



PROYECTO DE TIBURÓN BALLENA DE GALÁPAGOS

REPORTE DE CAMPO 2018

JONATHAN R. GREEN
Y ALEX HEARN PhD

WWW.GALAPAGOSWHALESHARK.ORG



TRADUCIDO AL ESPAÑOL POR SOFIA M. GREEN



Sofia M. Green⁵, Jenny Waack⁵, Jonathan R. Green⁵, Harry Reyes¹, Simon J. Pierce², Rui Matsumoto⁷, Chris Rohner², Kiyomi Murakumo⁷ & Alex Hearn⁴

ORGANIZACIONES PARTICIPANTES:

- ¹DIRECCION DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS,
- ²MARINE MEGAFUNA FOUNDATION,
- ³GALAPAGOS CONSERVATION TRUST,
- ⁴UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO,
- ⁵GALAPAGOS WHALE SHARK PROJECT,
- ⁶PLANETERRA
- ⁷OKINAWA CHURASHIMA FOUNDATION





Figura 1. El Arco de Darwin y la Isla de Darwin, zona de buceo y studio. Foto Jonathan R. Green 2016

LA RESERVA MARINA DE GALAPAGOS

Con la creación de la Reserva Marina de Galápagos, (GMR), que se extiende 40 millas náuticas desde el punto más exterior de las islas periféricas, una gran área del Pacífico Este brinda protección a una comunidad marina diversa y próspera que incluye muchas de las especies endémicas de Galápagos en conjunto con la fauna nativa y especies migratorias, incluyendo al pez más grande del mundo, el tiburón ballena, *Rhincodon typus*.

Un viajero oceánico: el tiburón ballena se encuentra entre las latitudes de 40° norte y 45° sur en todos los océanos y se asocia principalmente con aguas tropicales, subtropicales y templadas (Ryan et al. 2017). Los tiburones ballena se alimentan principalmente mediante filtración de una amplia variedad de organismos planctónicos (microscópicos), pero se ha observado que también se alimentan de presa nectónica larvas de peces, crustáceos pequeños y,

ocasionalmente, atunes y calamares. Los tiburones ballena son ovovivíparos con huevos que se incuban dentro del útero de la hembra y que luego da a luz a crías vivas. Los tiburones ballena en el GMR son estacionales con los números más altos registrados durante los meses de julio a octubre. (Hearn et al. 2014) Se sabe muy poco acerca de su biología y ecología, y sobre sus movimientos en el Pacífico Este Tropical.

Figura 2 Izquierda, Mapa de la Reserva Marina de Galápagos con una línea base más 40 millas náuticas de limite. Derecha, Mapa Batimétrico de la Isla Darwin (Cesar Peñaherrera P. CDF).

El Proyecto de tiburón ballena de Galápagos comenzó en el 2011 con una serie de salidas de campo para estudiar los movimientos de los tiburones ballena dentro de la RMG y con marcaje de satélites para rastrear sus movimientos a escala local y regional. Los primeros datos mostraron que más del 99% de todos los avistamientos en las Galápagos eran de hembras adultas. (Acuña et al. 2014). El sitio de estudio es el Arco Darwin cerca de la Isla Darwin en el extremo norte del Archipiélago de Galápagos. (Ver Figuras 1 & 2)

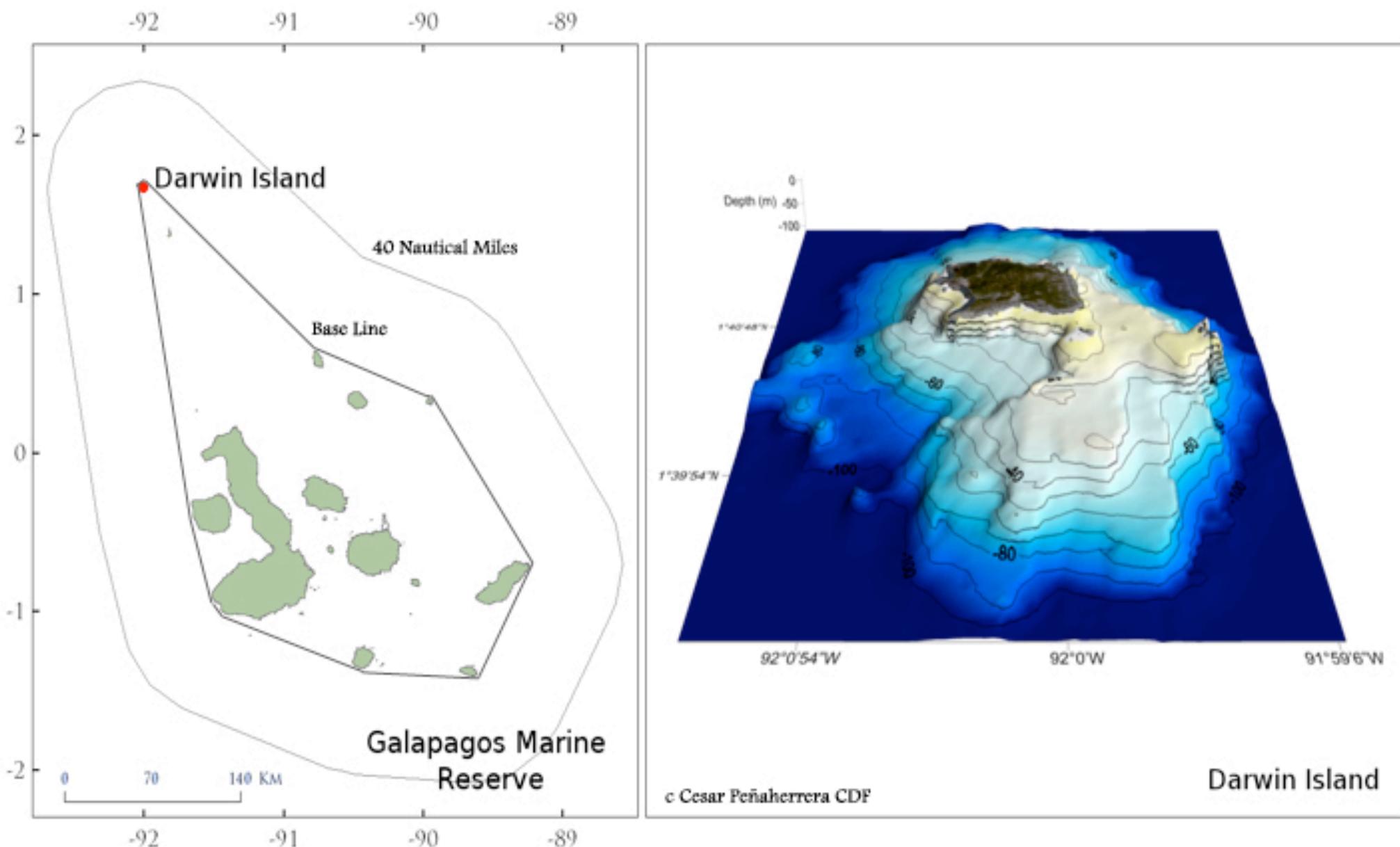




Figura 3: Tiburón Ballena nadando sobre la plataforma de Darwin. Foto: ©Jonathan R. Green 2018

LOS TIBURONES BALLENA

Los observadores también notaron que ninguno de los tiburones parecía estar alimentándose y que en su mayoría se los ve con la boca cerrada o solo ligeramente separada. Desde que comenzó la observación en 1991, solo se ha confirmado la vista de un tiburón ballena alimentándose en el sitio de buceo, El Derrumbe en la Isla Wolf, (Green Obs. pers. 2012), aunque también se han realizado informes de naturalistas que dicen haber visto tiburones ballenas alimentándose cerca de la isla Santiago, pero no han sido fundamentados. Además, más del 95% de las hembras adultas presentan un abdomen muy extendido, lo que puede sugerir un estado de gestación (Ver figura 4).

