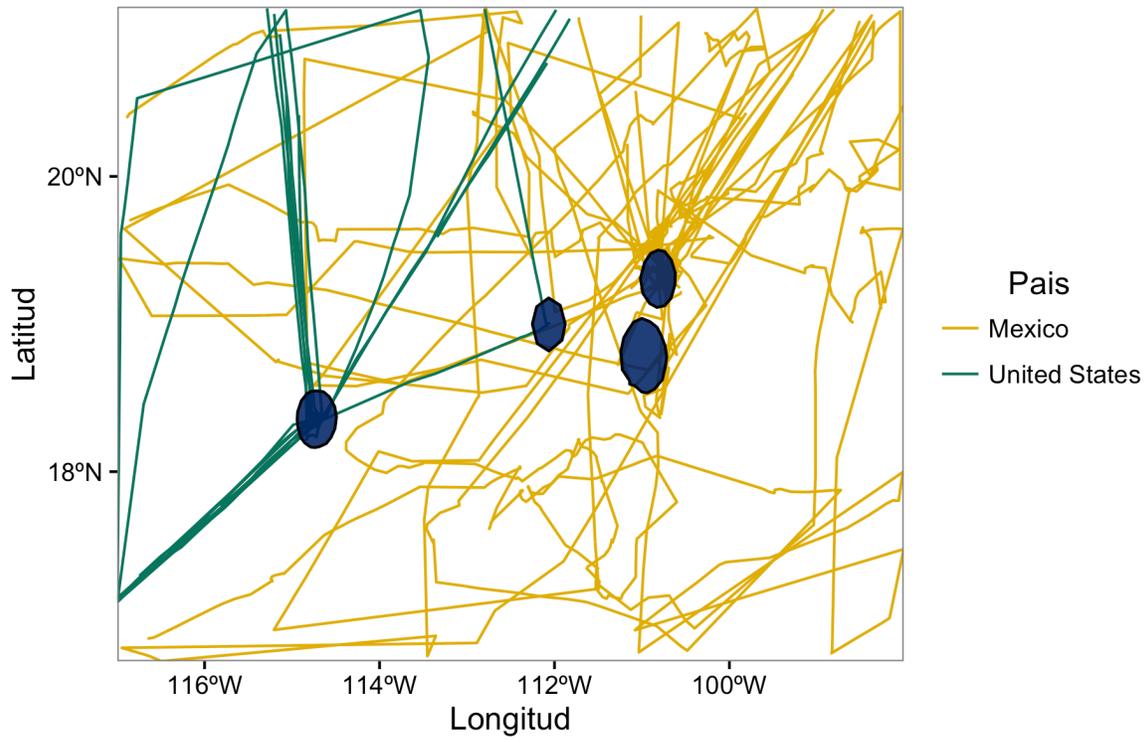


Figura 11. Seguimiento satelital de embarcaciones industriales y deportivas realizando actividades de pesca dentro del actual área protegida de Revillagigedo. Fuente: Global Fishing Watch.

## 5. Necesidades de conservación

La diversidad y salud del ecosistema del archipiélago de Revillagigedo ya ha atraído interés nacional e internacional, y México ha tomado importantes pasos en la última década para asegurarse que los esfuerzos de conservación mejoran. La reserva de la biosfera fue establecida alrededor de las islas en 1994 (Ortega *et al*, 1995), y en 1996, el Comité Científico para la Conservación y Restauración del Archipiélago Revillagigedo se fundó con el solo propósito de proteger las Revillagigedo. El decreto de la Zona Marina Profunda Pacífico Transicional Mexicano y Centroamericano asesoró además a México para proteger áreas por encima de 400m de profundidad dentro de la Reserva de la Biosfera. La protección de estos hábitats infravalorados, que albergan áreas únicas caracterizadas por extremos geológicos y biológicos, es fundamental si es que se quiere preservar la integridad del ecosistema oceánico de Revillagigedo.

En el año 2002, México declaró un área protegida alrededor de cada una de las islas de Revillagigedo. Cada isla alberga una zona núcleo de 6 millas donde se prohíben las actividades extractivas, y una zona de amortiguamiento marino entre las 6 y 12 millas náuticas (Figura 12). El área total representado por estos polígonos es solo 6,367.2 km<sup>2</sup>.

