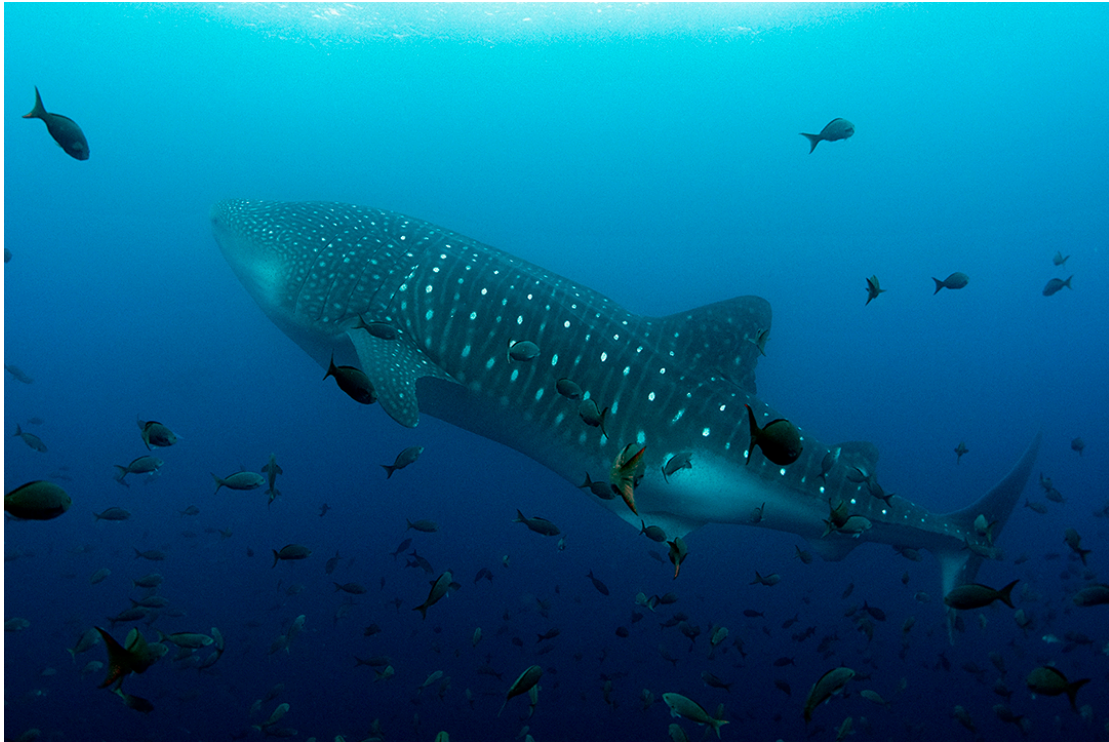


Investigación de tiburones en la Reserva Marina de Galápagos: El rol de Galápagos en la ruta del tiburón ballena (*Rhincodon typus*)



Reporte de Fase de Campo 15 - 30 septiembre 2016 PC-69-16

Jonathan R. Green,^{4,5&6} Simon Pierce,² Chris Rohner,² William Tite,¹ Catherine Ardagh,⁶ Jose Leon⁷

¹Dirección del Parque Nacional Galápagos, ²Marine Megafauna Foundation, ³Galapagos Conservation Trust, ⁴Turtle Island Restoration Network, ⁵Fundación Megafauna Marina Ecuador, ⁶Galapagos Whale Shark Project & ⁷Galapagos Science Centre

Organizaciones participantes:



Parque Nacional
GALÁPAGOS
Ecuador



Galapagos
Conservation
Trust



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). En la actualidad, el equipo científico esta próximo a publicar los resultados de los datos obtenidos en 2011 y 2012, los cuales ya fueron presentados en la Conferencia Internacional del Tiburón Ballena en 2013 (Hearn et al 2013b). 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 15-30 de septiembre de 2016 a bordo de la embarcación local Queen Mabel. Los detalles la salida están resumidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Fechas de campo.

Fechas	Lugar	Actividades
15 sep	Puerto Ayora	Zarpe en la noche
16 sep	Baltra/Alta mar	Abastecimiento de combustible y navegación hacia Darwin
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	3 buceos

24 sep	Darwin	3 buceos
25 sep	Darwin	2 buceos
26 sep	Darwin	3 buceos
27 sep	Darwin	3 buceos
28 sep	Darwin	3 buceos
29 sep	Navegación	Navegación
30 sep	Puerto Ayora	Arribo a puerto

Los participantes en la fase de campo fueron los siguientes:

Jonathan Green – Responsable de viaje. (Fundación Megafauna Marina Ecuador/Galapagos Whale Shark Project/Turtle Island Restoration Network)
 Simon Pierce (Marine Megafauna Foundation)
 Chris Rohner (Marine Megafauna Foundation)
 Richard Wollecombe (BBC)
 Jose Leon (Galápagos Science Centre)
 William Tite (DPNG)
 Catherine Ardagh (FMME)

Objetivos

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

- Marcaje satelitales con MiniPAT y SPOT6 de tiburones ballena
- Marcaje y recuperación de marca FinCam con cámara
- Muestras de tejido
- Foto-identificación y telemetría
- Observación aérea del área del Arco de Darwin con drones para ver si se detecta la presencia de tiburón ballena y/o otras especies.

