

Investigación de tiburones en la Reserva Marina de Galápagos: El rol de Galápagos en la ruta del tiburón ballena (*Rhincodon typus*)



Foto: ©Sofia Green 2017

Reporte de Fase de Campo 13 - 27 septiembre 2017 PC-34-17

^{4,5}Jonathan R. Green, ¹Galo Rueda, ²Simon Pierce, ²Chris Rohner, ²Alexandra Watts ⁵Sofia M. Green, ⁵Jenny Y. Waack

¹Dirección del Parque Nacional Galápagos, ²Marine Megafauna Foundation, ³Galapagos Conservation Trust, ⁴Fundación Megafauna Marina Ecuador, ⁵Galapagos Whale Shark Project, Galapagos Science Center & Georgia Aquarium

Organizaciones participantes:



Antecedentes

El tiburón ballena es el pez más grande del mundo, sin embargo se conoce poco sobre su ecología espacial. La mayoría de estudios se han enfocado en poblaciones de machos sub-adultos quienes se agregan en zonas costeras para alimentarse de plancton en ciertas épocas del año a lo largo del planeta en aguas tropicales y subtropicales. Sin embargo, en Galápagos existe un fenómeno aparentemente único – la presencia consistente de hembras adultas y aparentemente preñadas entre los meses de junio y noviembre cada año, concretamente en la isla de Darwin (Acuña et al 2014, Hearn et al 2014). La implicación de esto es que podría brindarnos la oportunidad de obtener información clave sobre su ciclo reproductivo – algo que hasta la fecha se desconoce a nivel global.

Las fases de campo de este proyecto se iniciaron en colaboración con UC Davis, Conservación Internacional, la DPNG y la FCD en 2011 mediante el permiso de investigación PC-37-11 (con Prof. Klimley de Investigador Principal) y posteriores inclusiones dentro del POA de la FCD (Oficio MAE-PNG/CDS-2012-0020 y PC-40-14), con el marcaje del primer grupo de hembras y su posterior publicación en 2013 (Hearn et al 2013a). Un segundo estudio sobre los movimientos a fina escala (movimientos locales) y estimación poblacional usando datos obtenidos en 2013 combinado con los datos de 2011 y 2012 se publicó en 2014 (Acuña et al 2014). Desde entonces se ha publicado información del movimiento del tiburón ballena después de que ha sido marcado en Darwin y hacia dónde se dirige (Hearn et al 2016) y de su asociación con sistemas frontales termo biológicos en el Pacífico Este Tropical (Ryan et al 2017) con la información obtenida en el 2011 al 2012. En la actualidad continúan los estudios y se están creando nuevas asociaciones con la información obtenida desde el 2011 hasta el 2017. También ha progresado el estudio y sus métodos para obtener más tipos de información. Al inicio se utilizaba solo el SPOT 5 y 6 para el marcaje de esta especie en Galápagos. Ahora también se incluyen las marcas satelitales MiniPAT y SPLASH (ver descripción técnica de cada marca satelital). Si bien las acciones de este proyecto han proporcionado valiosa información sobre la presencia transitoria de hembras y sus movimientos hacia las aguas abiertas del Pacífico Central, y luego a Perú, todavía existe mucho trabajo por realizar e información por recabar respecto a este tema.

Explicación de Fase de Campo

Este reporte abarca la fase de campo realizada del 13-27 de septiembre de 2017 a bordo de la embarcación local Queen Mabel. Los detalles de la salida están resumidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Fechas en el campo.

Fechas	Lugar	Actividades
13 sep	Puerto Ayora	Zarpe en la tarde (15:00)
14 sep	Llegada- Roca Redonda	2 buceos (07:00)
15 sep	Llegada- Darwin	3 buceos
16 sep	Darwin	3 buceos
17 sep	Darwin	3 buceos
18 sep	Darwin	3 buceos

19 sep	Darwin	3 buceos
20 sep	Darwin	3 buceos
21 sep	Darwin	3 buceos
22 sep	Darwin	3 buceos
23 sep	Darwin	2 buceos
24 sep	Darwin	3 buceos
25 sep	Darwin	3 buceos
26 sep	Darwin	3 buceos y navegación en la tarde (14:30)
27 sep	Puerto Ayora	Arribo a puerto

Los participantes en la fase de campo fueron los siguientes:

Jonathan Green – Responsable de viaje. (Galapagos Whale Shark Project, Fundación Megafauna Marina Ecuador)
 Simon Pierce (Marine Megafauna Foundation)
 Chris Rohner (Marine Megafauna Foundation)
 Alexandra Watts (Marine Megafauna Foundation)
 Galo Rueda (DPNG)
 Sofía Green (Galapagos Whale Shark Project)
 Jenny Y. Waak (Galapagos Whale Shark Project)

Objetivos

Los trabajos realizados durante esta fase de campo corresponden a los objetivos marcados en la propuesta de investigación:

- Marcaje satelital con MiniPAT, SPOT6 (montaje de aleta y de arrastre) y SPLASH de tiburones ballena
- Muestras de tejido
- Muestreo con red Neuston de micro plásticos y plancton
- Foto-identificación y telemetría
- Muestreo de sangre
- Observación aérea del área del Arco de Darwin con drones para ver si se detecta la presencia de tiburón ballena y/o otras especies.