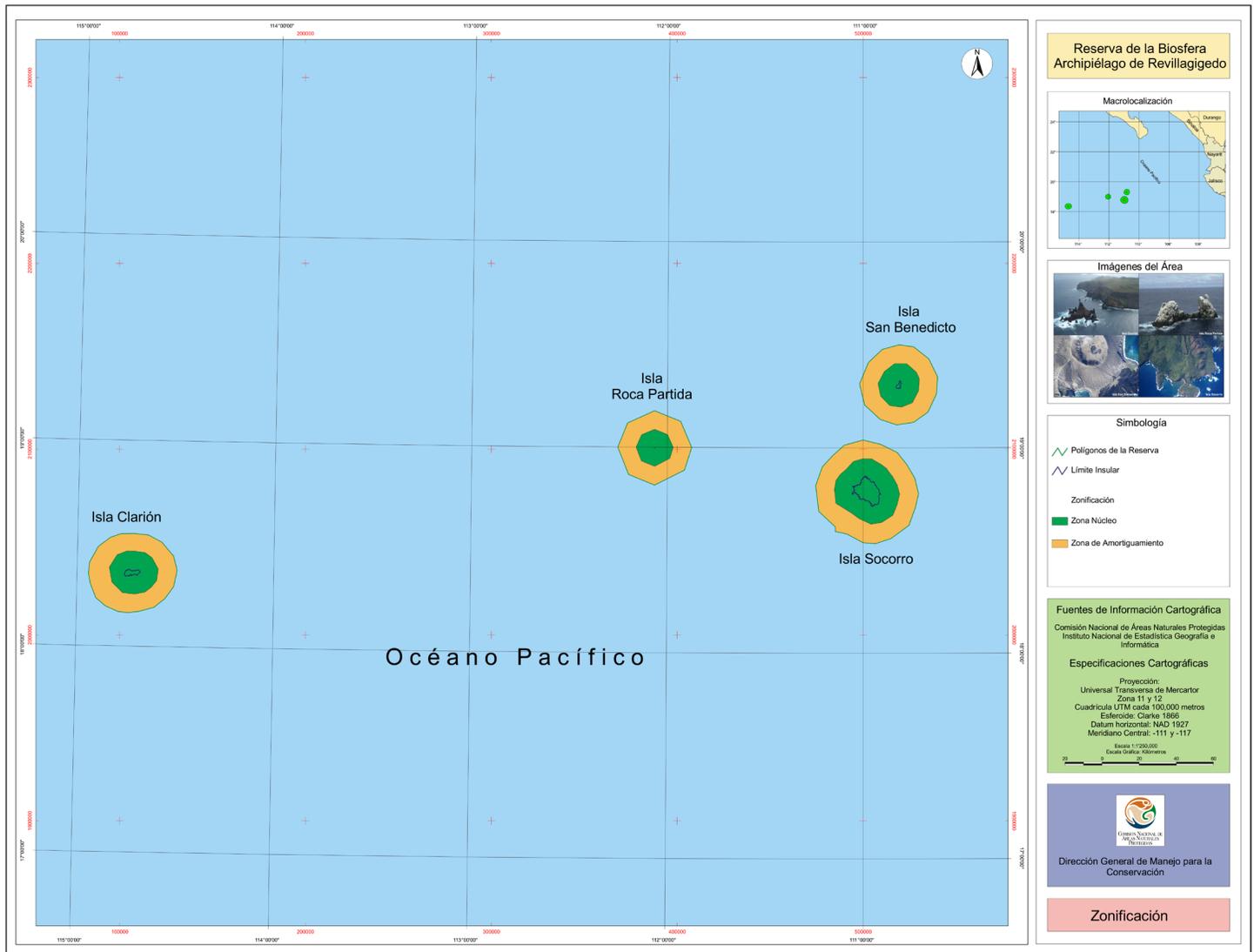


Figura 12. Reserva marina actual en las Revillagigedo.

La preservación de la integridad del patrimonio mundial de Revillagigedo y sus ecosistemas aledaños requiere de la expansión y fortalecimiento de la reserva no extractiva actual. La información científica disponible apoya la expansión de la zona de no extracción en la reserva actual a un polígono que albergue un radio de 100 millas náuticas que rodean a cada una de las 4 islas del archipiélago de Revillagigedo. La nueva reserva totalmente protegida tendrá 278,758 km<sup>2</sup>, que equivale al 8.9% de las aguas marinas de México (Figura 13). Este es el modo más efectivo para preservar la integridad del patrimonio mundial de Revillagigedo y sus áreas de influencia.

