

# INFORME GALÁPAGOS 2015-2016

## MANEJO MARINO

### REPORTE DEL ESTADO POBLACIONAL DE LOS TIBURONES MARTILLO EN LA RESERVA MARINA DE GALÁPAGOS

*César Peñaherrera-Palma, Eduardo Espinosa, Alex R. Hearn, James Ketchum, Jayson M Semmens y Pete Klimley*

#### **Para citar este artículo:**

Peñaherrera-Palma C, E Espinosa, AR Hearn, J Ketchum, JM Semmens y P Klimley. 2017. Reporte del estado poblacional de los tiburones martillo en la Reserva Marina de Galápagos. Pp. 127-131. *En:* Informe Galápagos 2015-2016. DPNG, CGREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.

*Se debe citar la fuente en todos los casos. Fragmentos de este producto pueden ser traducidos y reproducidos sin permiso siempre que se indique la fuente.*

*El contenido y las opiniones expresadas en cada uno de los artículos es responsabilidad de los autores.*

*La **Dirección del Parque Nacional Galápagos** tiene su sede principal en Puerto Ayora, isla Santa Cruz, Galápagos y es la institución del Gobierno del Ecuador responsable de la administración y manejo de las áreas protegidas de Galápagos.*

*El **Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos** tiene su sede principal en Puerto Baquerizo Moreno, isla San Cristóbal, y es el organismo del Gobierno del Ecuador responsable de la planificación y administración de la provincia.*

*La **Fundación Charles Darwin**, una organización no gubernamental registrada en Bélgica, opera la Estación Científica Charles Darwin en Puerto Ayora, Isla Santa Cruz, Galápagos.*

***Galapagos Conservancy** tiene su sede en Fairfax, Virginia, EE.UU. y es la única organización en los EE sin fines de lucro enfocada exclusivamente en la protección a largo plazo del Archipiélago Galápagos.*



Foto: © Steven M. Genkins, MD ("Seadoc")

## Reporte del estado poblacional de los tiburones martillo en la Reserva Marina de Galápagos

César Peñaherrera-Palma<sup>1,2,3</sup>, Eduardo Espinoza<sup>3</sup>, Alex R. Hearn<sup>4,5</sup>, James Ketchum<sup>6</sup>, Jayson M. Semmens<sup>1</sup> y Pete Klimley<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Institute of Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania, Australia

<sup>2</sup>CSIRO Marine and Atmospheric Research, Australia

<sup>3</sup>Dirección del Parque Nacional Galápagos

<sup>4</sup>GAIAS - Universidad San Francisco de Quito, Galápagos

<sup>5</sup>Turtle Island Restoration Network, California, USA

<sup>6</sup>Pelagios Kakunjá, La Paz, Baja California, México

<sup>7</sup>Universidad de California, Davis

El tiburón martillo de ondas (*Sphyrna lewini*) está en peligro de extinción a lo largo de toda su distribución mundial debido principalmente a la sobrepesca (Baum *et al.*, 2007). Varios estudios han reportado reducciones poblacionales de hasta un 90% (e.g., Baum y Myers, 2004; Ferretti *et al.*, 2008), incluyendo las áreas marinas protegidas del océano Pacífico este tropical Pacifico Este Tropical (PET). En la isla del Coco, ~700 km de la Reserva Marina de Galápagos (RMG), la abundancia de esta especie se redujo en un 50% desde la década de 1990 (White *et al.*, 2015). De igual manera en la isla Malpelo (~1000 km de la RMG), los tiburones martillo se redujeron en un 45% desde principios de la década del 2000 (Soler *et al.*, 2013).

El comportamiento gregario y singular forma corporal de esta especie los ha convertido en una de las atracciones más importantes del turismo marino de la RMG (Danulat *et al.*, 2003) y ha influenciado que Galápagos sea catalogado como uno de los mejores destinos de buceo del mundo (Scuba-Diving, 2000; Scuba-Diving, 2008; Scuba-Diving, 2012). En la RMG, esta especie se encuentra distribuida a lo largo de todo el archipiélago, pero se la puede observar en mayor cantidad en las islas Darwin y Wolf, y durante los meses de la temporada fría (Hearn *et al.*, 2014). A pesar de la importancia económica de esta especie en el turismo y comercio en Galápagos (Peñaherrera *et al.*, 2013), lo que se conocía sobre el estado poblacional y uso de la reserva ha sido limitado (Hearn *et al.*, 2014). En apoyo al sistema de zonificación recientemente adoptado, este documento resume la información publicada y expande con nuevos detalles el conocimiento sobre el estado poblacional de los tiburones martillo.