Descripción técnica de las marcas satelitales:

El marcaje satelital es utilizado para evaluar el comportamiento espacial de los tiburones ballena en áreas de agregaciones conocidas y en el mar abierto, adentro y afuera de la reserva marina de Galápagos. Las marcas satelitales utilizadas en este viaje fueron MiniPAT, SPLASH y dos tipos de SPOT6, montaje de aleta y de arrastre.

- MiniPAT (Wildlife computers, figura #1): Los MiniPAT guardan información sobre el movimiento vertical/profundidad y son útiles en animales que no pasan mucho tiempo en la superficie. Estos guardan información en una memoria en el dispositivo y tienen una fecha en la que se libera del animal y al llegar a la superficie envía información al sistema satelital ARGOS. Graban información de ubicación vertical basada en la cantidad de luz y lugar geográfico, guardan información de la profundidad y su temperatura

respectiva y graban comportamiento de buceo de los tiburones y tiempo durante cada buceo. También dan la hora del día respectiva a cada buceo y pueden registrar mortalidad con cierto comportamiento de la marca. Dan varias representaciones de esta información en histogramas.

- SPOT 6: Los SPOT6 guardan información horizontal del animal, sobre temperatura y ubicación. Mandan los datos al sistema satelital ARGOS, cuando el sensor externo de agua registra que ha salido a la superficie. Dado a los resultados anteriores del SPOT 6 de arrastre y su historia, ahora también usamos un SPOT6 en estilo montaje de aleta. Este ha demostrado ser más exitoso en tiburones ballena juveniles en estudios en otras partes del mundo.
 - Montaje de Aleta (Wildlife computers, figura #2)
 - De Arrastre (Wildlife computers, figura #3)
- SPLASH (Wildlife computers, figura #4): Las marcas SPLASH guardan información bastante completa vertical y horizontal. Similar a los SPOT6 dan la ubicación y envían la información a los satélites al llegar a la superficie. Similar a los MiniPAT dan información sobre el movimiento vertical de los tiburones. Guardan series de profundidades con su respectiva temperatura y comportamiento de buceo (tiempos de buceo y en la superficie). También crean histogramas basados en el movimiento vertical que marcan el buceo más profundo, la hora del día de cada buceo, la temperatura y el movimiento/ubicación de la marca. Los datos en bruto pueden ser recuperados si es que la marca es recuperada físicamente.



Figura 1. Marca MiniPAT modificada con dardo y un cable corto (12cm). (Wildlife Computers- <https://wildlifecomputers.com/our-tags/minipat/>) (Foto: ©Jonathan R. Green 2016).

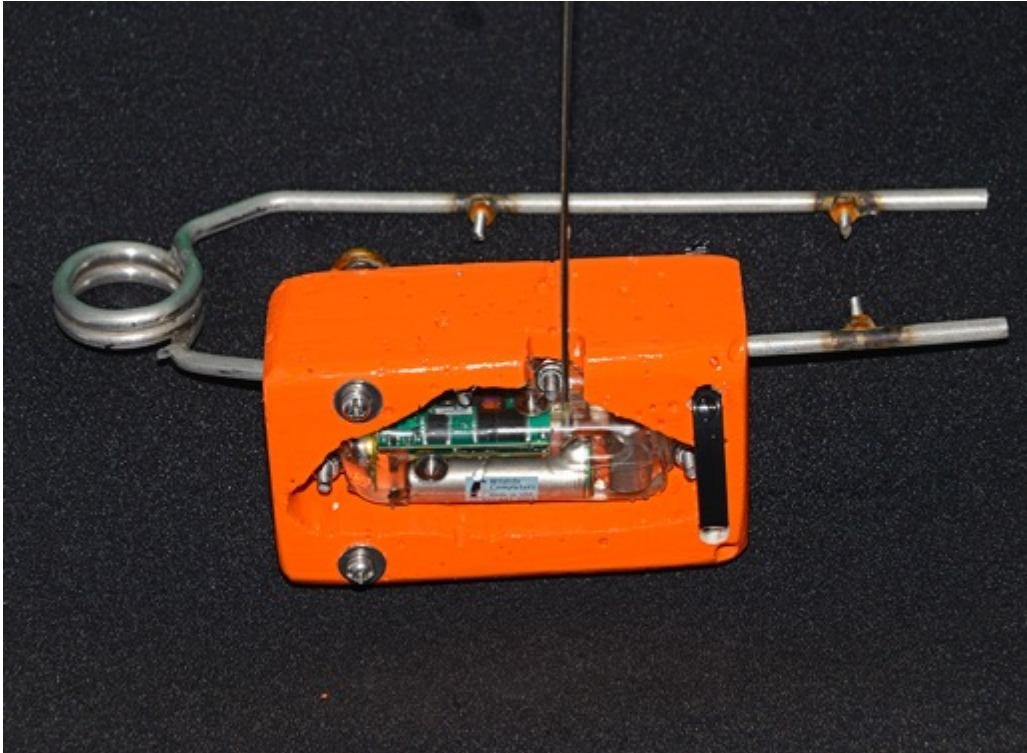


Figura 2. Marca SPOT 6 (“fin mount” o montaje de aleta). Prototipo previamente utilizado en tiburones ballena juveniles. (Foto: ©Jonathan R. Green 2017).