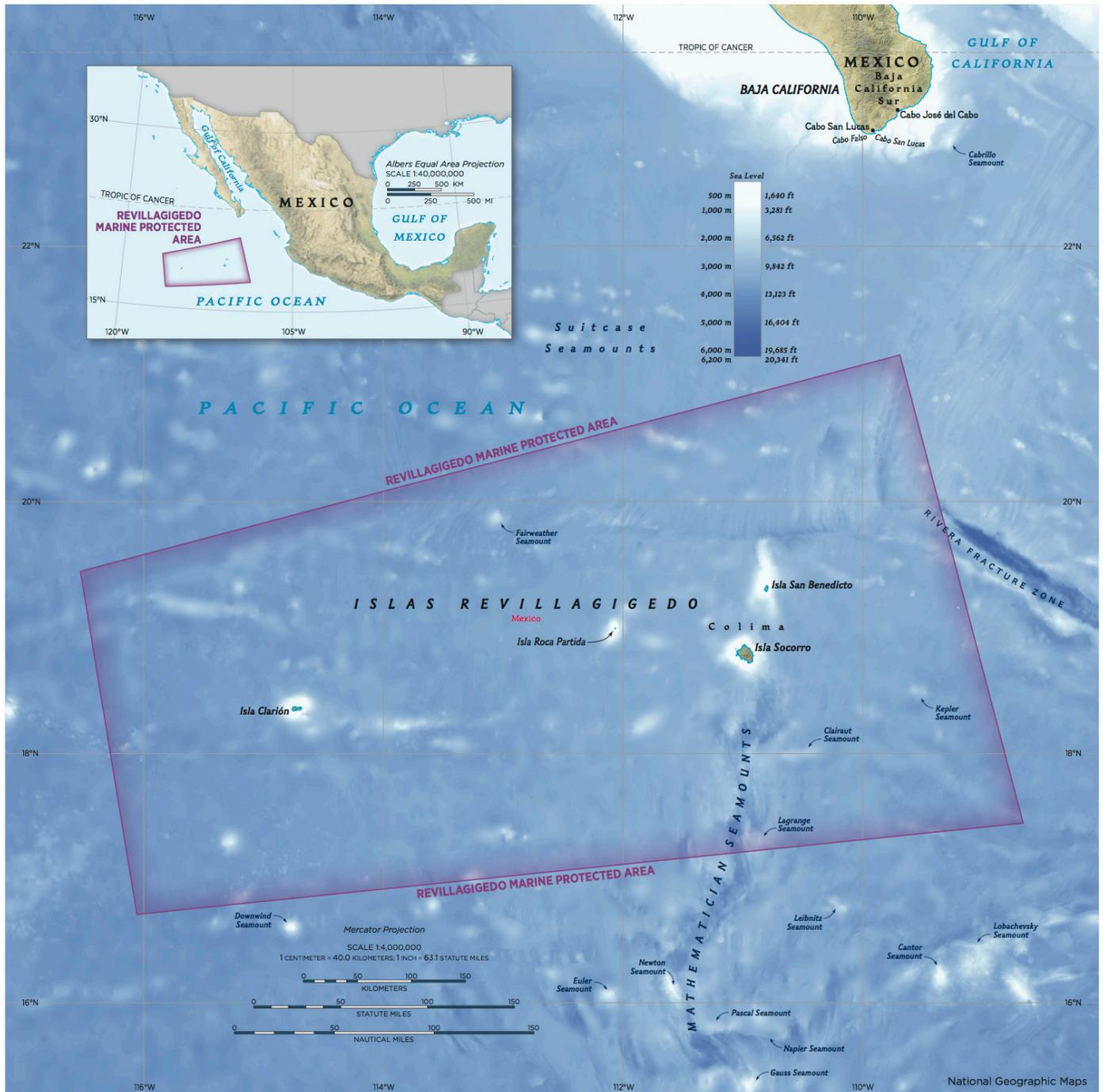


Figura 13. Propuesta de expansión de la reserva no extractiva de Revillagigedo. El polígono alberga todas las aguas dentro de un radio de 100 millas náuticas alrededor de cada una de las cuatro islas. La nueva reserva tendrá 278,758 km<sup>2</sup> (alrededor del 9% de la zona económica exclusiva de México).