### Metodología

Para el estudio de esta especie se han usado varias herramientas analíticas traídas de las ciencias sociales, ecología poblacional y ecología del comportamiento. Por ejemplo, para entender cómo los tiburones martillo usan la RMG se han estudiado el comportamiento migratorio y la fidelidad de sitio usando telemetría acústica y satelital (metodología descrita en Hearn *et al.*, 2014). La telemetría es el rastreo remoto de animales para determinar su posición, presencia o estado fisiológico en un lugar (Cooke *et al.*, 2004), y fue usada para estimar probabilidad de área de vida (Bullard, 1999). Debido a la falta de información, la tendencia poblacional histórica se evaluó con una herramienta semi-cuantitativa que modela el cambio de abundancia virtual (CAV) en base al conocimiento ecológico local (metodología

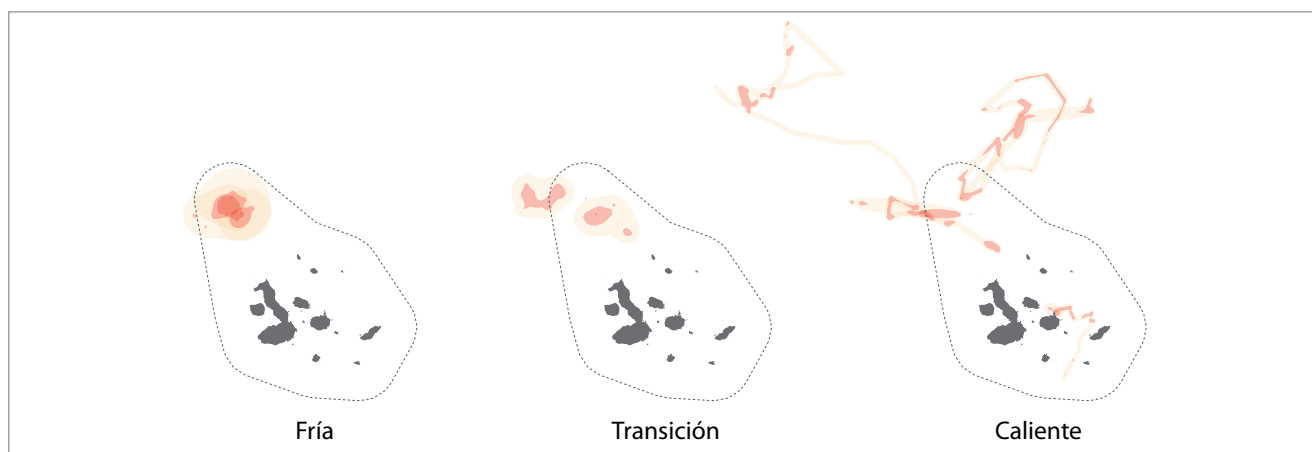
descrita en Penaherrera *et al.*, 2015). La abundancia relativa (total de tiburones avistados durante un buceo de una hora) se ha medido desde el 2007. Ésta se realiza mediante censos visuales durante buceos autónomos en varios sitios de buceo de la RMG (metodología descrita en Hearn *et al.*, 2014). Finalmente, el tamaño poblacional de los tiburones martillo en la isla Darwin se estimó usando una combinación de conteos visuales con telemetría acústica (metodología descrita en Peñaherrera-Palma, 2016). A diferencia de otras metodologías de censos submarinos (como censos visuales o estéreo-cámaras), la evaluación del tamaño poblacional permite conocer el número de individuos únicos que existen en un área, lo que a su vez permite determinar con mayor certeza cuántos individuos pueden co-habitar un mismo lugar en un determinado tiempo y así calcular con mayor exactitud la biomasa real existente.