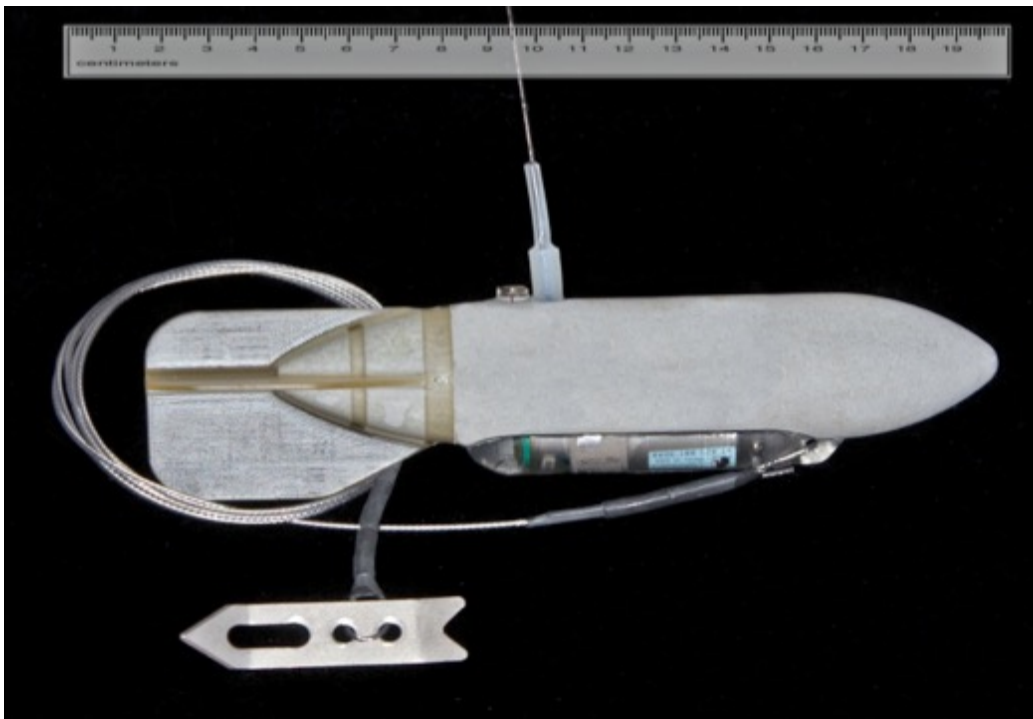


Figura 3. Marca SPOT6 de arrastre modificada con dardo y cable (1.30m) (Wildlife computers-<https://wildlifecomputers.com/our-tags/spot/>) (Foto: ©Jonathan R. Green 2016).

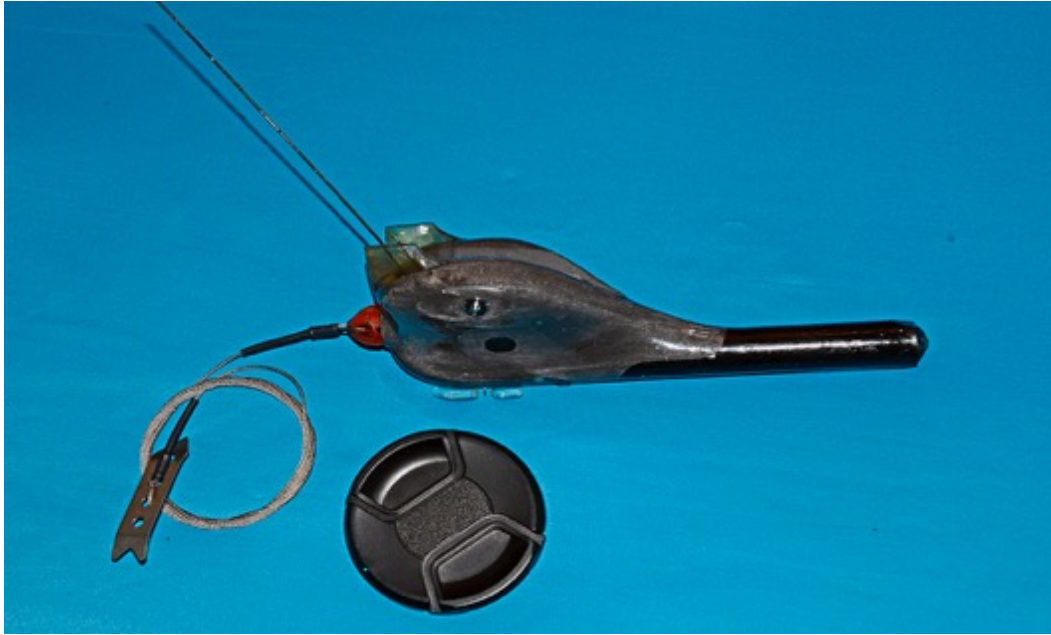


Figura 4. Marca SPLASH de arrastre con cable (1.80m)- primer intento de uso en Galápagos. (Wildlife computers- <https://wildlifecomputers.com/our-tags/splash/>) (Foto: ©Jonathan R. Green 2017).

Procedimiento de marcaje y recolección de datos

Las marcas satelitales de arrastre son modificadas con un cable de filamentos múltiples de acero inoxidable. Las marcas fueron implantadas bajo la cutícula, usando una pistola neumática, en el área cercana a la base de la aleta dorsal principal. Se utiliza un medidor de presión para mantener las pistolas con unos 280-300psi. Esta es la presión que se ha determinado como la indicada para implantar el dardo en aproximadamente 10-12 cm bajo la cutícula, con el tipo de pistola neumática siendo utilizada (Cressi SL 70).