Una de las preguntas más frecuentes sobre los tiburones ballena es el lugar o los lugares y el hábitat en el que nacen los tiburones ballena. Históricamente, solo unos pocos neonatos, <1 m, tiburones ballena han sido reportados, ya sea por captura incidental o encontrados en aguas costeras

poco profundas por pescadores y buzos. Teniendo en cuenta su distribución y la naturaleza prolífica de los nacimientos de tiburones ballena, (Joung et al. 1996, Schmidt et al. 2010) se trata de un número sorprendentemente pequeño de encuentros con neonatos. De manera similar, la captura incidental de pesquerías como la pesca de atún de cerco en áreas pelágicas también informa un número extremadamente bajo de capturas, aunque existen informes para tres regiones oceánicas, el Pacífico, el Atlántico e Índico. Se cree que los tiburones ballena neonatales tienen capacidades limitadas para nadar en comparación con los juveniles y adultos (Martin, 2007). ¿Podría ser entonces que los tiburones ballena estén naciendo por debajo de las profundidades en las que están presentes la mayoría de los depredadores que atacarían a los recién nacidos, cerca de plataformas marinas como la plataforma de Galápagos y en los montes submarinos que pueden proporcionar un hábitat más protegido que el océano abierto?

Figure 4: Hembra madura >10m con abdomen distendida.
Foto: ©Sofia M. Green 2018



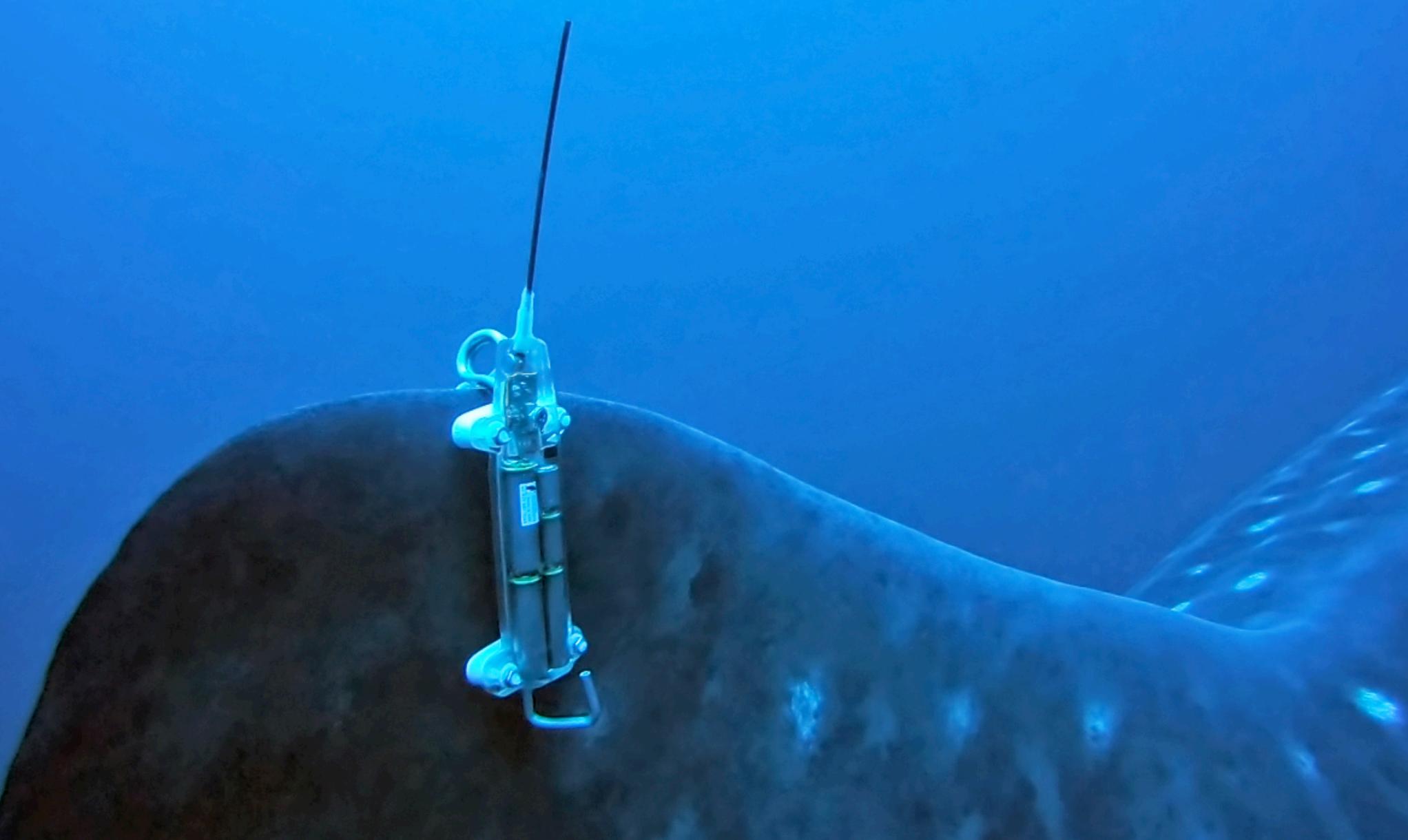


Figura 5 Marca tipo montaje de aleta, SPOT6 - 257, montada en la aleta dorsal del tiburón.
Foto: ©Jonathan R. Green 2018

MARCAS SATELITALES

Los rastros de las marcas satelitales desplegadas en los últimos siete años han demostrado que los tiburones ballena pasan por la Isla Darwin, pero pocos permanecen más de 48 a 72 horas (Acuña et al. 2014). Muchas de los rastros también muestran que después de dirigirse hacia el oeste, los mismos tiburones regresan por el Arco de Darwin antes de dirigirse hacia el sur en noviembre-diciembre hacia la ruptura de la plataforma de Perú. Ahí parecen pasar el tiempo alimentándose en las áreas de afloramientos ricos de alta productividad asociados con la zona costera de Perú y la corriente de Humboldt. La pregunta que surge aquí es ¿por qué motivo los tiburones ballena están viniendo a Darwin?

Esta temporada implementamos un diseño prototipo de marcas de tipo montaje de aleta (ver Figuras 5,6 y 7), alejándonos de las etiquetas remolcadas utilizadas en temporadas anteriores, para tratar de lograr un mayor

porcentaje de retención de marcas y períodos más largos de transmisión de datos. También nos enfocamos más en el estado reproductivo de los tiburones hembras para tratar de determinar el embarazo usando equipos de ultrasonido y tomando muestras de sangre para analizar en el laboratorio.

Marcas satelitales: Para obtener datos a largo plazo de las marcas, decidimos utilizar un montaje de aleta sin capacidad de flotación, ya que la probabilidad de recuperar estas etiquetas es casi nula. Nuestro tiempo de seguimiento más largo de una marca fue de la temporada pasada con una marca SPOT6 que duró aproximadamente 300 días, que fue la vida útil estimada de la batería dados los parámetros preprogramados para las

Figura 6 SPOT6 – 257 con capacidad de 1500 días de batería. Foto: ©Jonathan R. Green 2018

Figura 7 SPOT6 – 258 con capacidad de 300 días de batería. Foto: ©Jonathan R. Green 2018



transmisiones diarias. Como sabemos que los tiburones no regresan generalmente durante este período, necesitamos datos que indiquen movimientos durante un período de tiempo mucho más largo. El SPOT6 tipo 257, utilizado por primera vez este año, tiene una duración de batería estimada de 1500 días o 4,1 años. Esto nos brinda potencialmente una mejor oportunidad de rastrear los movimientos regionales e incluso registrar su regreso a la RMG. Un factor importante que debe tenerse en cuenta es, por supuesto, el incrustamiento de los invertebrados marinos y las algas comienzan a colonizar las superficies de las marcas y comprometen la funcionalidad. La marca está recubierta con