### Uso de la RMG

Los estudios realizados desde el 2006 muestran que los tiburones martillos tienen alta preferencia por las zonas alrededor de las islas Darwin y Wolf, y en menor escala por Roca Redonda (Ketchum *et al.*, 2014b). Aunque se han marcado tiburones en el norte y centro-sur de la RMG, solo un tiburón fue observado migrando desde el norte al sur, y otro del sur al norte (Ketchum, 2011). Esto ha levantado dudas sobre la conectividad y uso de las dos regiones por esta especie. Hearn *et al.* (2014) sugirieron la existencia de posibles diferencias en el uso de la RMG dependiendo si los individuos son adultos o juveniles. Su

hipótesis se basa en dos puntos: 1) las diferencias en la talla promedio de los individuos marcados en el norte (181 +/- 24 cm) con los individuos que se han marcado en el sur (141 +/- 11 cm); y 2) los registros de tiburones martillo juveniles en ciertas áreas de crianza de tiburones punta negra (Llerena, 2009; Jaenig, 2010). Aunque los datos no son suficientes aún para comprobar esto (por ejemplo, no se han identificado zonas de crianza), estudios en el mar territorial ecuatoriano han demostrado que existen diferencias en el tipo de alimento entre adultos y juveniles de los tiburones martillo (Loor-Andrade *et al.*, 2015).

Ketchum *et al.* (2014a) determinaron que esta especie usa los sitios de alta corriente de Darwin y Wolf durante el día, posiblemente como zonas de descanso. Durante la noche se alejan considerablemente de las islas, potencialmente hacia sus zonas de alimentación en aguas abiertas. La extensión de los movimientos de esta especie en aguas abiertas está influenciada altamente por las condiciones oceanográficas (Peñaherrera-Palma, 2016). Por ejemplo, durante la temporada fría (junio-octubre), el porcentaje de cobertura de la RMG sobre el área de uso de los tiburones martillo fue de 90%, y estaba concentrada alrededor de Darwin y Wolf. Sin embargo, la cobertura se redujo a 65% durante los meses de transición, y 30% durante la temporada cálida (Figura 1). Estos movimientos difieren considerablemente con otras especies de tiburones, como el tiburón punta negra (Peñaherrera-Palma, 2016) y tiburón de Galápagos (Hearn *et al.*, 2014), cuyos movimientos se restringen principalmente a las zonas costeras dentro de los límites de la RMG.



**Figura 1.** Uso espacial y temporal de la RMG y aguas aledañas por parte de ocho tiburones martillo rastreados con dispositivos satelitales. *Fría* se refiere a los meses de la temporada fría (junio-octubre); *Caliente*, temporada cálida (diciembre-abril); y *Transición*, los meses entre ambas temporadas (mayo y noviembre). El color naranja indica 95% de probabilidad de distribución; rojo, 50% de probabilidad de distribución. Fuente: Peñaherrera-Palma (2016)

### Tendencias poblacionales

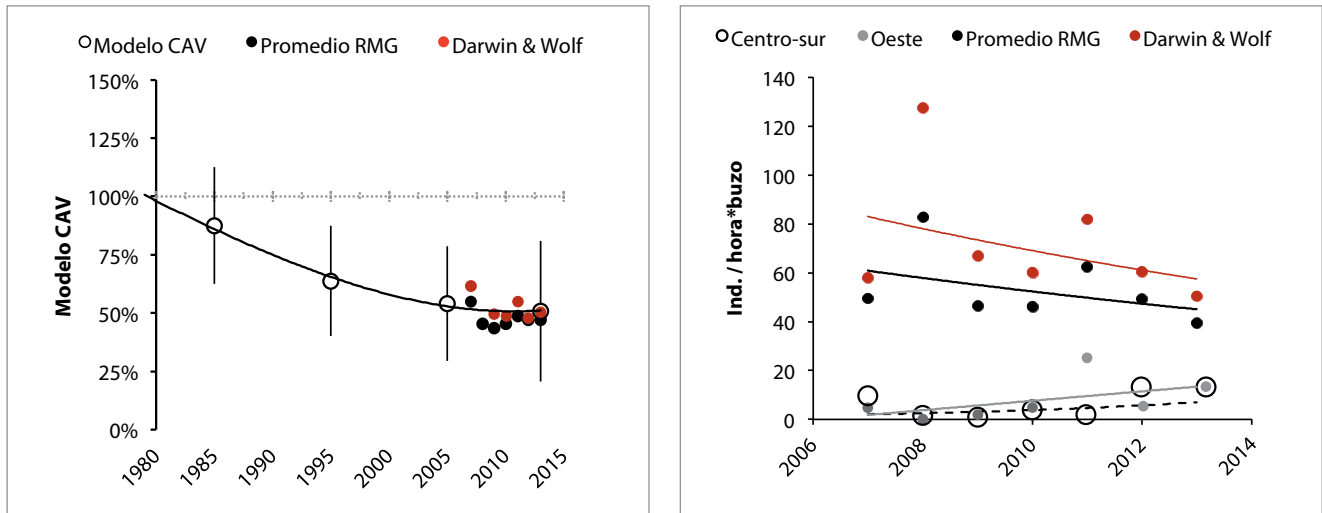
El análisis poblacional usando el modelo CAV muestra que se ha percibido una reducción del 50% de la abundancia de los tiburones martillo desde la década de 1980 (Penaherrera-Palma *et al.*, 2015; Figura 2). Estos datos sugieren que a inicios de 1980 un buzo podía observar en promedio ~100 tiburones martillo por buceo en toda la RMG. Actualmente el promedio de abundancia relativa