El buzo del marcaje, utilizando equipo básico de buceo SCUBA se acerca al tiburón ballena por un costado y se ubica por encima del área para marcar. Cuando está en el lugar indicado, dispara la pistola neumática a una distancia promedio de 80cm-1m. Aparte el resto del equipo colecta una muestra de tejido con otra pistola neumática a 300psi (Cressi SL 70), foto identificación (desde la quinta agalla hasta la aleta dorsal) de ambos lados si es posible, datos del sexo, tamaño y marcas distintivas como cicatrices, piel sin pigmento, mordidas o cualquier marca que pueda ayudar a identificar al tiburón en el futuro.

Narrativa de fases de campo

Durante el viaje hicimos 38 inmersiones en las cuales se logró aplicar 5 marcas MiniPAT, 5 marcas SPOT6 (tres montajes de aleta y dos de arrastre) y una marca SPLASH en un total de siete tiburones ballenas. Logramos doble marcaje en tres tiburones ballena. Dos de ellos fueron marcadas con MiniPAT y “fin mount” (montaje de aleta) SPOT6 y el tercero fue marcado con un MiniPAT y un SPOT6 de arrastre. De ahí dos tiburones fueron marcados solamente con MiniPAT, otro solamente con un montaje de aleta SPOT6 y otro solo con un SPLASH. El cronograma de buceos y los avistamientos están resumidos en la tabla #2 y las marcas individuales con sus fechas de marcaje están resumidas en la tabla #3 con

datos de los tiburones ballena. El objetivo del doble marcaje es comparar los datos horizontales de rutas del sistema satelital ARGOS de los SPOT6 y los datos verticales de los MiniPAT (temperatura y profundidad de buceo) para poder hacer un análisis más completo de comportamiento, buceo, ubicación, posición, etc.

Adicionalmente se logró identificar a los siete tiburones ballena con foto identificación para posteriormente subir al banco de imágenes de *Identificación de Tiburón Ballena*, (Wildbook for Whale Sharks <http://www.whaleshark.org/>), y se logró tomar muestras de tejido de 3 de los tiburones; resumidos en la tabla #4. Las muestras fueron enviadas al Galapagos Science Center en San Cristóbal para un futuro análisis.

Tabla #2 Cronograma de buceos con datos ambientales y avistamientos de tiburón ballena.

Fecha	No. buceo	Hora de buceo	Duración	T° superficie °C	T° bajo superficie °C	Profundidad termoclina (m)	Visibilidad (m)	Avistamientos
14/9/17	1	10:00	0:30	17	17	No	15	0
14/9/17	2	13:00	0:30	20	20	No	15	0
15/9/17	3	7:50	0:53	23	23	No	30	0
15/9/17	4	11:40	0:51	24	24	No	30	0
15/9/17	5	15:40	1:03	24	24	No	30	0
16/9/17	6	7:23	0:50	23	23	No	20	0
16/9/17	7	11:10	0:56	23	23	No	25	0
16/9/17	8	15:13	0:51	23	23	No	25	0
17/9/17	9	7:07	0:50	23	23	No	15	0
17/9/17	10	11:05	0:54	23	23	No	20	0
17/9/17	11	14:41	0:49	23	23	No	8	1
18/9/17	12	7:17	0:49	23	23	No	10	2
18/9/17	13	11:04	0:53	23	23	No	12	0
18/9/17	14	14:45	0:51	23	23	No	12	0
19/9/17	15	7:11	0:50	23	23	No	15	0
19/9/17	16	11:09	0:58	23	23	No	20	0
19/9/17	17	15:18	0:58	23	23	No	15	0
20/9/17	18	7:17	1:00	23	23	No	20	0
20/9/17	19	11:23	0:52	24	24	No	25	0
20/9/17	20	15:15	0:42	24	24	No	25	2
21/9/17	21	7:07	0:51	23	23	No	15	2
21/9/17	22	11:07	0:55	24	24	No	20	1
21/9/17	23	14:55	0:49	24	24	No	15	2
22/9/17	24	7:14	0:56	22	22	No	12	0
22/9/17	25	11:13	0:48	22	22	No	10	2
22/9/17	26	14:55	0:39	22	22	No	8	0
23/9/17	27	7:10	0:57	22	22	No	8	0

23/9/17	28	11:16	0:54	22	22	No	8	0
23/9/17	29	15:05	0:53	22	22	No	5	0
24/9/17	30	7:15	0:49	22	22	No	12	1
24/9/17	31	11:04	0:56	22	22	No	12	0
24/9/17	32	14:51	0:57	22	22	No	10	0
25/9/17	33	7:30	0:54	23	23	No	18	0
25/9/17	34	11:06	0:59	23	23	No	25	0
25/9/17	35	15:10	0:53	23	23	No	15	0
26/9/17	36	6:59	0:42	23	23	No	25	3
26/9/17	37	10:01	0:52	23	23	No	25	2
26/9/17	38	12:28	0:43	23	23	No	20	2