Narrativa de Fases de Campo

Durante el viaje hicimos 35 inmersiones y se logró aplicar 8 marcas MiniPAT y otras 3 marcas SPOT6. Los tres SPOT6 fueron puestos con el objetivo de un doble marcaje para comparar datos de rutas por GPS con los datos de los MiniPAT. Adicionalmente se logró identificar a 13 individuos con foto identificación para su posterior subida al banco de imágenes de Identificación de Tiburón Ballena, (Wildbook for Whale Sharks <http://www.whaleshark.org/>). Debido a la cronograma de marcaje solo se tomo una muestra de tejido la cual se junta con las muestras tomadas en el siguiente viaje de campo, (con Dr Alex Hearn) y a cargo de la DPNG-GSC/USFQ para su análisis.

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

Fecha	No. buceo	Hora entrada	Hora salida	T superficie C°	T bajo superficie C°	Profundidad termoclina (m)	Visibilidad (m)	Avistamientos
17/09/16	1	8:45	9:45	24.3	22.7	X	10	0
	2	12:00	12:55	24.1	20.3	X	8	0
	3	15:20	16:20	24.5	23.6	X	7	0
18/09/16	4	7:40	8:25	24.8	23.7	X	14	0
	5	11:03	11:45	24.4	24.0	X	20	1
	6	15:15	16:00	24.4	24.0	X	18-20	0
19/09/16	7	7:30	8:20	23.4	24.0	X	15-20	0
	8	11:00	11:55	23.4	24.0	X	15-20	0
	9	15:00	15:55	24.0	24.0	X	12-15	0
20/09/16	10	7:21	8:15	24.2	24.4	X	20-25	0
	11	11:00	11:50	24.5	24.5	X	20-23	0
	12	14:59	15:45	24.5	24.5	X	20-25	1
21/09/16	13	7:15	8:00	24.7	24.7	X	20-25	1
	14	11:05	11:50	24.8	25.1	X	20-22	1
	15	15:02	15:42	24.3	25.4	X	20-22	1
22/09/16	16	7:35	8:25	25.4	25.3	X	20	0
	17	12:33	1:30	25.0	25.4	34	20-22	1
	18	16:36	17:15	23.5	23.5	24	20	0
23/09/16	19	7:23	8:12	25.3	25.3	X	20-25	0
	20	10:58	11:50	26.5	26.1	X	15-20	0
	21	15:06	16:00	26.0	25.9	18	15-20	1
24/09/16	22	7:29	8:22	26.3	26.5	X	20-22	0
	23	11:01	11:51	27.0	26.8	X	18-20	1
	24	15:10	16:02	27.0	27.3	6	20	1
25/09/16	25	7:26	8:03	27.5	27.4	X	25-30	3
	26	11:38	12:30	27.3	27.3	X	28-30	5
26/09/16	27	7:21	8:12	27.2	27.1	17	30	1
	28	10:57	11:41	27.3	27.0	21	30	2
	29	15:40	16:41	27.1	27.1	X	25	0
27/09/16	30	7:22	8:23	27.0	27.0	X	25-30	0
	31	10:25	11:22	27.0	26.9	15	25-30	0
	32	15:05	16:05	26.4	26.4	23	12-15	0
28/09/16	33	6:59	4:47	26.9	26.3	24	20-25	4
	34	10:28	11:13	26.4	25.8	X	15-20	1
	35	14:04	14:54	27.2	27.0	13	15	4

Tabla #3 Parámetros de temperatura en grados Celsius para las marcas SPOT6

#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12
3°C	5°C	8°C	10°C	12°C	14°C	16°C	18°C	21°C	24°C	28°C	60°C

Tabla #4 Datos de marcaje SPOT6 todos fueron puestos al lado izquierda de la aleta dorsal

SPOT6 #	Fecha de puesta	Foto ID	Sexo	Tamaño	Observaciones
151676	20/09/16	GD160920-1	F	11.5m (est.)	Marcaje doble con #164969 Preñada
157787	21/09/16	GD160921-1	F	13m (est.)	Marcaje doble con #164971 Preñada
157788	26/09/16	GD160926-2	F	12.5m (est.)	Marcaje doble con #164968 Preñada

Tabla #5 Datos de marcaje MiniPat todos fueron puestos al lado derecho de la aleta dorsal

MiniPat#	Fecha de puesta	Foto ID	Sexo	Tamaño	Observaciones
164966	18/09/16	GD160918-1	F	10m (est.)	Preñada
164969	20/09/16	GD160920-1	F	11.5m	Marcaje doble con #151676 Preñada.
164971	21/09/16	GD160921-1	F	13m (est.)	Marcaje doble con #157787 Preñada.
164970	24/09/16	GD160924-2	F	11m (est.)	Preñada.
164967	25/09/16	GD160925-1		13m (est.)	Preñada.
164968	26/09/16	GD160926-1		12.5m (est.)	Marcaje doble con SPOT6 #157788
164972	26/09/16	GD160926-2		13.5m (est.)	Preñada
164965	28/09/16	GD160928-4		10.5m (est.)	Preñada. Se logro sacar biopsia

Narrativa de Fases de Campo (cont)