entre los años 2010-2013 es de 50,6 ind/hora\*buzo (Peñaherrera-Palma, 2016). La reducción en la abundancia de esta especie fue percibida con mayor intensidad en las áreas del centro y sur del archipiélago. Los buzos también indicaron que el centro-sur de la RMG albergaba importantes agregaciones de tiburones martillo, en magnitudes cercanas a las que se observan hoy en día en Darwin y Wolf (Penaherrera-Palma *et al.*, 2015). Aunque se desconoce cuál pudo ser la abundancia relativa en el

centro y sur del archipiélago previo a 1980, los datos de censos visuales indican que actualmente se observa un promedio anual de 25 ind./hora\*buzo.

En Darwin y Wolf el promedio anual se ha registrado hasta 128 ind/hora\*buzo, lo cual señala que son los únicos lugares en la RMG donde se pueden observar

aún los tiburones martillo en grandes cantidades. Sin embargo, en estas islas se aprecia una tendencia negativa en la abundancia relativa de esta especie desde el 2007. Las tendencias en el resto de la RMG están en aparente incremento, aunque las magnitudes representan menos de un cuarto de lo que se observa en Darwin y Wolf.

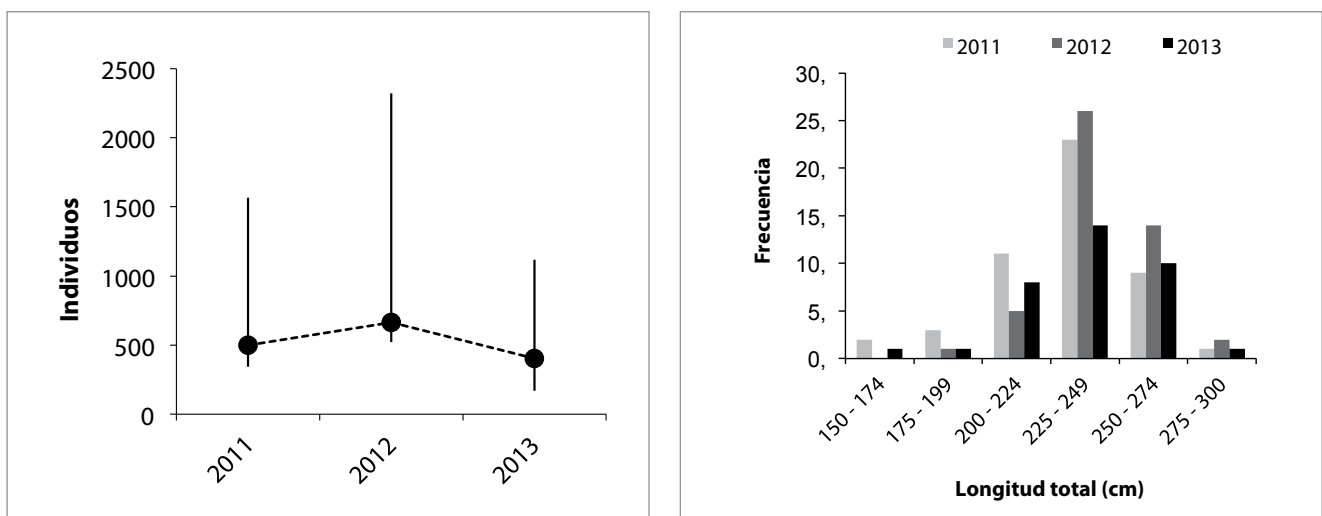


**Figura 2.** Sobreposición del cambio de abundancia virtual (CAV) con el promedio anual de abundancia relativa de tiburones martillo en Darwin y Wolf, y en toda la RMG (izquierda). Comparación de la abundancia relativa de tiburones martillo entre las bio-regiones centro-sur y oeste (Roca Redonda) con el promedio global de Darwin y Wolf, y la RMG (derecha). Fuente: Peñaherrera-Palma (2016)