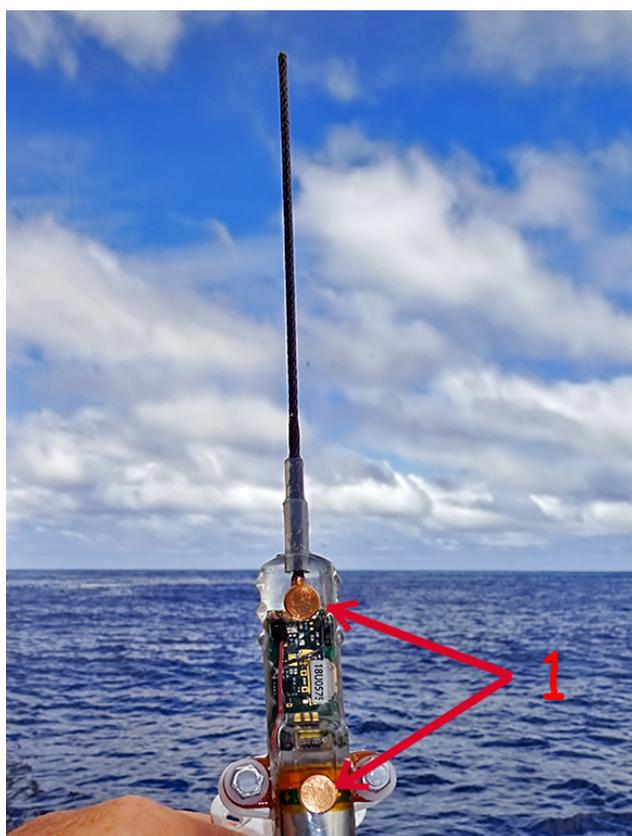


Figura 8: Dr. Alex Hearn monta una marca a SPOT6 / 258 en la aleta dorsal del tiburón ballena. Foto: ©Jonathan R. Green 2018

pintura anti incrustante para retrasar este proceso, pero la protección disminuye después de 18 meses en promedio.

En comparación con las marcas tipo montaje de aleta de la temporada del 2017, la marca es colocada más alta en la aleta dorsal y la antena está en posición vertical para maximizar la oportunidad de transmisión.

Figura 9 No. 1 señala el sensor húmedo/seco, en la marca SPOT6 - 258. Foto: ©Jonathan R. Green 2018

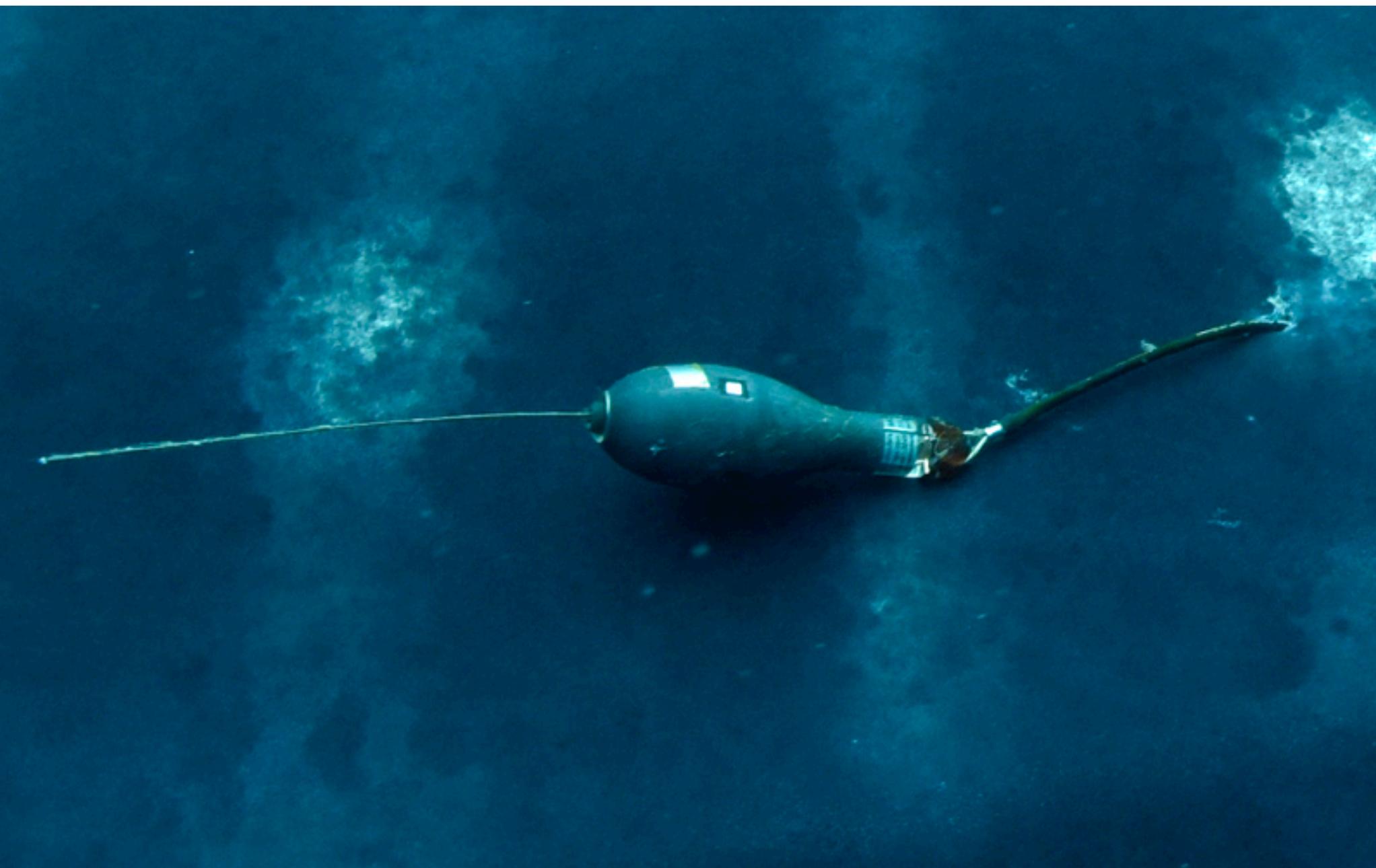


También probamos una marca SPOT6 - 258 más pequeña (53 gramos en comparación con los 160 gramos de la marca más grande), que tiene una capacidad de batería de 300 días a 250 transmisiones por día. Ambas marcas, desarrolladas por Wildlife Computers, tienen los sensores húmedo/seco cerca de la base de la antena, de modo que tan pronto como la aleta del individuo salga de la superficie, la marca comenzará a transmitir datos de posición e histogramas de

temperatura. Con la posición mejorada en la aleta y la dirección de la antena, somos optimistas de obtener datos superiores.

También implementamos siete marcas miniPAT, (ver Figura 10), tres de ellas como parte de un doble marcaje al mismo tiburón con marcas SPOT6, (ver apéndice 1) y actualizamos algunas de las configuraciones para intentar mejorar los datos y la retención con estas etiquetas también. La profundidad de desprendimiento se cambió de 1400m a 1700m, ya que todos los desprendimientos de la temporada pasada fueron prematuros debido al buceo profundo. El tiempo de lanzamiento también se incrementó de 4 meses a 6. El implemento todavía se realiza con una pistola de lanza neumática, pero con una cuerda muy corta para reducir la extracción por parte de las especies asociadas, principalmente otras especies de tiburones y jureles gigantes, todos los cuales se observaron estrechamente asociados con los tiburones ballena en el momento del marcaje o poco después.