El propósito de la doble marcaje es para comparar datos GPS (SPOT6), con un margen de error de entre 2 a 10km con los datos y la ruta obtenida por las marcas MiniPat que utilicen la intensidad de luz con un margen de error desconocido. Los beneficios de las marcas MiniPat son sus datos de archivo mas detallados que los SPOT6 para entender comportamiento de buceo como indicador del actividad del tiburón ballena y su colocación “contra piel” lo cual disminuye el porcentaje de perdida por especies asociados, (Ver Figuras #3 y 4). En años anteriores hemos tenido una perdida de hasta un 70% de las marcas tipo SPOT arrastrado, (Green et al. 2015)

con un costo alto en perdida de datos cuando estas mismas son “sacadas” por tiburón Silky o Sedosa, *Carcharhinus falciformis*, pocas horas después de su puesta. En este viaje también colocamos una camera de aleta, denominada “FinCam” para ver si se puede registrar comportamiento del tiburón ballena y/o especies asociadas. Se sabe que el comportamiento y los movimientos de algunas especies, particularmente los tiburones que habitan la zona o estén de paso son afectados hasta cierto punto por la presencia de buzos, tanto recreacionales como investigadores y observadores, en el agua. (Comportamiento capturado por cameras tipo GoPro que hemos dejado escondido bajo el agua para gravar presencia, frecuencia de paso y cercanía al sitio de buceo de estas especies, en años anteriores y este año). Se logró poner la FinCam, (camera de aleta) tres veces y recuperarla después de varios horas. (Ver Figura #1). Se logro capturar imágenes video durante varias horas. (Ver video FinCam en las memorias flash enviados con este reporte y el **resumen de video** en Resultados Preliminares). La cámara es un prototipo desarrollado por ingenieros en el Reino Unido para este proyecto. Es la primera vez que una cámara de este tipo ha sido colocado exitosamente en un tiburón ballena adulta. El sistema de aflojamiento es mediante una unión corrosible de zinc galvanizado o GTR, (por sus siglas en ingles, “galvanised time reléase”). Se intentaba siempre colocar el equipo en el primer buceo de la mañana estimando un tiempo de liberación entre 4-6 horas en aguas de 20-25°C para tener el mayor tiempo posible con luz del día para su recuperación. Se sabe su paradero y hacia donde lo lleva la corriente dentro de aproximadamente 2km por satélite y utilizando una antena “yagi” su ubicación dentro de aproximadamente 100m. Su color anaranjada luminosa facilita su detección visual. La camera lleva una memoria de 64gb que puede almacenar 4-5 horas de video de 1080dpi x 30fps. Además cuenta con un sensor “starlight” para filmar en condiciones de muy baja luz, o en profundidad o de noche.

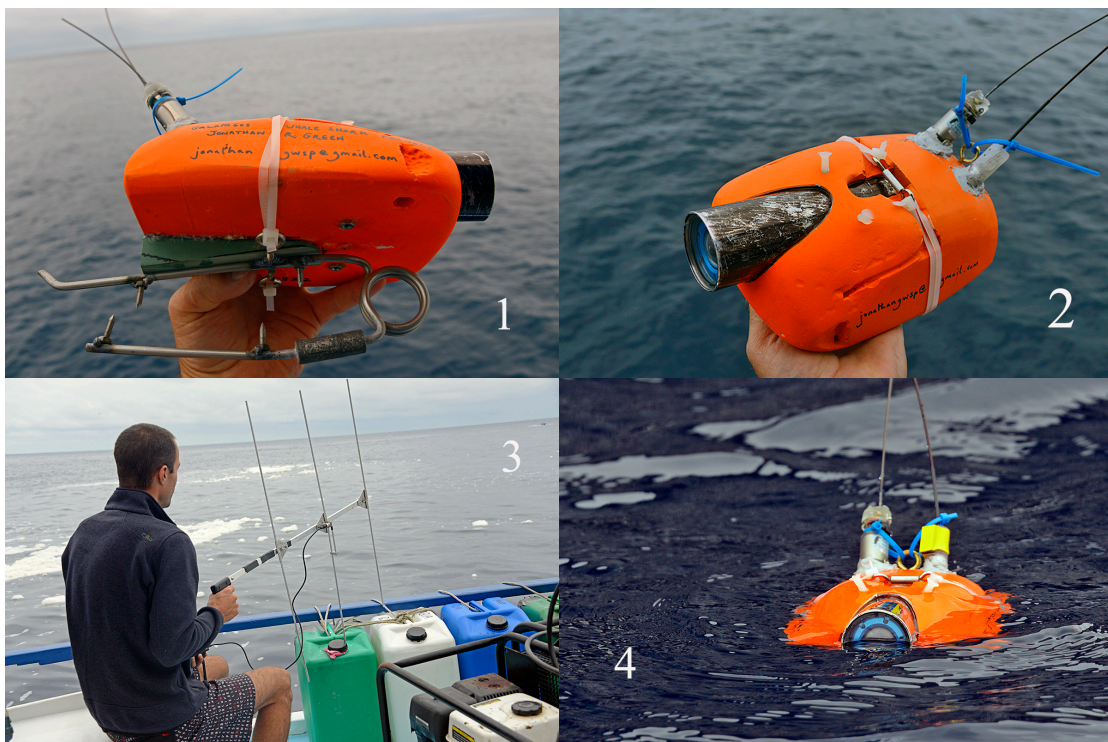


Figura #1 Camera de aleta con marca satelital SPOT6 y marca VHF para su rastreo y posterior recuperación. Foto 3 muestra el uso de un antena “yagi” para el rastreo auditivo. Fotos ©JR Green y Cat Ardagh