**Tamaño poblacional**

A pesar de la gran abundancia de individuos que se puede observar en Darwin y Wolf, el estudio del tamaño de la población residente en la isla Darwin sugiere que existen limitantes al número de individuos únicos que pueden estar en la isla al mismo tiempo (Peñaherrera-Palma, 2016). Este análisis estimó que el tamaño promedio de la población residente de tiburones martillo fluctúa

entre 400 a 600 individuos (Figura 3). Estos resultados sugieren que Darwin, y muy posiblemente Wolf, podrían representar áreas con una capacidad de carga limitada en cuanto a la abundancia de individuos únicos de tiburones martillo. Esto es de gran interés para la conservación, ya que en Darwin la población residente se compone de individuos de 238 cm LT promedio, de los cuales su mayoría (85 a 90%) son hembras (Peñaherrera-Palma, 2016; Figura 3).



**Figura 3.** Estimaciones de tamaño de la población residente (izquierda) y frecuencia de tallas medidas con fotogrametría láser (derecha) de tiburones martillo en el Arco de Darwin. Fuente: Peñaherrera-Palma (2016)

## Conclusiones y recomendaciones

Como resultado de este trabajo de investigación se pueden destacar los siguientes puntos:

1. La susceptibilidad de esta especie cuando migra fuera de la RMG, en especial en la temporada caliente. A pesar de que el marco de manejo asegura la protección de los tiburones de la RMG, se recomienda ampliar los esfuerzos de conservación hacia mejoras en la ordenación pesquera fuera de la RMG. Esto podría ayudar a: i) reducir la susceptibilidad de esta especie en aguas abiertas tanto a flotas pesqueras nacionales como internacionales y ii) desacelerar la reducción de abundancia observada en el norte de la RMG. Todo esfuerzo de investigación y manejo debería ser aunado con los países vecinos que comparten el stock de tiburones martillo en el PET, como Colombia, Costa Rica y Panamá.
2. La posible existencia de áreas de crianza de esta especie en el centro-sur y su conexión con las áreas de agregación del norte de la RMG. Es crítico evaluar la existencia de estas áreas de crianza para entender el rol de la RMG en la protección de otras etapas claves de la vida de los tiburones martillo.
3. El aparente aumento en la abundancia relativa de los tiburones martillo en aquellos sitios de agregación histórica (p.ej., en Floreana, Seymour Norte, Genovesa, Marchena). Se recomienda evaluar en mayor detalle las causas que generaron la reducción de la abundancia, así como los factores biológicos y de manejo que permitirían optimizar el aumento en la abundancia en estas áreas. La recuperación de estos sitios de agregación permitirá: i) mejorar el estado de conservación de esta especie en peligro de

extinción; ii) proveer de nuevos sitios de buceo con características similares a Darwin y Wolf; y iii) reducir la intensidad de uso actual en las islas Darwin y Wolf.

4. La posible existencia de un límite en el número de tiburones martillo que pueden co-habitar dentro de Darwin y (potencialmente) Wolf. Es necesario evaluar en mayor detalle qué factores limitan la presencia de los tiburones martillo en estos sitios de agregación. El determinar estos factores es crítico para: i) garantizar la calidad en el hábitat de descanso y agregación de los tiburones martillo en el norte de la RMG; ii) proveer de indicadores de conservación que permitan evaluar las zonas de agregación históricas; y iii) favorecer la recuperación de la abundancia de tiburones martillos a sus niveles anteriormente reconocidos en el centro-sur de la RMG.

## Agradecimientos

El proyecto de tiburones ha sido gentilmente financiado por un gran número de instituciones, entre las que destacan la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (antes SENESCYT), Galapagos Conservation Trust, WWF – Programa Galápagos, WWF Prince Bernard, Conservación Internacional, Holsworth Wildlife Research Endowment, Blake, Kimberly and George Rapier Charitable Trust, Linblad Expeditions, National Geographic Society, y Amigos de Galápagos de Suiza. Se agradece también a todos los voluntarios y personas que han ayudado durante las fases de campo para la recolección de datos, incluyendo los guías de la RMG, barcos *Agressor*, *Humboldt*, tripulación de las embarcaciones *Sierra Negra*, *Guadalupe River*, y guardaparques de la Dirección del Parque Nacional Galápagos.