Figura 10 marca miniPAT con 15cm de cable. Foto: ©Jonathan R. Green 2016



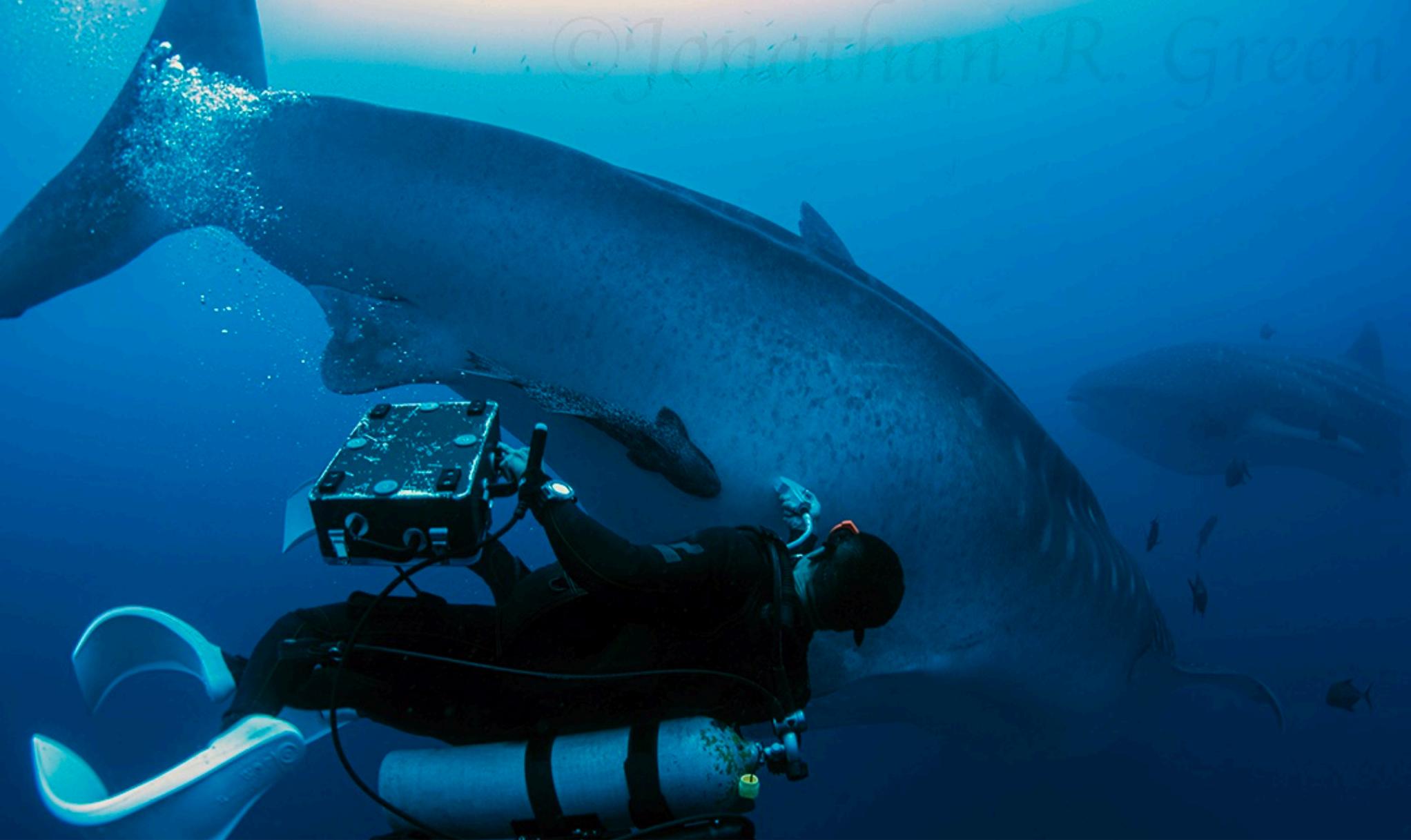


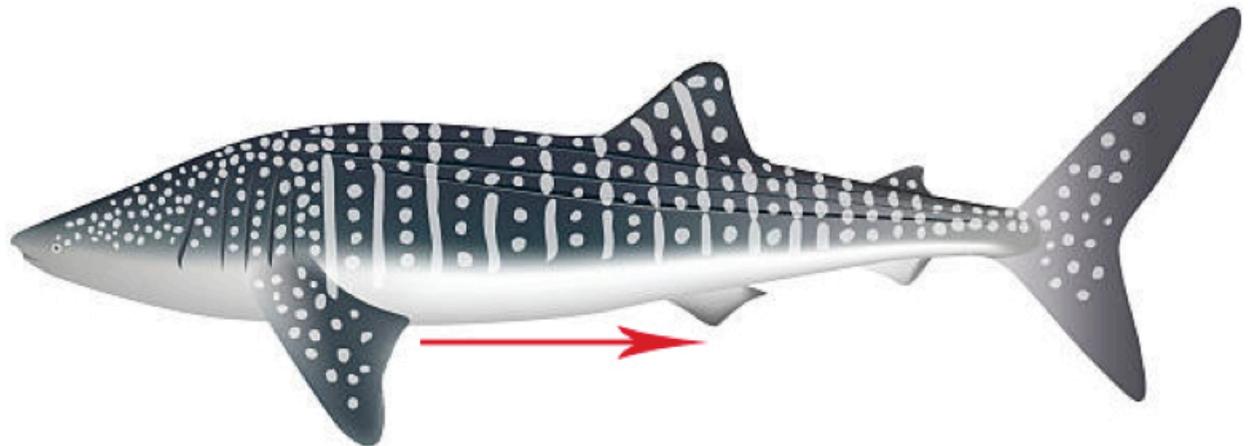
Figura 11: Rui Matsumoto realiza un examen de ultrasonido en un tiburón ballena hembra en estado salvaje. Foto: ©Jonathan R. Green 2018

ULTRASONIDO

Aunque se intentó hacer ultrasonido el año pasado, no se obtuvieron imágenes de los órganos internos o la estructura. Para confirmar el estado reproductivo necesitamos obtener imágenes que muestren físicamente indicaciones de órganos, huevos o embriones. La misma unidad, un sistema portátil Hitachi Aloka se usó como el año anterior, pero con una penetración mejorada que permitió la captura de imágenes a una profundidad de 40 cm. Sin embargo, esta configuración produjo un haz más disipado, por lo que se estableció en 30 cm para una imagen más clara. Nuestro conocimiento de la fisiología de los tiburones ballena adultos se basa principalmente en individuos atrapados en redes de los cuales se realizaron autopsias, pero el personal médico y de investigación de la Fundación Churashima de Okinawa a menudo utiliza la ecografía para verificar el estado del embarazo y la salud de referencia de una diversidad de elasmobranquios, incluyendo al tiburón ballena.