Tabla #3 Datos de marcaje satelital

No. <i>Rhincodon typus</i>	SPOT6 #	miniPAT #	SPLASH #	Fecha de puesta No. Buceo	Foto ID	Biopsia	Tamaño	Observaciones
1	172176	172241		17/9/2017 No. 3	GD 170917-3	no	9.0m (est.)	-Doble Marcaje: SPOT6 (montaje de aleta) -MiniPAT
2		172245		20/9/2017 No.3	GD 170920-3	no	12.0m (est.)	-MiniPAT -Mordida grande en el abdomen del lado izquierdo
	172175			21/9/2017 No.1	GD 170920-3	si	12.0m (est.)	-SPOT6 (montaje de aleta) -Marcaje doble con miniPAT #172245
3	164565			21/9/2017 No.3	GD 170921-3	no	13.5m (est.)	-SPOT6 (montaje de aleta)
4		172240		22/9/2017 No. 2	GD 170922-2	no	12.5m (est.)	-MiniPAT
5		172239		24/9/2017 No.1	GD 170924-1	si	11.0m (est.)	-MiniPAT
6			172174	26/9/2017 No.1	GD 170926- 1/1	no		-SPLASH -Casi sin aleta dorsal

7		172246		26/9/2017 No.1	GD 170926- 1/2	no		-MiniPAT -Parche blanco en la cabeza
	151674 (*removida)			26/9/2017 No. 2	GD 170926- 1/2	si	13.0m (est.)	-SPOT6 (de arrastre) Marcaje doble con miniPAT #172246 -Marca SPOT6 removida por alguna especie asociada durante mismo buceo
	157789			26/9/2017 No.3	GD 170926- 1/2	no	13.0m (est.)	-SPOT6 (de arrastre) Marcaje doble con miniPAT #172246

Nota: Todos los tiburones ballena de esa salida eran hembras y estaban potencialmente preñadas

Tabla #4 Muestras de tejido

Foto ID	Fecha de Biopsia No. Buceo	Observaciones
GD 170920-3	21/9/17 No. 1	Mordida grande en el abdomen del lado izq.
GD 170924-1	24/9/17 No. 1	
GD 170926-1/2	26/9/17 No.2	Parches blancos en la cabeza

*** Cada color corresponde a un tiburón ballena individual marcado.

Narrativa de Fases de Campo (cont)

El propósito del doble marcaje (figura 5) es comparar datos horizontales de ubicación del SPOT6, el cual tiene un margen de error de entre 2 a 10km, con los datos y la ruta obtenida por las marcas MiniPAT que tienen con un margen de error desconocido y también incluir los datos verticales del animal. Los beneficios de las marcas MiniPAT son sus datos de archivo más detallados de los que provee el SPOT6. Así podremos entender el comportamiento de buceo del tiburón ballena y también poder prevenir pérdida de marcas causadas por especies asociadas. En años anteriores se ha

registrado una pérdida de hasta un 70% de las marcas tipo SPOT de arrastre, (Green et al. 2015) con un costo alto en pérdida de datos cuando estas mismas son “sacadas” por tiburón Sedoso, *Carcharhinus falciformis*, u otras especies pocas horas después de su puesta. En este viaje se perdió un SPOT6 de arrastre (#151674) durante el mismo buceo en el cual se lo colocó, probablemente por esta causa. Por eso este año también se utilizó el nuevo tipo de SPOT6 (Figura 6) con un estilo de montaje de aleta y se verá si el porcentaje de pérdida es más bajo.



Figura 5. Tiburón ballena con doble marcaje. SPOT6 DE arrastre y MiniPAT. (Foto: ©Simon J. Pierce, 2017)

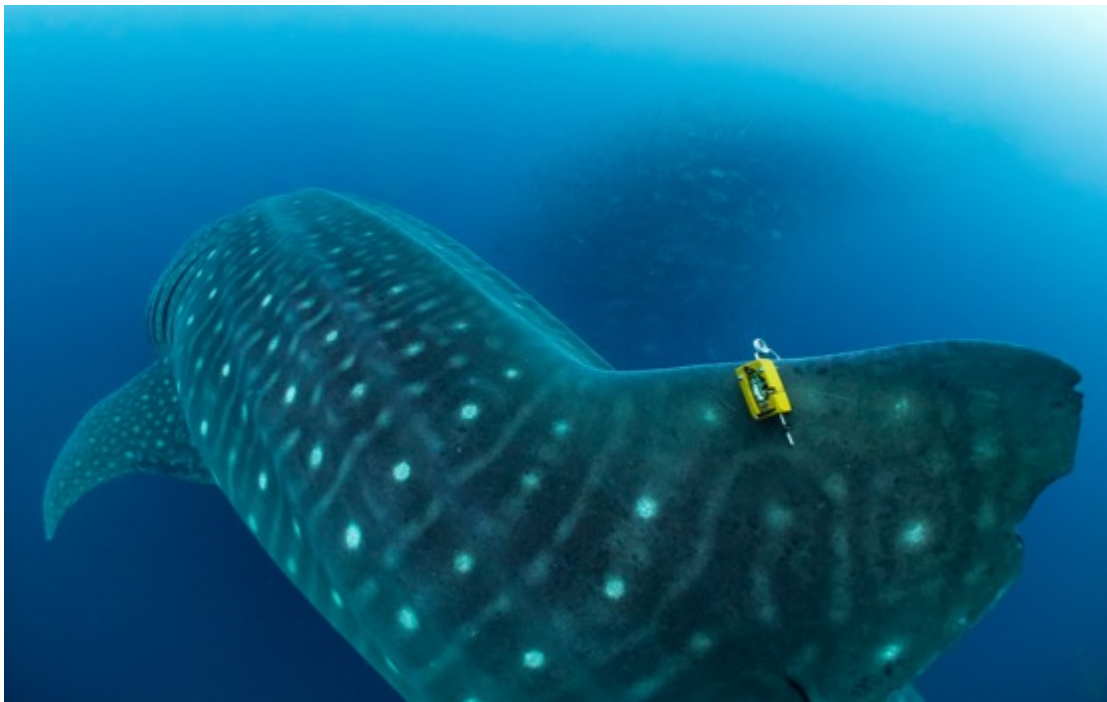


Figura 6. Nueva marca SPOT 6 (montaje de aleta) en tiburón ballena. (Foto: ©Simon J. Pierce, 2017)