Resultados preliminares

Las marcas SPOT6 han transmitido sus posiciones en días posteriores a su puesta. (Ver **Figura #2**) **1** & **2** #151676 hizo movimientos cortos por la zona de la Isla Darwin antes de dejar de transmitir. Se presume que el tiburón ballena se sumergió y tendremos nuevamente un señal cuando vuelve cerca de la superficie. No hay un patrón muy bien definido entre los mas de cuarenta individuos marcados referente a tiempos buceando y tiempos en superficie. Al parecer cada individuo es distinto. Hemos tenido individuos que nos envían señales a tres meses de tiempo entre buceo y otros que pasan mucho tiempo en superficie y nos envían señales casi todos los días. **3** #157787 se dirigió hacia el este antes de girar hacia las islas centrales pasando muy cerca de la isla San Cristóbal. (Ver **Figura #2^a**). Su ultima transmisión muestra que esta bordeando la plataforma de Galápagos al sur de las islas Floreana y Española. **4** #157788 salio enseguida de la zona del Arco de Darwin y se dirigió hacia el oeste por la zona de fisuras geológicas, (Galápagos Rift Zone) que se encuentra entre las placas tectónicas Cocos, (hacia el norte) y Nazca, (sobre la cual están ubicadas las Islas Galapagos).

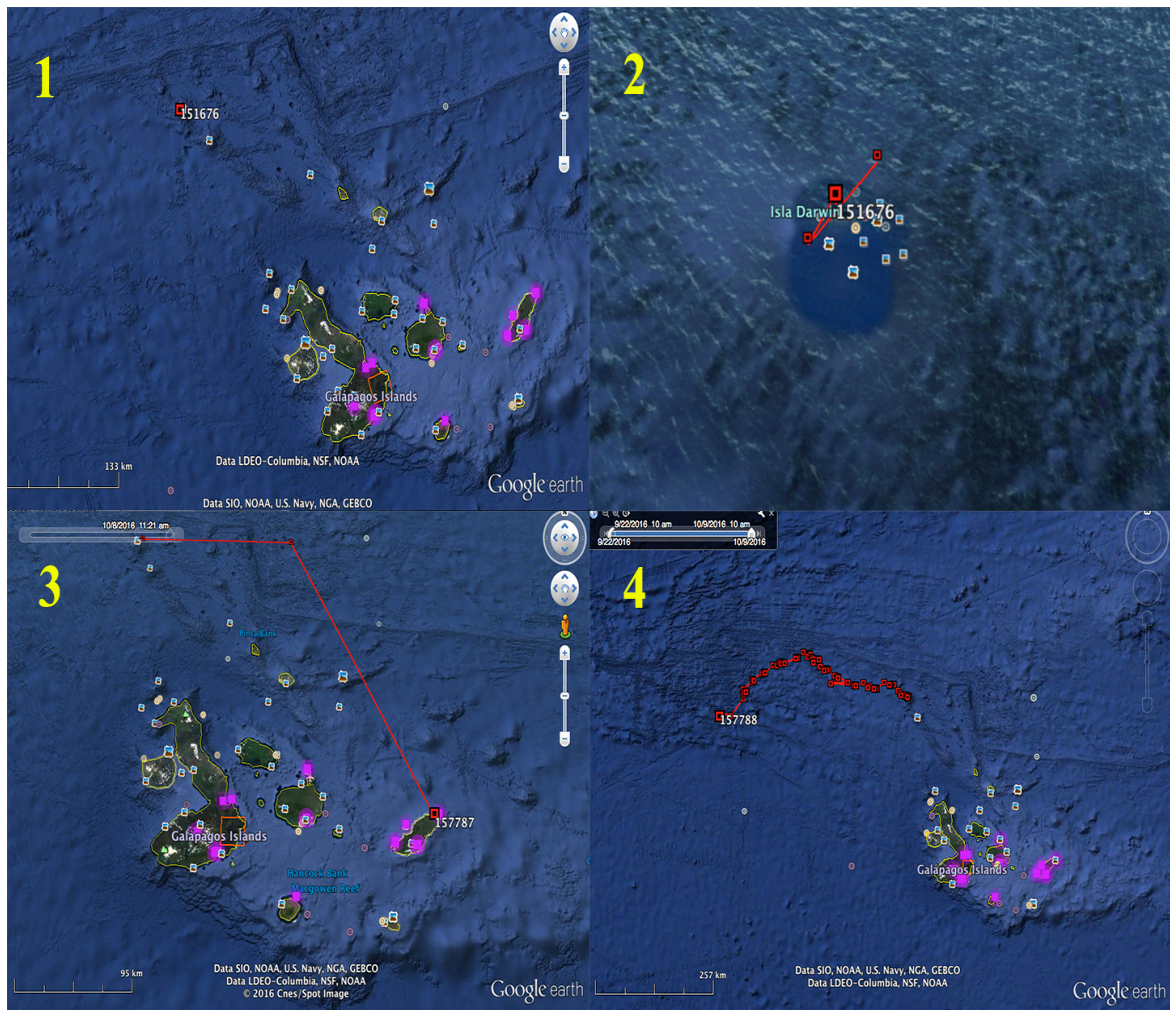


Figura #2. Rutas de las marcas SPOT hasta el 08 de octubre.