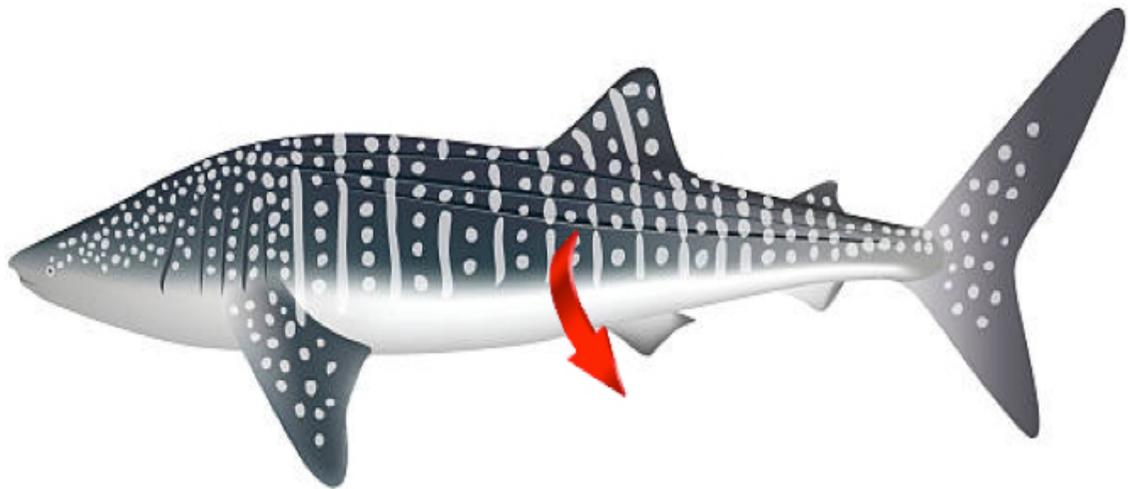
Inicialmente, el transductor se movió en forma longitudinal (ver Figura 12), para capturar imágenes de toda el área ventral anterior de las aletas pélvicas, pero el grosor de la piel del abdomen superior era tan grueso que el ultrasonido no podía penetrar la

Figura 12 Exploración longitudinal utilizada al principio por el Dr. Rui Matsumoto



cavidad abdominal y ningún detalle se pudo ver. La piel en esta área tiene un grosor de 27 cm, medida por ultrasonido.

Figura 13 Exploración transversal utilizada más tarde por el Dr. Rui



Por esta razón, después de tres intentos, Rui Matsumoto comenzó a escanear un transecto desde la parte superior del abdomen hacia la línea media ventral justo antes de las aletas pélvicas. (Ver Figura 13)

Con un éxito cada vez mayor, las imágenes revelaron órganos y sus contenidos, vistos por primera vez de tiburones ballena hembras adultas en ambiente libre y en estado salvaje, (no en acuarios o atrapados en redes).

El primer avance fue cuando el equipo de Okinawa pudo detectar la presencia de ovarios desarrollados y dentro de ellos, folículos bien desarrollados. (Ver figuras 14, 15 y 16, imágenes de ultrasonido). En esta área, adyacente a las aletas pélvicas, el grosor de la piel era de poco más de 10 cm y permitía una penetración suficiente del ultrasonido.

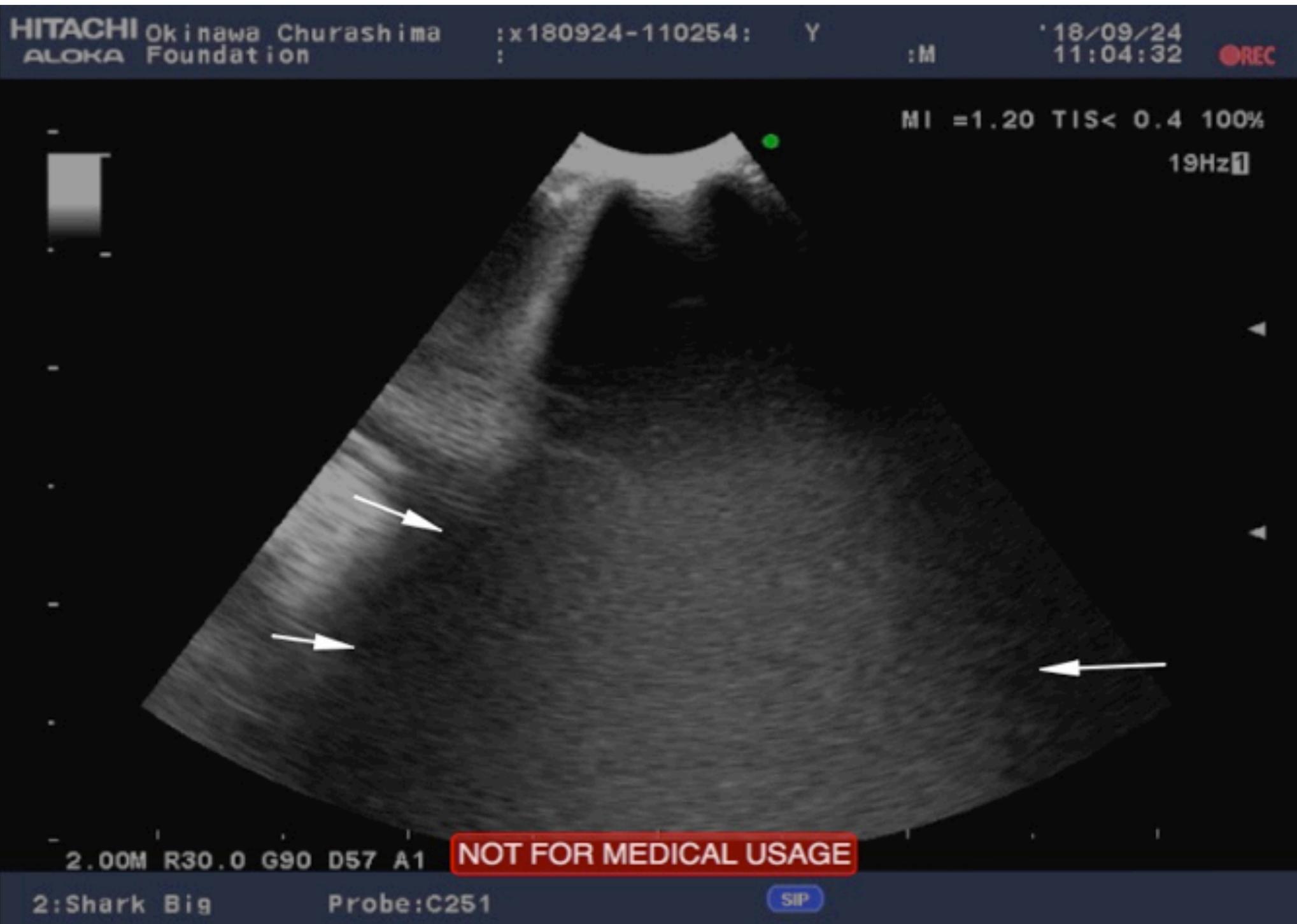


Figura 14 Imagen ecográfica del tiburón ballena que muestra ovarios con folículos.
©Fundación Okinawa Churashima

Sin embargo, el área que pudimos examinar es muy limitada. Aunque las imágenes muestran por primera vez los ovarios y folículos todavía necesitamos poder examinar el área ventral anterior para determinar el embarazo, ya que las hembras de tiburón embarazadas tienen una gran distribución de los huevos en los ovarios. El útero y los embriones (si estuviesen presentes) probablemente se encontrarán en el área anterior.