Actividades complementarias

Aparte de los buceos y el marcaje se completaron varias actividades para complementar el proyecto. Varios días se utilizaron drones para sobrevolar el área del Arco de Darwin para buscar la presencia de los tiburones ballena u otras especies. El 20 de septiembre encontramos a una ballena jorobada y su cría (Figura 7). Avistamos a las ballenas en el aérea varios de los días de la salida de campo. No logramos ver ningún tiburón ballena con los drones, quizás por baja visibilidad.

El proyecto del tiburón ballena también colaboró con el Galapagos Science Center en el proyecto de micro plásticos de Juan Pablo Muñoz. Se hicieron dos arrastres de plancton con la red neuston para enviar las muestras a San Cristóbal (Figura 8).



Figura 7. Capturas de pantalla de video de drone de ballena jorobada y su cría. (Video: ©Simon J. Pierce, 2017)



Figura 8. Red neuston para el arrastre de plancton y micro plásticos.

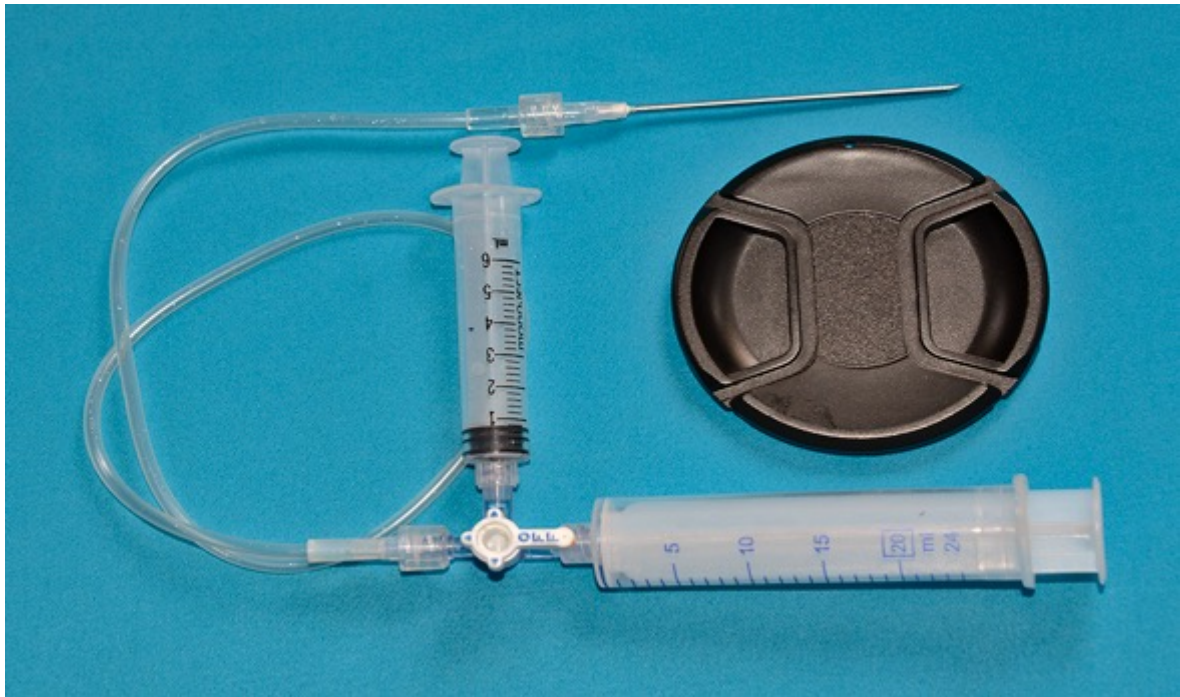


Figura 9. Muestreo de sangre con aguja 16 gauge needle, sistema de doble jeringa para evitar contaminación de la sangre. (Foto:©Jonathan R. Green/Equipo:Dr Al Dove, Georgia Aquarium)

Muestreo de sangre

En nuestro viaje no intentamos sacar sangre por no tener centrifuga y las condiciones adecuadas para guardar la sangre hasta llegar a puerto. En el viaje anterior, con el Acuario de Okinawa, tomaron dos muestras de hembras adultas. La esperanza es que el posterior análisis podrá confirmar si las hembras están o no preñadas. Las muestras están guardadas en el laboratorio de la GSC en Pto. Baquerizo Moreno esperando los permisos y el mecanismo para enviarlo al laboratorio de GA para su análisis. Todavía no contamos con este tipo de análisis en el Ecuador.

Resultados preliminares

Hasta la fecha de hoy, 5 de octubre de 2017 no tenemos señales que muestran la posición de las marcas y sus tiburones ballena. Las marcas todavía no envían señal al sistema satelital ARGOS, lo cual informa que lo más probable es que sigúan en los animales y que no se han salido. La marca #172175 SPOT6 (montaje de aleta) ha dado señal pero la calidad no permite la localización. Es bastante común que individuos pasen varias semanas, hasta meses sin enviar señales. Cualquier información o datos obtenidos serán comunicados con todas las instituciones involucradas el momento que sean recibidos.