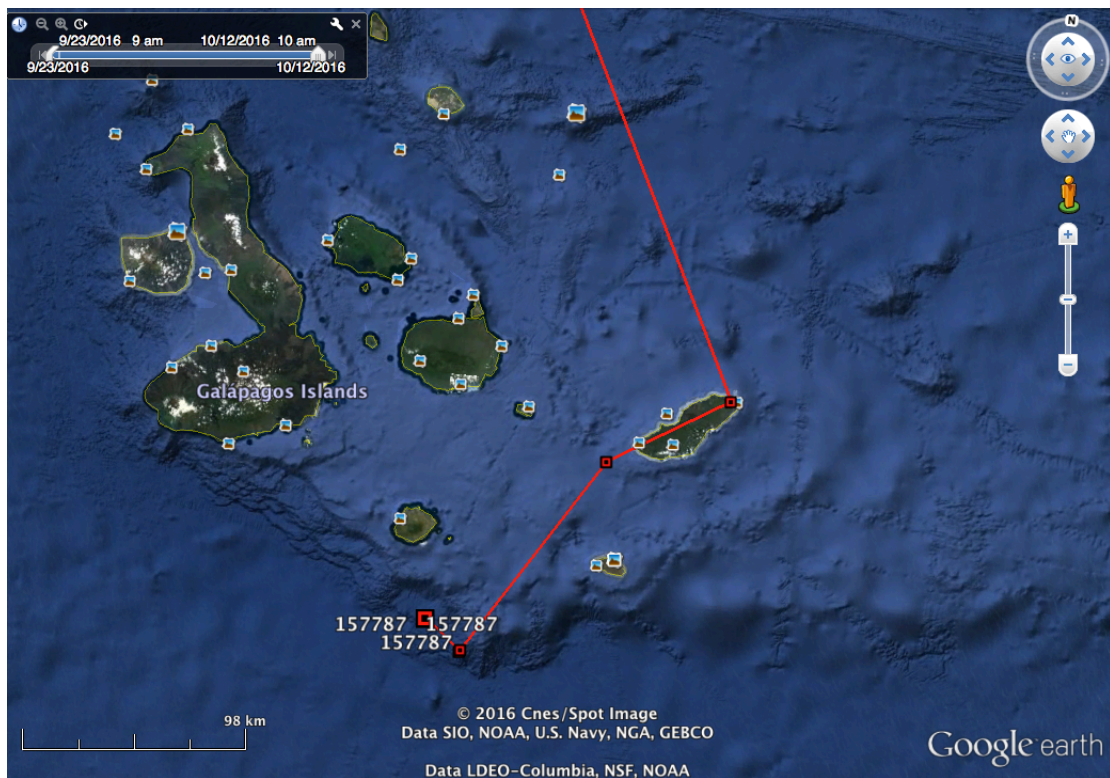


Figura #2ª Detalle de los movimientos del tiburón ballena con marcas SPOT6 #157787 y MiniPat #164971 hasta el día 12 de octubre, fecha de su última transmisión.

Las marcas MiniPAT (Ver **Figura #3 y 4**) no han transmitido, lo cual implica normalmente que siguen puestas. Dado los niveles de pérdida de las marcas SPOT5 y 6 hemos decidido enfocarnos más en la colocación de esas marcas MiniPat. El sistema de “tracking” que provea la “ruta” del tiburón ballena se calcula por la intensidad de luz y no por GPS.