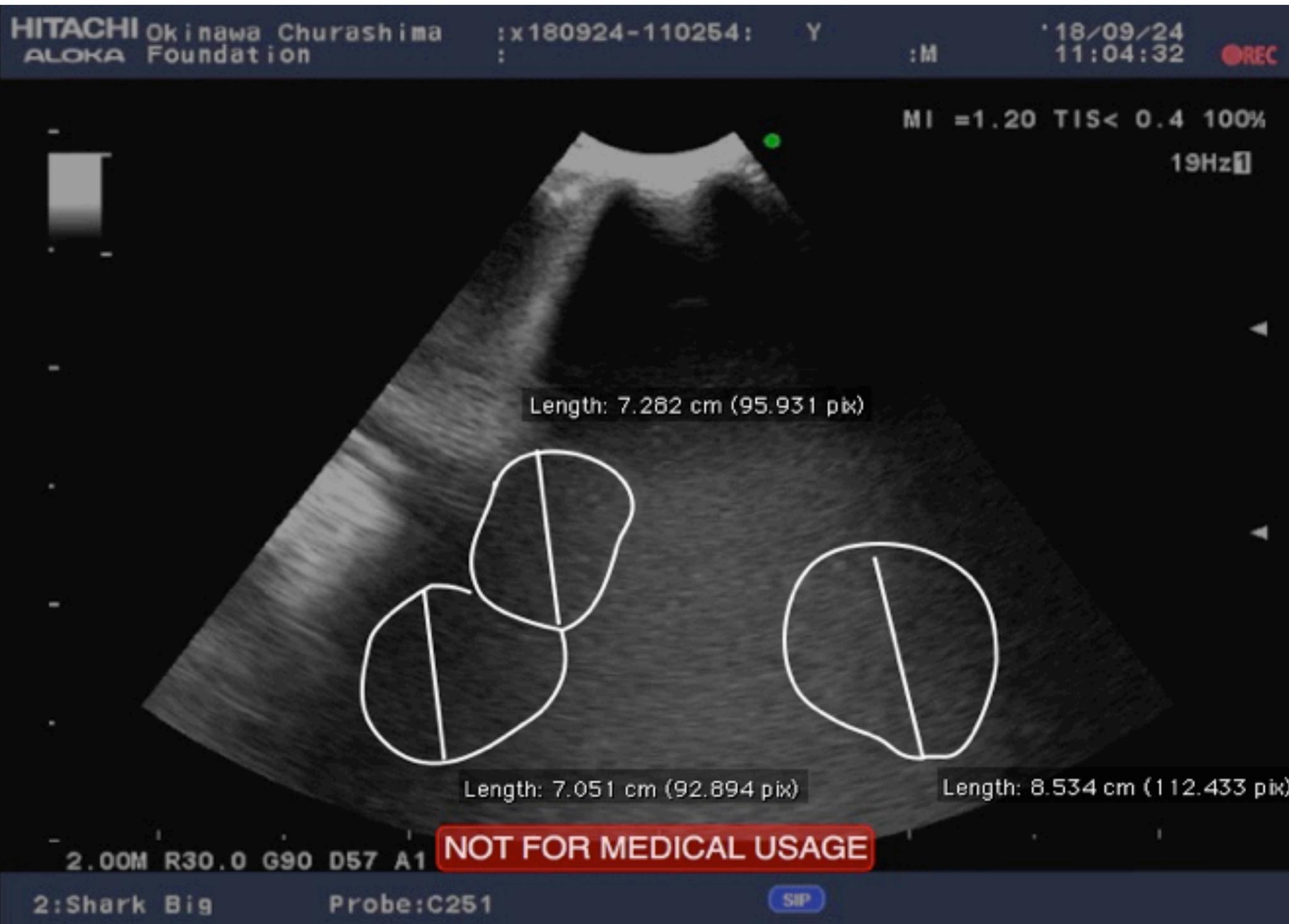


Figura 15 Imagen de ultrasonido del tiburón ballena que muestra ovarios con folículos delineados y estimaciones de tamaño. © Fundación Okinawa Churashima

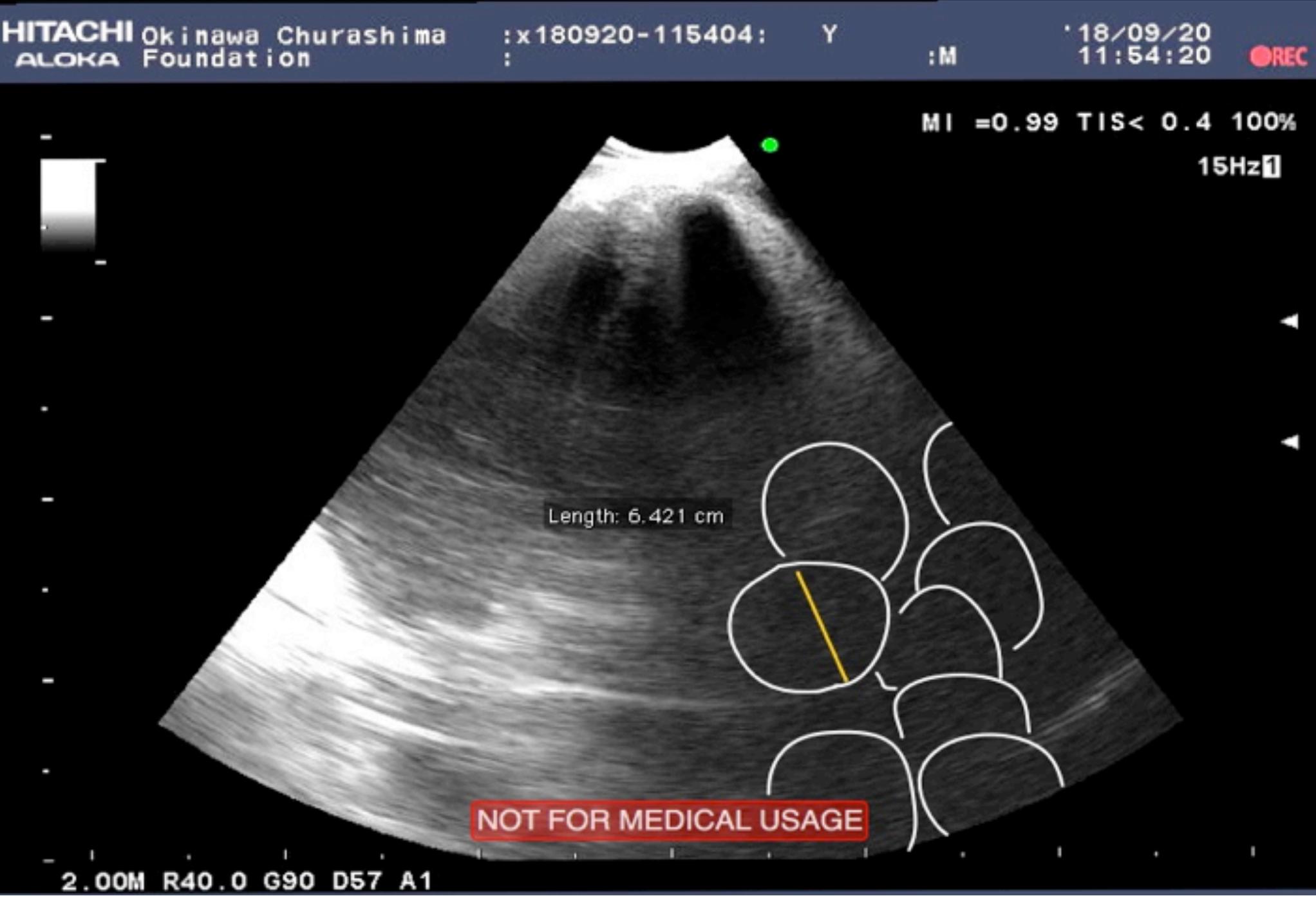


Figura 16 Imagen de ultrasonido del segundo tiburón ballena que muestra folículos con estimaciones de tamaño. © Fundación Okinawa Churashima



Figura 17: Extracción de sangre de la aleta pélvica. Foto: ©Jonathan R. Green 2018

EXTRACCIÓN DE SANGRE

Se extrajeron dos muestras de sangre la temporada pasada, julio de 2017, pero no se analizaron. Pudimos obtener otras 6 muestras de sangre, todas de tiburones ballena hembra adultos. Una muestra de la temporada pasada fue de un macho adulto. Nuestro permiso nos permitió transportar 5 de las 6 muestras de esta temporada a la Universidad de San Francisco de Quito, donde se analizaron posteriormente junto con las dos del año pasado. Un miembro de la Fundación Okinawa Churashima, el Dr. Ryo Nozu, un experto en fisiología reproductiva de elasmobranquios y endocrinólogo, viajó desde Japón solo para realizar el análisis.