Observaciones ambientales

Las condiciones climáticas/oceanográficas fueron parecidas a las del año pasado y muy distintas la del 2015, cuando presenciamos un año de temperaturas superficiales más altas del rango normal. Este año volvimos a registrar temperaturas de superficie (SST) más bajas, incluso que el año anterior. Este podría ser un causante de los bajos avistamientos de este año, relativos a los avistamientos de años pasados en esta época. Considerando que el tiburón ballena pasa alrededor del 75% de su tiempo en aguas entre los 22-26 °C (Ryan et al 2017) y las aguas estuvieron en promedio entre 21-23 grados centígrados durante la salida de campo, podría ser que menos tiburones estaban pasando el arco de Darwin durante estos días. Ver figura 10. En el Mapa 1 de las temperaturas en la superficie a finales de agosto del 2015 se puede apreciar una condición climática tipo “El Niño”. El frente ecuatorial se encuentra casi en la línea de 0° de latitud y no esta bien definida. En los mapas 2 y 3 de las temperaturas se puede apreciar una condición climática tipo “La Niña”. El frente ecuatorial se encuentra cerca de los 5° norte y está bien definida. Se puede observar también una fuerte presencia de las corrientes marinas Humboldt y Cromwell y temperaturas bajas promedias. El año pasado estaban en un promedio de 23.5°C en la superficie y este año tuvimos un promedio de 22.9 °C en la misma época.

La visibilidad también fue un factor limitante ya que algunas días se registro una visibilidad inferior a los 10m, (ver Tabla 2). Si bien es menos probable ver un tiburón ballena cuando hay baja visibilidad usamos una técnica de búsqueda submarina que permite cubrir grandes áreas, horizontales y verticales cuando buceamos en el área del Arco de Darwin, disminuyendo la probabilidad que pase un tiburón ballena desapercibido.

Con el paso de los años nos hemos dado cuenta que la frecuencia de visitas, por ende, avistamientos, es directamente relacionado con temperatura.

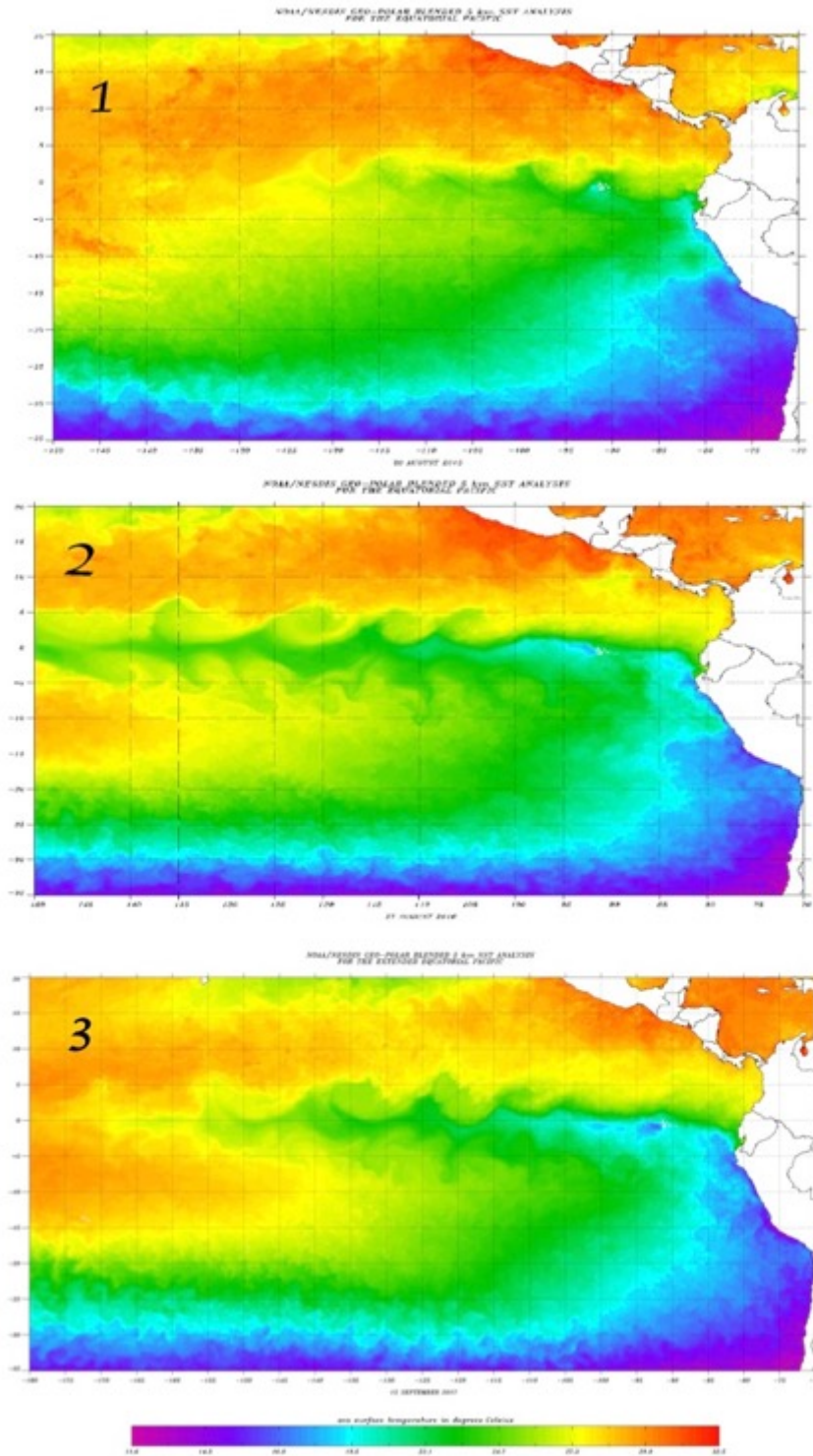


Figura10. En el Mapa 1- temperaturas superficiales, finales de agosto del 2015. Mapa 2- temperaturas superficiales, finales de agosto del 2016. Mapa 3-Temperaturas superficiales, mediados de septiembre del 2017 (<http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/>)