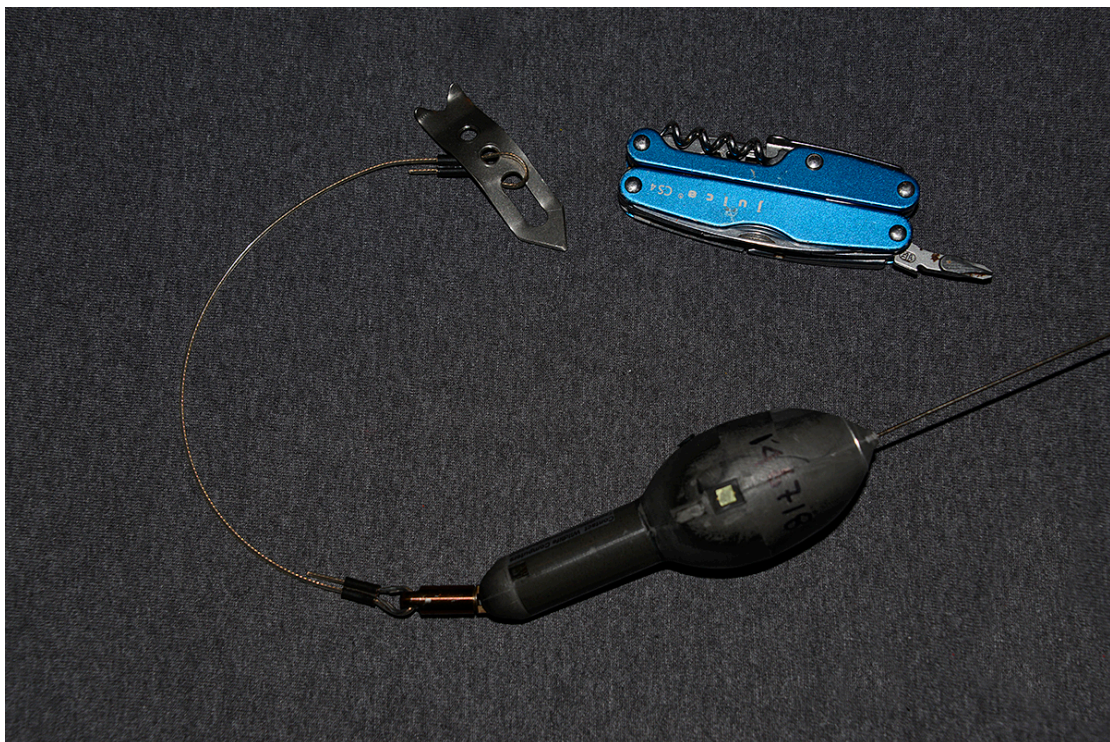


Figura #3. Marca tipo MiniPat, (Wildlife Computers <http://wildlifecomputers.com/our-tags/minipat/>).



Figura #4 Marca MiniPat mostrando la posición de colocación “contra piel” mas disimulado Foto ©Simon Pierce



Figura #5 Re avistamiento de tiburón ballena GD160926-2 marcado y foto identificado por el equipo de investigación el 26 de septiembre en el Arco de Darwin, (foto superior) y re visto por el autor el 4 de octubre, en el sitio de buceo conocido como “Shark Bay” en las Isla Wolf. Fotos ©Chris Rohner y Jonathan R. Green 2016

El gran beneficio de esta marca es el detalle de la información de buceo, tanto en profundidad como de temperatura con sensores de alta resolución. En su contra si no llega a la superficie luego de su liberación no se recupera los datos.

Todos fueron puestos con un tiempo de liberación automático de seis meses desde su día de colocación. Aunque la vida útil de la batería es hasta 500 días o mas calculamos que a partir de los seis meses el crecimiento de broma y otros invertebrados mas algas pone en peligro su potencia de flotación y por entonces la probabilidad de recuperar los datos gravados. Si con esta prueba vemos que la mayoría, o todos se reportan vamos ampliando este tiempo en futuros trabajos de campo. Habido un solo re avistamiento de uno de los tiburones marcados en Darwin, ocho días después en la isla Wolf, (ver **Figura #5**). Este tipo de información nos ayuda a entender como se mueven dentro de la Reserva Marina de Galápagos y es importante involucrar los guías de buceo de la RMG conjunto a sus clientes buzos para la recopilación de estos datos. Quizás podría ser parte de los trabajos de voluntariado para la renovación de la licencia de guía aunque se esperaría su colaboración para ayudar a la ciencia, educación, los conocimientos en general y por supuesto la conservación de este especie icónico!

Resumen de video “FinCam” La colocación de una camera en un animal de este porte y tipo es técnicamente complicado. La puesta de una camera parecida el año pasado no dio resultado. Este año trabajamos con los ingenieros de una empresa de filmación del Reino Unido para mejorar el diseño en cuanto la parte hidrodinámica, flotabilidad, programación y transferencia de información y los sistemas de liberación y recuperación.

Las tres puestas dieron resultados con interesantes interacciones entre otros tiburones y el tiburón ballena. Muy notable fue la practica de limpieza por los tiburones Sedosos, *Carcharhinus falciformis*, que utilizan la ballena para sacar ectoparásitos y posiblemente para liberarse de peces rémoras, *Echeneis sp.* (En el video 22.55.00-23.00.00 se puede apreciar bien este comportamiento). Sorpresivamente también se gravo segmentos de audio cuyo origen es desconocido. Se sabe que los tiburones en general no tienen la capacidad para emitir sonidos pero se cree que algunas especies lo hacen mediante la expulsión de agua. Hay que hacer un análisis bien profundo para determinar si estos sonidos son mecánicos, de algún animal cerca al tiburón ballena, de los tiburones sedosos raspando la caja de la camera o del tiburón ballena en si. (Video 03.45.00-03.50.00... minuto 03:35). La primera puesta, en la aleta dorsal resulto con la camera siendo sacado por los tiburones sedosos. La segunda puesta salió por liberación mecánica por el sistema GTR. Su colocación fue en aleta pectoral izquierda para tener otro punto de vista. La tercera puesta, también en aleta dorsal, no fue sacado por los tiburones pero el ángulo de camera fue totalmente cambiado por sus constantes golpes. La boya flotadora de la camera ya tiene algunas marcas de dientes y se nota que es de gran interés para ellos. Quizás ellos a su vez ayudan a mantener limpios a los tiburones ballena y la sacada de la camera es solo un comportamiento de limpieza...

Observaciones ambientales

Las condiciones climáticas/oceanográficas fueron muy distintos a los tres años anteriores en la misma época. Este año registramos temperaturas de superficie, (SST) mas bajas y con la termoclina mas profunda. (Ver Figura #5) Mapa 1 de las temperaturas en 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 el mapa 2 de las temperaturas a finales de agosto del 2016 se puede apreciar una condición climática tipo “La Niña”. El frente ecuatorial se encuentra cerca de los 5° norte y esta bien definida. Se puede observar

también una fuerte presencia de las corrientes marinos Humboldt y Cromwell. El año pasado tuvimos un promedio de 27°C durante nuestro viaje de investigación comparado con un promedio de 23.5°C en la superficie este año en la misma época. También observamos un incremento en el numero de avistamientos de tiburón ballena este año. (Green J. Obs. personal).