La sangre fue extraída por Kiyomi Murakomo, de la aleta pélvica (ver Figura 17), ya que esto ha resultado más fácil que extraer sangre de la zona de la aleta dorsal. Para obtener uniformidad en el muestreo, esta fue la única área

Figura 18 Instrumento de extracción de sangre con sangre de dos tiburones hembra adultos e imagen de recuadro para la escala ©Jonathan R. Green 2018

muestreada. El instrumento de muestreo es compuesto por una jeringa doble con llave de paso y una aguja de 189mm. La sangre se introdujo primero en la jeringa secundaria, en donde está contaminada con agua de mar, la válvula se cierra y la sangre no contaminada se introdujo en la jeringa primaria. El grosor de la piel resultó ser un desafío y el procedimiento de extracción de sangre a menudo tenía que realizarse en menos de 30 segundos antes de que el animal pasara por debajo de nuestra profundidad máxima de operación segura de 40 m (ver Figuras 18 y 19).

A bordo, el plasma y la sangre completa se almacenaron en viales separados en el congelador antes de su transporte a la USFQ. La muestra también se analizó a bordo para determinar la presión parcial de oxígeno y dióxido de carbono, ácido láctico y pH para

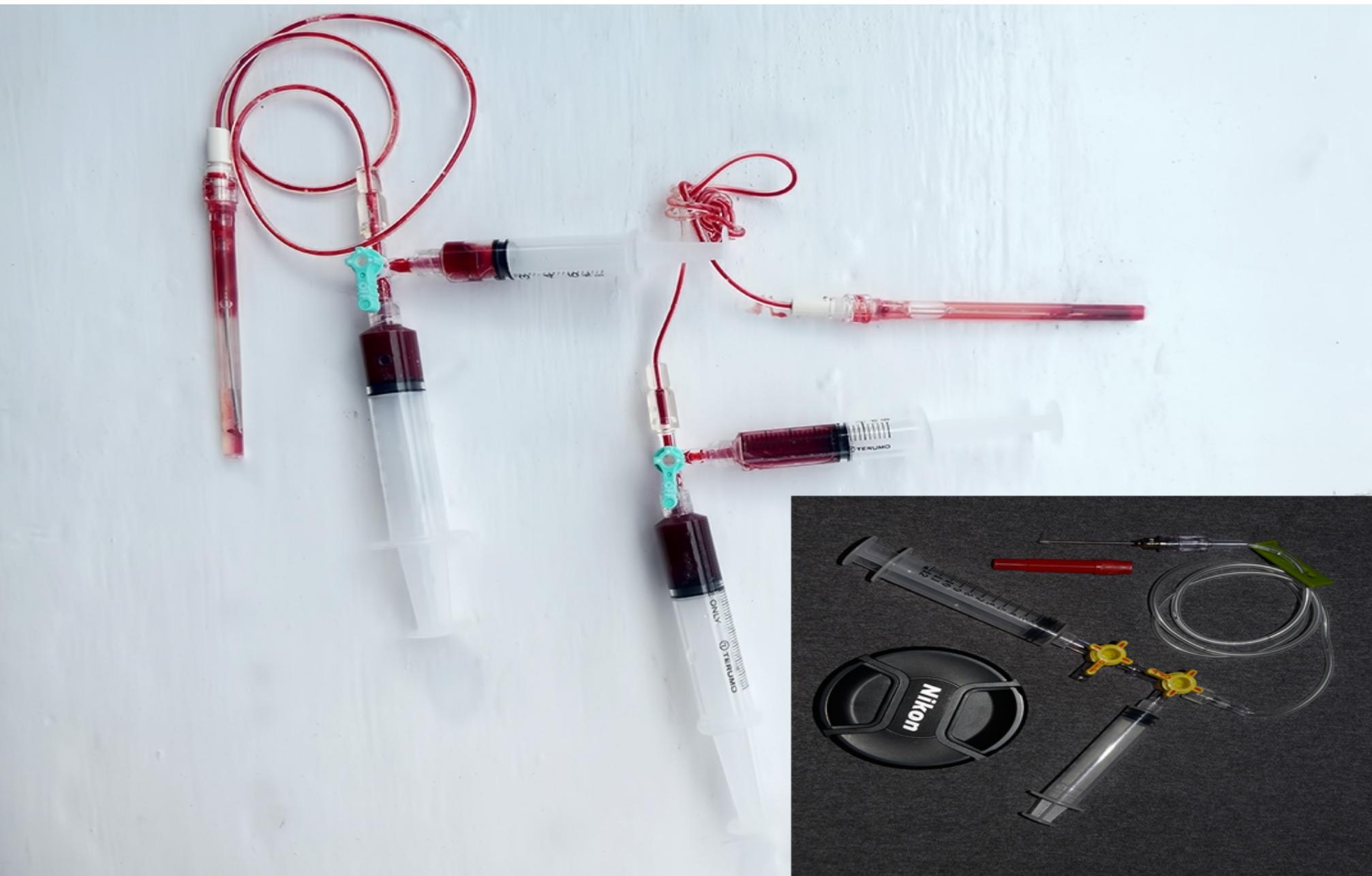




Figura 19
Extracción de
sangre de aleta
pélvica.
©Jonathan R.
Green 2018

comprender la condición física de los tiburones. (Ver Figura 20).
En la universidad, el plasma se procesó mediante electroforesis y
los resultados se llevaron a un análisis posterior por parte del Dr.
Ryo Nozu, a la Fundación Okinawa Churashima en Japón.

Figura 20 Izquierda, análisis a bordo de la presión parcial de O₂, CO₂, pH y ácido láctico.
Centro, la muestra es colocada en el centrífugo. Derecha, Muestra separada en glóbulos rojos y
plasma (preservadas en viales separados en el congelador) Fotos: ©Jonathan R. Green 2018.