Observaciones, Discusión y Opinión

Los tiburones en general siempre han sido blanco de la pesca comercial e industrial hasta el punto que hoy en día la mayoría de las especies se encuentran amenazadas o en peligro de extinción. El reciente caso del barco chino Fu Yuan Yu Leng 999, capturado dentro de la RMG muestra claramente la fragilidad y vulnerabilidad de todas las especies marinas dentro y fuera de la reserva. Cada vez que bucean turistas y científicos por igual en las islas Wolf y Darwin, encontramos tiburones con anzuelos en la boca o enganchados en las agallas y artefactos de pesca flotando o enredados en el fondo marino. Sería muy ingenuo pretender que esto solo esta sucediendo fuera de la zona protegida.

Durante esta salida de campo observamos en las noches del 20 al 24 de septiembre, desde el fondeadero de Darwin, las luces de barcos de gran tamaño apenas operando a **dos millas náuticas** del arco de Darwin, Reserva Marina, Santuario, Parque Nacional, Patrimonio de la Humanidad etc. etc. Si no existe un patrullaje efectivo, real y constante por parte de las autoridades, a futuro no importará los títulos que tenga el área. La pesca ilegal, indiscriminada y masiva terminará con la biodiversidad y como todos sabemos, la extinción es para siempre.



Figura11. La pesca ilegal en algunos países como la India, Filipinas, Japón, Madagascar, Mozambique, Corea, Taiwán y la China continental. (<http://www.theepochtimes.com/news/7-9-21/59960.html>)

Mientras no existen soluciones fáciles, la ampliación de la RMG a los 200mn territoriales sería lo más efectivo, creando un área protegida mucho más real y una zona de amortiguamiento donde la operación de barcos de pesca sería más fácil de controlar; siempre y cuando hay controles y patrullaje.

Estudios futuros

La idea es que este sea un estudio a largo plazo. Solo de esa manera se podrá realmente empezar a entender a estos animales. Con tiempo se podrá ver si es que los

mismos están regresando a Darwin, por re avistamientos, y cada cuantos años están volviendo. Se entenderá mejor sus rutas migratorias y así se podrá crear conciencia de áreas que deben ser protegidas. Esperando ver re avistamientos, también se podrá estudiar tasas de crecimiento y a futuro poder estimar edad por tamaño. Aparte, con la recolección de datos de movimiento y comportamiento se tendrá mejor idea del ciclo de vida y ciclo reproductivo del tiburón ballena y con los datos de los tejidos y la piel se podrá analizar el genoma del tiburón ballena y ver si se encuentra conectividad con otros grupos del mismo animal alrededor del mundo. Solo con conocimiento podremos proteger a estos animales correctamente.

Difusión

Jonathan R. Green presentó una charla a los guías, guarda parques y el público general en la biblioteca municipal AGIPA a las 17:30 el día viernes 29 de septiembre, 2017.

Referencias

- Acuña-Marrero D, J Jiménez, F Smith, PF Doherty Jr, A Hearn, JR Green, J Paredes-Jarrin, P Salinas (2014). *Whale Shark (Rhincodon typus) seasonal presence, residence time, and habitat use at Darwin Island, Galapagos Marine Reserve*. PLOS One 9(12): e115946
- Hearn AR, Green JR, E Espinoza, C Peñaherrera, D Acuña, AP Klimley (2013a) *Simple criteria to determine detachment point of towed satellite tags provide first evidence of return migrations of whale sharks (Rhincodon typus) at the Galapagos Islands, Ecuador*. Journal of Animal Biotelemetry 1:11
- Hearn AR, JR Green, E Espinoza, C Peñaherrera, D Acuña, Y Llerena, AP Klimley (2013b) *Movements of large female whale sharks through Darwin Island, Galapagos and the Eastern Tropical Pacific*. 3rd International Whale Shark Conference. Atlanta, Georgia.
- Hearn A, D Acuña, JT Ketchum, C Peñaherrera, J Green, A Marshall, M Guerrero (2014) *Elasmobranchs of the Galapagos Marine Reserve*. In: J Denkinger & L Vinueza (eds) *The Galapagos Marine Reserve – A dynamic social-ecological system*. Springer Press. Pp 23-59.
- Ryan JP, Green JR, Espinoza E, Hearn AR (2017) *Association of whale sharks (Rhincodon typus) with thermo-biological frontal systems of the eastern tropical Pacific*. PLOS ONE 12(8): e0182599.
- Hearn AR, JR Green, MH Román, D Acuña-Marrero, E Espinoza, AP Klimley (2016) *Adult female Whale sharks make long-distance movements past Darwin Island (Galapagos, Ecuador) in the Eastern Tropical Pacific*. Mar Biol 163:214