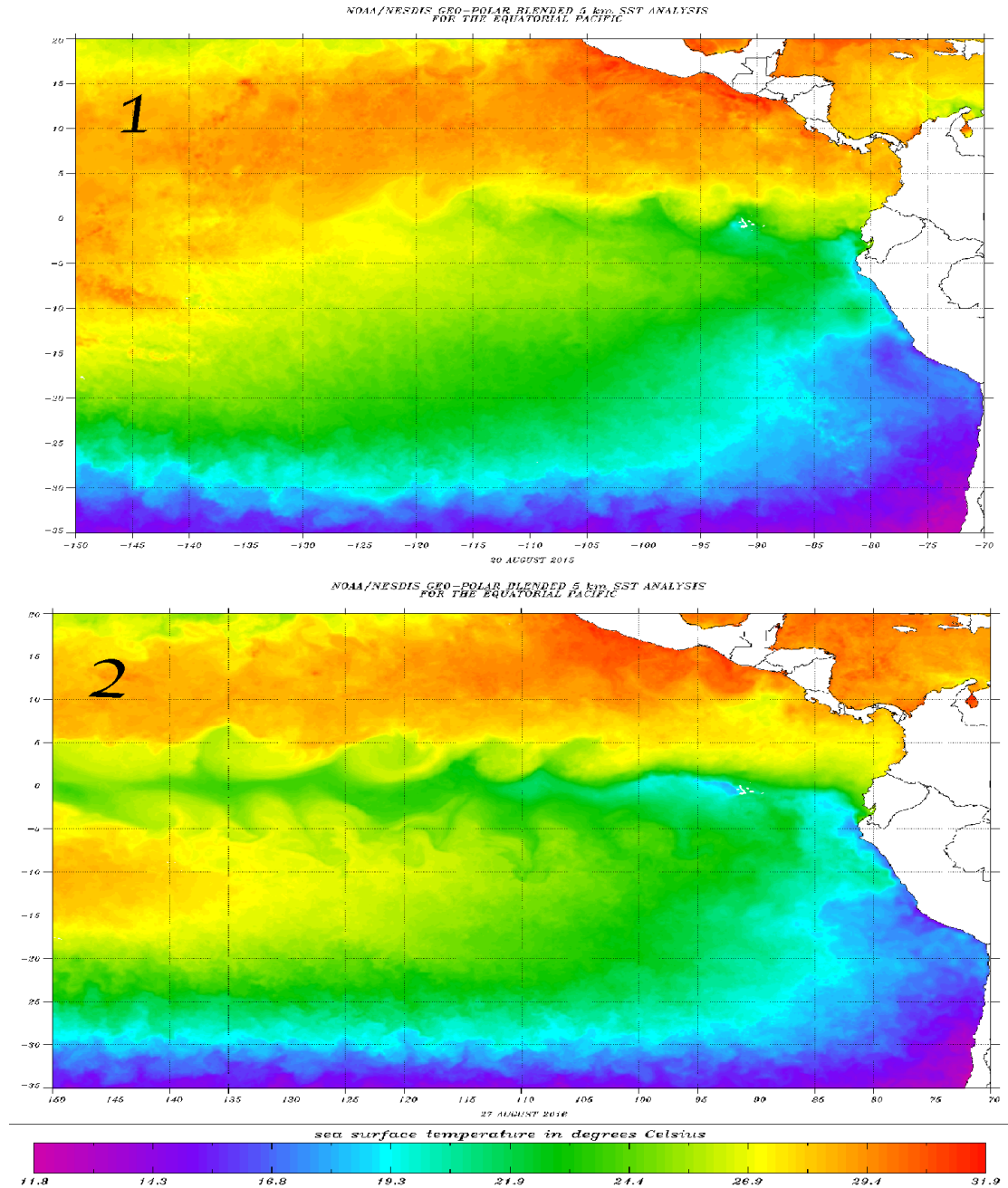


Figura #5 Mapa 1 de las temperaturas en superficie a finales de agosto del 2015. En el mapa 2 de las temperaturas a finales de agosto del 2016 (<http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/>)

Observaciones en general y opinión

Encontramos artefactos de pesca, una línea tipo “palangre” de aproximadamente 107m de largo con un total de 27 anzuelos y un equipo de atracción de peces, (FAD ver **Figura #6**) Durante el viaje de quince días observamos 12 tiburones con anzuelos

en la boca, 1 con un anzuelo en el ojo y un tiburón con anzuelo en la aleta dorsal. Fotografiamos dos individuos con anzuelos, (ver **Figura #7 y 8**).