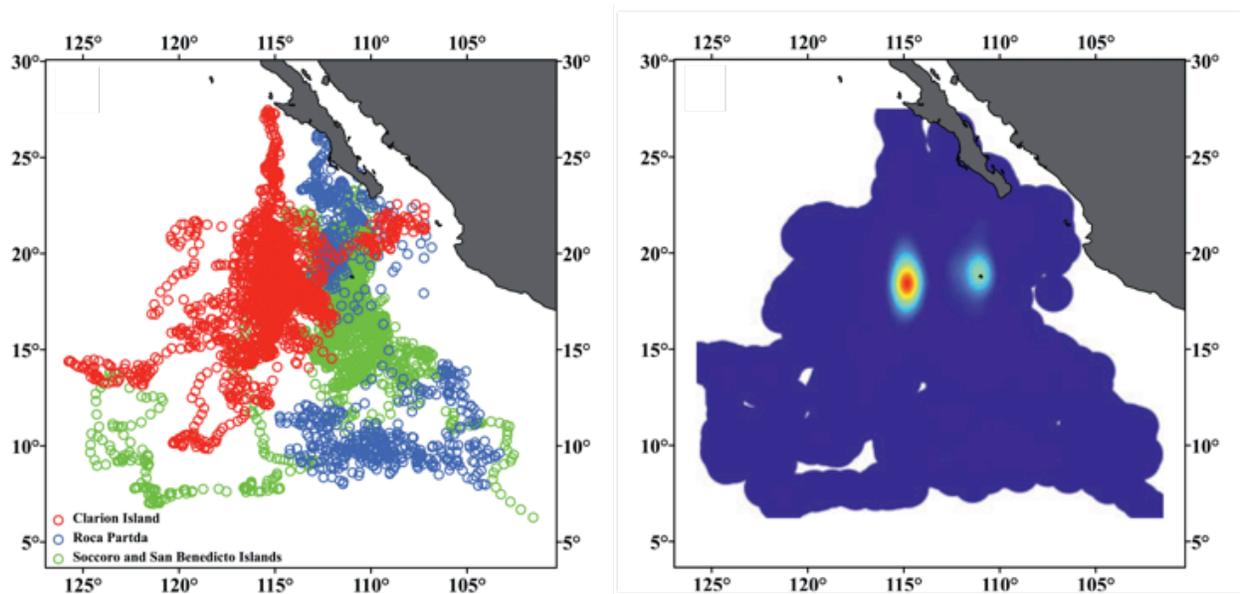


Figura 14. Posiciones geográficas diarias estimadas derivadas del modelo satelital (izquierda) y Kernel de densidad para todas las posiciones (derecha) de 52 atunes de aleta amarilla equipados con transmisores satelitales en Revillagigedo. Extraído de (Schaefer, 2014).

Es poco probable que la pesca de atún será afectada por la nueva zona de no extracción, ya que sólo el 7% del esfuerzo pesquero de los atuneros ocurre dentro del área propuesta como nueva reserva marina – y debido a que los atunes migran dentro y fuera del área propuesta (Schaefer *et al.*, 2014) (Figura 14) – la flota pesquera puede pescarlos afuera. Grandes reservas marinas en otras zonas del mundo, como la reserva marina de Galápagos, han beneficiado a la flota industrial ya que la reserva mejora la reproducción dentro y ayuda a repoblar áreas cercanas abiertas a la pesca.

El archipiélago de Revillagigedo fue nombrado Patrimonio Marino de la Humanidad por la UNESCO en Julio del 2016. Sin embargo, el presupuesto anual de la CONANP para la pequeña área protegida es de sólo \$5000 – aunque tan sólo por los beneficios de las tasas del parque se obtuvieron una cifra diez veces mayor. México tiene el privilegio de tener un patrimonio de la humanidad, pero también la responsabilidad de asegurar la preservación de los valores naturales que la UNESCO consideró para la nominación. Actualmente, México no está mostrando ese compromiso.

México hizo un compromiso internacional para proteger el 10% de sus aguas marinas para el 2020 bajo la convención de las naciones Unidas en Diversidad Biológica. Sin embargo, a fecha de Noviembre del 2016, sólo el 1.6% de la Zona Económica Exclusiva de México está bajo algún tipo de protección, y menos de uno por ciento (0.08%) bajo zonas de no extracción. Las áreas completamente protegidas de la pesca y otras actividades extractivas, funcionan totalmente al contrario que zonas protegidas de usos múltiples y que permiten pesca no sostenible dentro de sus límites, ya que son las únicas áreas donde se ha visto recuperación de los recursos marinos después de ser implementadas. La creación de esta gran reserva alrededor de Revillagigedo permitiría a México alcanzar su compromiso internacional – principalmente en zonas de no extracción como los Estados Unidos, Chile y el Reino Unido han ya hecho.