## Referencias

- Baum J, S Clarke, A Domingo, M Ducrocq, AF Lamónaca, N Gaibor, R Graham, S Jorgensen, JE Kotas, E Medina, J Martinez-Ortiz, J Monzini Taccone di Sitizano, MR Morales, SS Navarro, JC Pérez-Jiménez, C Ruiz, W Smith, SV Valenti & CM Vooren. 2007. *Sphyrna lewini*. International Union for the Conservation of Nature. 2.
- Baum JK & RA Myers. 2004. Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecology Letters* 7(2):135-145.
- Bullard F. 1999. Estimating the home range of an animal: a Brownian bridge approach. Master thesis. Johns Hopkins University.
- Cooke SJ, SG Hinch, M Wikelski, RD Andrews, LJ Kuchel, TG Wolcott & PJ Butler. 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 19(6):334-43.
- Danulat E, M Brandt, P Zárate, M Montesinos & S Banks. 2003. El turismo en la Reserva Marina de Galápagos. Análisis global y condiciones en sitios de visita marinos seleccionados. Estación Científica Charles Darwin y Dirección Parque Nacional Galápagos. Puerto Ayora, Galapagos, Ecuador.
- Ferretti F, RA Myers, F Serena & HK Lotze. 2008. Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology* 22(4):952-64.

Hearn AR, D Acuña, JT Ketchum, C Peñaherrera, J Green, A Marshall, M Guerrero & G Shillinger. 2014. Elasmobranchs of the Galapagos Marine Reserve. *En Galapagos Marine Reserve: a dynamic socio-ecological system*. Pp. 23-59. Denkinger J & L Vinuesa.

Jaenig M. 2010. Sharks (Selachii) in mangrove-fringed habitats of the Galápagos Marine Reserve (GMR) with implications for management and conservation. Master in Science. University of Bremen. Bremen, Germany.

Ketchum J. 2011. Movement patterns and habitat use of scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) in the Galapagos Islands: Implications for the design of marine reserves. PhD dissertation. University of California - Davis. Davis, California, USA.

Ketchum JT, A Hearn, AP Klimley, E Espinoza, C Peñaherrera & JL Largier. 2014a. Seasonal changes in movements and habitat preferences of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) while refuging near an oceanic island. *Marine Biology* 161(4):755-767.

Ketchum JT, A Hearn, AP Klimley, C Peñaherrera, E Espinoza, S Bessudo, G Soler & R Arauz. 2014b. Inter-island movements of scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) and seasonal connectivity in a marine protected area of the eastern tropical Pacific. *Marine Biology*. 10.1007/s00227-014-2393-y

Llerena Y. 2009. Identificación de tiburones juveniles y caracterización de sus hábitats en las zonas costeras de pesca de la isla San Cristóbal - Reserva Marina de Galápagos. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Biólogo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Lloor-Andrade P, F Galván-Magaña, FR Elorriaga-Verplancken, C Polo-Silva & A Delgado-Huertas. 2015. Population and individual foraging patterns of two hammerhead sharks using carbon and nitrogen stable isotopes. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 29(9):821-829.

Peñaherrera C, Y Llerena & I Keith. 2013. Perceptions of the economic value of sharks for single-day dive tourism and commerce in Santa Cruz Island. *En Galapagos Report 2011-2012*. Puerto Ayora, Galapagos, Ecuador.

Peñaherrera-Palma C. 2016. Abundance, distribution and conservation value of sharks in the Galapagos Marine Reserve. Doctor of Philosophy in Quantitative Marine Science. Institute for Marine and Antarctic Sciences, University of Tasmania. Hobart, Tasmania, Australia.

Peñaherrera-Palma C, YY Llerena-Martillo, E Espinoza & J Semmens. 2015. Analysis of the perception of population trends for six shark species in the Galapagos Marine Reserve. *En Galapagos Report 2013-2014*.

Scuba-Diving. 2000. Reader's Choice Awards Top Best 100 destinations, resorts and operators. Bonier Corporation. January / February Issue. 31.

Scuba-Diving. 2008. Top 100 Reader's Choice Survey. Bonier Corporation.

Scuba-Diving. 2012. 2012 Top 100 Readers' Choice Awards. Bonier Corporation.

Soler GA, S Bessudo & A Guzmán. 2013. Long term monitoring of pelagic fishes at Malpelo Island, Colombia. *Latin American Journal of Conservation* 3(2):28-37.

White ER, MC Myers, JM Flemming & JK Baum. 2015. Shifting elasmobranch community assemblage at Cocos Island-an isolated marine protected area. *Conservation Biology*. 10.1111/cobi.12478