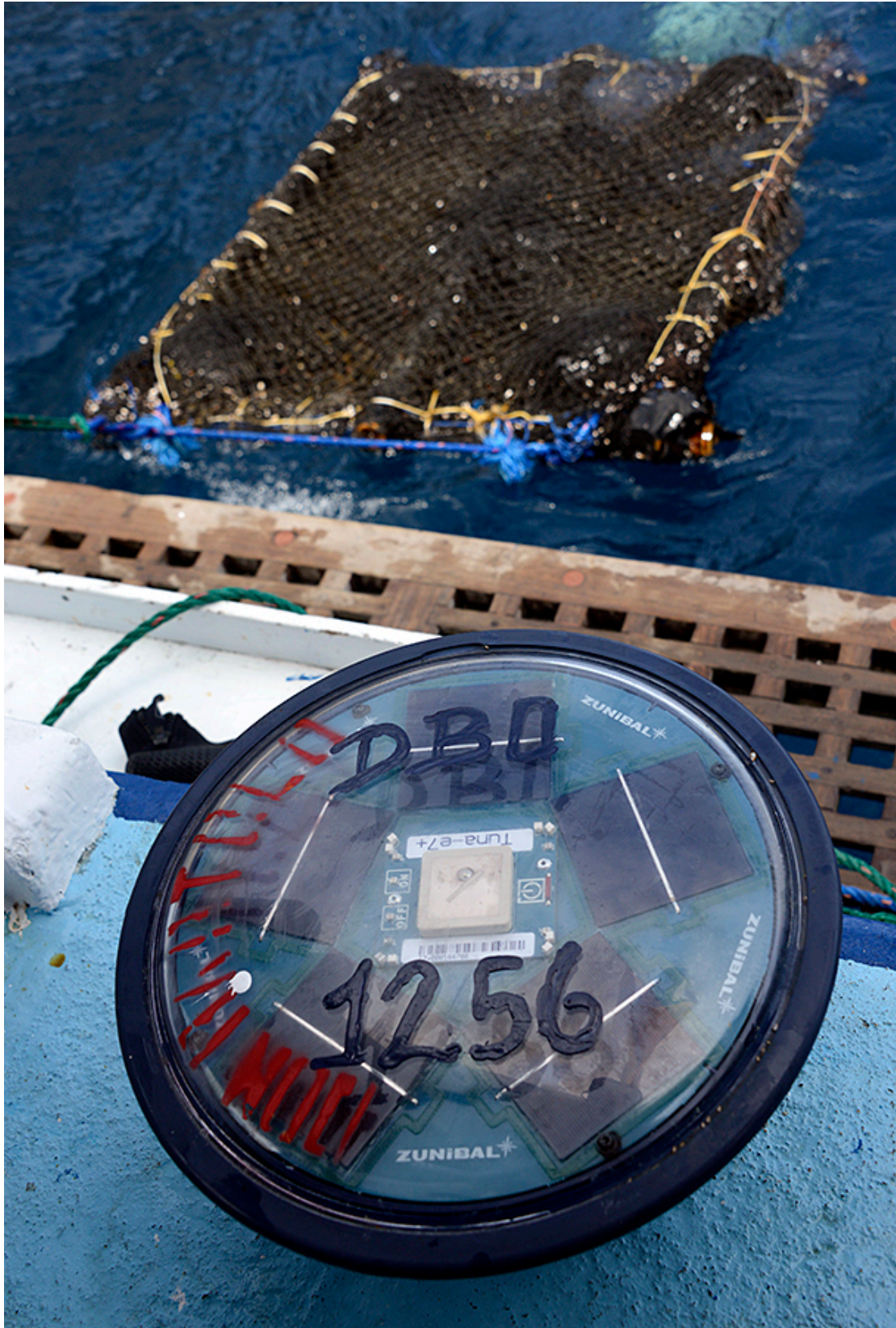


Figura #6 Artefacto para la atracción de peces, (tiburón) con huesos y grasa. Fue desmantelado para botar.



Figura #7 Tiburon Silky/Sedoso, *Carcharinus falciformis*, con anzuelo en la boca (Foto ©Simon Pierce 2016)



Figura #8 Tiburon martillo, *Sphyrna lewini*, con anzuelo en la boca. (Foto ©Simon Pierce 2016)

Aunque la pesca de palangre es prohibido dentro de la RMG los tiburones son altamente migratorios y salen de la zona protegida. Tema muy complicada pero una solución sería ampliar las aguas territoriales, tanto desde la costa de Ecuador

continental como alrededor de las islas Galápagos, haciendo una área protegida únicamente para cierto tipo de pesca. La única solución a largo plazo para proteger la megafauna marina es la ampliación de las zonas protegidas en donde no se permite la pesca industrial. El turismo de buceo incrementa cada día a niveles local, regional y global. Se proyecta una cifra de más de veinte billones de dólares hasta el año 2020 en esta actividad. Un tiburón vivo vale casi 2000% más que un tiburón muerto y es a largo plazo!

Sin tener datos científicamente comprobados me parece importante destacar las impresiones de todos los usuarios, científicos y guías de buceo en cuanto los cambios en la frecuencia de avistamientos y presencia de ciertas especies de peces en la zona de buceo del Arco de Darwin desde el mes de marzo del 2016 cuando este área fue declarada Santuario Marino. Hemos visto un incremento en atún de aleta amarilla, *Thunnus albacares*, especialmente de grupos de juveniles, bacalao, *Mycteroperca olfax*, de gran tamaño y “pansa blanca”. Además se han incrementado escuelas de palometas, *Seriola dorsalis*. Vale como observación histórica dado que el autor tiene casi tres décadas buceando por esta agua.

Difusión

Jonathan R. Green presentó una charla a los guías, guarda parques y el público en general en la biblioteca municipal a las 5pm el día viernes 6 de octubre, 2016.

Referencias

Acuña-Marrero D, J Jimenez, 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 Denzinger & L Vinuela (eds) The Galapagos Marine Reserve – A dynamic social-ecological system. Springer Press. Pp 23-59.