México se puede convertir en un líder global en conservación marina creando la reserva no extractiva más grande in Norte América. Este será el legado en conservación marina mas grande en la historia de México.

## **6. Agradecimientos**

Queremos agradecer a la Secretaría de Marina, Base Naval Socorro, a la Secretaría del Medioambiente, y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, por los permisos necesarios y apoyo para realizar nuestra expedición al Archipiélago de Revillagigedo en abril del 2016. La expedición Pristine Seas fue financiada por los colaboradores de la iniciativa Pristine Seas – National Geographic ([pristine seas.org](http://pristine seas.org)). Estamos totalmente agradecidos por el apoyo recibido por parte de la tripulación del MV Argo, buque de investigación, y la tripulación del sumergible DeepSee, como especialistas en taxonomía. Algunos participantes fueron financiados por el Programa Marine del Golfo de California ([gulfprogram.ucsd.edu](http://gulfprogram.ucsd.edu)) y por los colaboradores de la iniciativa Mares Mexicanos ([maresmexicanos.com](http://maresmexicanos.com)).

## 7. Bibliographia

1. Bond, M. E., E. A. Babcock, E. K. Pikitch, D. L. Abercrombie, N. F. Lamb, and D. D. Chapman. 2012. Reef Sharks Exhibit Site-Fidelity and Higher Relative Abundance in Marine Reserves on the Mesoamerican Barrier Reef. *PLoS ONE* 7:e32983.
2. CONANP 2003. Sistemas de Información Geográfica de la Dirección General de Manejo para la Conservación.
3. DeMartini, E., A. Friedlander, S. Sandin & E. Sala. 2008. Differences in fish assemblage structure between fished and unfished atolls in the northern Line Islands, central Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 365:199-215
4. Fiedler, P. C. y L. D., Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69: 143-170.
5. Froese, R. & D. Pauly. 2012. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).
6. Goetze, J. S., and L. A. F. Fullwood. 2013. Fiji's largest marine reserve benefits reef sharks. *Coral Reefs* 32:121-125.
7. Harvey, E. & Shortis, M. A system for stereo-video measurement of sub-tidal organisms. *Mar. Technol. Soc. J.* 29, 10-22 (1995).
8. Harvey, E. S. & Shortis, M. R. Calibration stability of an underwater stereo-video system: implications for measurement accuracy and precision. *Mar. Technol. Soc. J.* 32, 3-17 (1998).
9. Hull, P. O. Aburto-Oropeza, Y. Bedolla, et al. 2006. An ecological and economic baseline for the Revillagigedo Archipelago Biosphere Reserve, Mexico. *Scripps Institution of Oceanography*.
10. Jaiteh, V. F., S. J. Lindfield, S. Mangubhai, C. Warren, B. Fitzpatrick, and N. R. Loneragan. 2016. Higher Abundance of Marine Predators and Changes in Fishers' Behavior Following Spatial Protection within the World's Biggest Shark Fishery. *Frontiers in Marine Science* 3.
11. Kessler, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69: 171-217.
12. Myers, R. A., and B. Worm. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423:280-283.
13. Ortega, A., Castellanos, A. & Gustavo, A. 1995. Estrategia para el manejo de la reserva de la biosfera Archipiélago de Revillagigedo México. Centro de Investigaciones biológicas del noreste, S.C. Baja California Sur. 115pp.
14. Richards, A.F. 1964. Geology of the Islas Revillagigedo, Mexico 4. Geology and Petrography of Isla Roca Partida. *Geological Society of America Bulletin*, 75(11): 1157-1164.
15. Sandin, S., J. Smith, E. Demartini, E. Dinsdale, S. Donner, A. Friedlander, T. Konotchick, M. Malay, J. Maragos, D. Obura, O. Pantos, G. Paulay, M. Richie, F. Rohwer, R. Schroeder, S. Walsh, J. JBC, N. Knowlton, & E. Sala. 2008. Baselines and degradation of coral reefs in the northern Line Islands. *PLoS ONE* 3:e1548.
16. Santana-Garcon, J., Newman, S. J. & Harvey, E. S. Development and validation of a mid-water baited stereo-video technique for investigating pelagic fish assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 452, 82-90 (2014).
17. Urbán, R.J., & Aguayo L.A. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Marine Mammal Science* 3.4: 333-344. (1987).