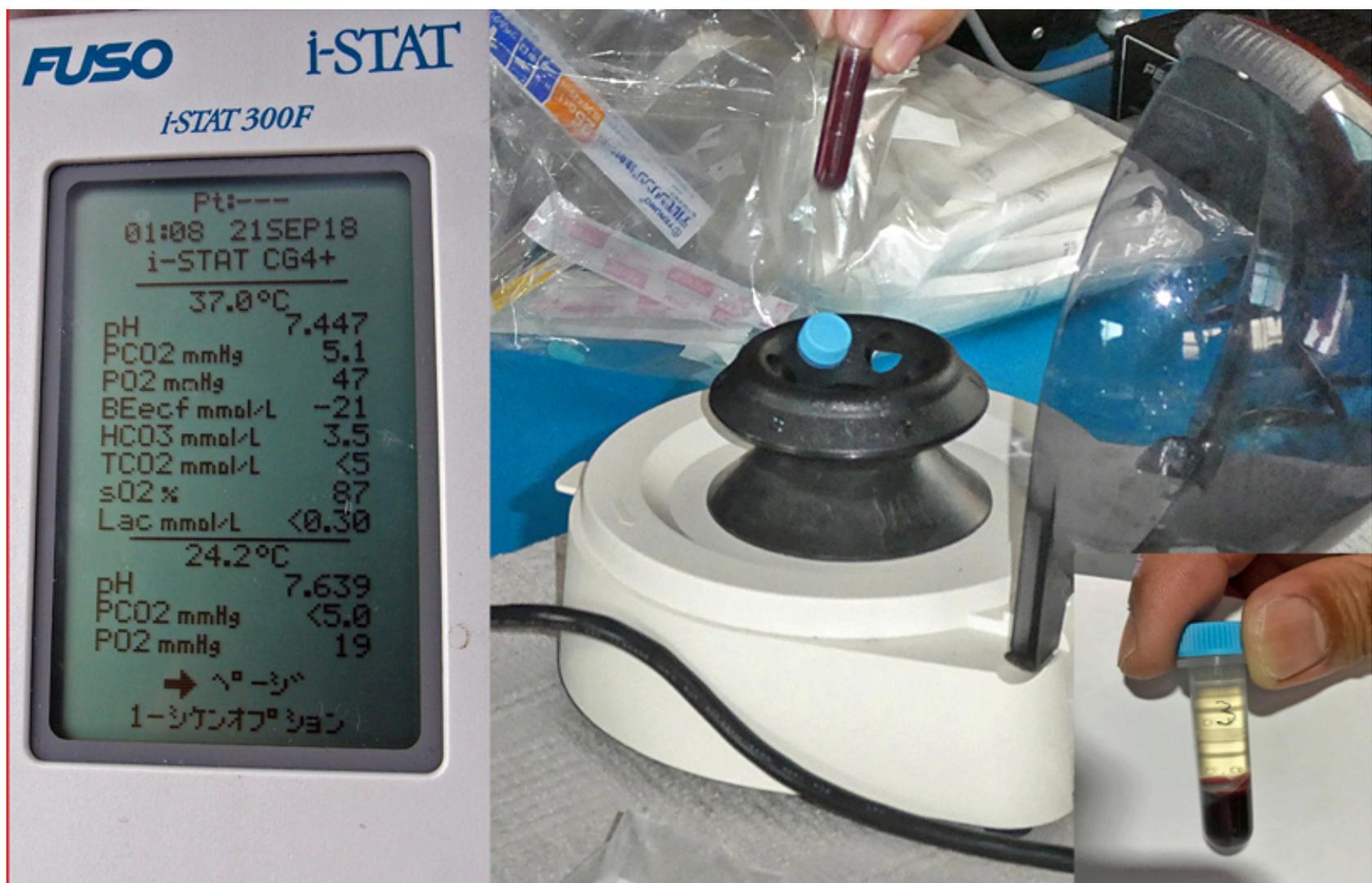




Figura 21: Un buzo se acerca para recolectar una muestra de tejido Foto: ©Jonathan R. Green 2018

BIOPSIA / MUESTREO DE TEJIDO:

Figura 22 (derecha) La muestra de tejido de la piel aprox. 2 cm recogidos utilizando una punta de biopsia marina. Foto: © Jonathan R. Green 2018

Se recolectaron cinco muestras de tejido cutáneo utilizando una pistola neumática Cressi SL55 con una punta de biopsia marina

PneuDart (ver Figura 22). Cada uno de estos se dividió a bordo de la Mabel en 3 viales, 2 se conservaron en etanol al



98% para el análisis de ADN y 1 se congeló para el análisis de isótopos estables y ácidos grasos. Estos se encuentran actualmente en el Centro de Ciencias de Galápagos en San Cristóbal, a la espera de los permisos de transporte.

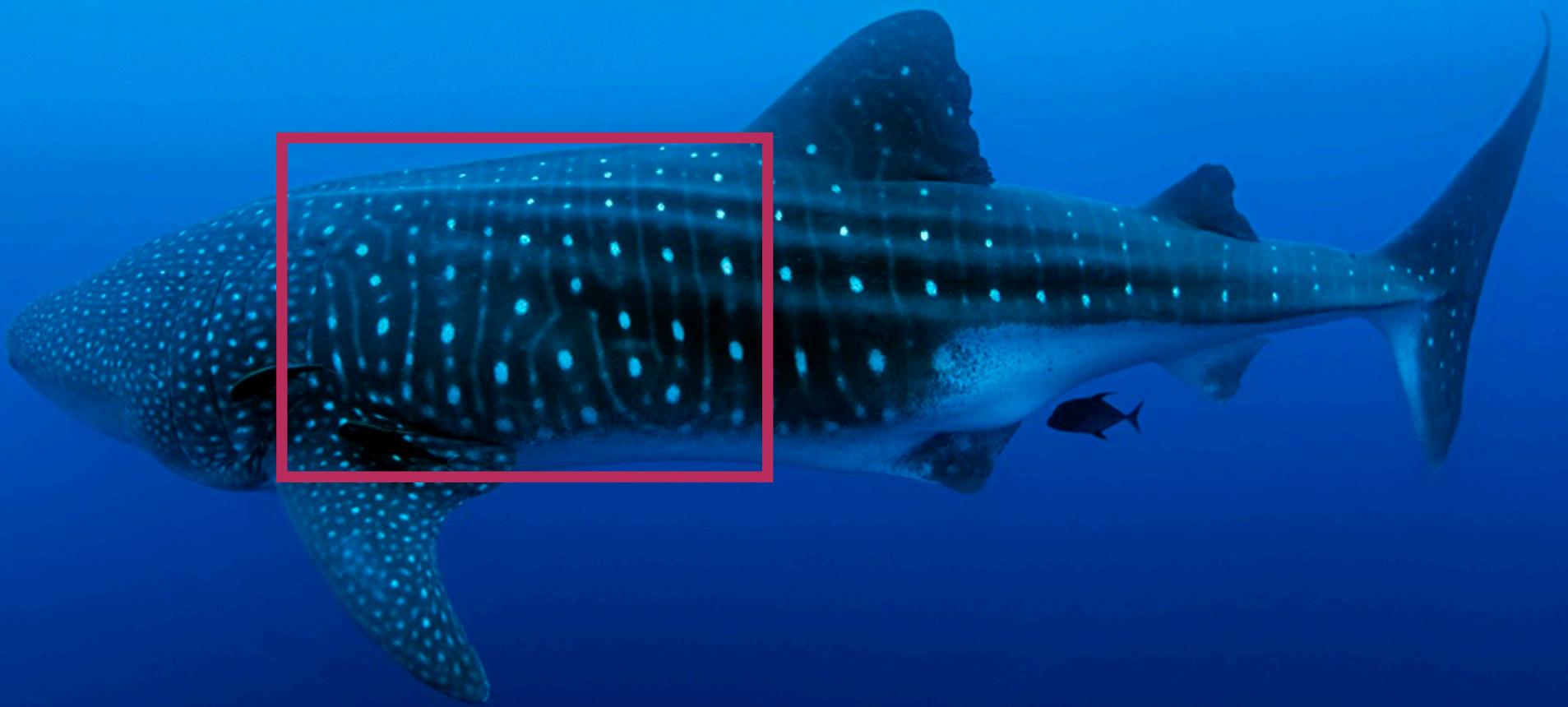


Figura 23 El área que se muestra dentro del recuadro rojo se usa para mapear los patrones de puntos únicos para la identificación. Foto ©Jonathan R. Green 2018.

FOTO IDENTIFICACIÓN

Se fotografiaron un total de 35 tiburones ballena individuales y los datos se subieron a la página web del Wildbook for Whale Sharks, <https://www.whaleshark.org/> un base de datos globales para la identificación del tiburón ballena (Ver Apéndice # 1).

Al igual que con todos los trabajos de campo anteriores, intentamos obtener imágenes del flanco izquierdo y derecho desde la quinta abertura branquial hasta la base anterior de la aleta dorsal, con prioridad en el lado izquierdo. (Ver Figura

23). El propósito de la foto identificación es estudiar la fidelidad del sitio, cuánto tiempo permanecen en el área del Arco Darwin y la frecuencia con la que regresan a esta área. Además, informa sobre cualquier avistamiento anterior o futuro y proporciona datos de los movimientos de los tiburones durante un período de tiempo. Estos datos pueden usarse para inferir el comportamiento e identificar áreas de necesidades específicas, como la alimentación, la reproducción y el parto.

Figura 24: Una tiburón ballena hembra adulta y masiva nada por el Arco de Darwin.
Foto © Sofía M. Green 2018





Figura 25: Dos tiburones ballena se pasan uno sobre el otro Foto: © Jonathan R. Green 2018

RESULTADOS

Este año logramos llevar a cabo una serie de actividades con resultados concretos que son los primeros en la investigación del tiburón ballena en el mundo. Las imágenes de ultrasonido de los ovarios que contienen folículos y el análisis hormonal químico de la sangre permiten conocer el estado reproductivo de los tiburones ballena. Aunque aún no hemos podido determinar la presencia o ausencia de embriones, ahora sabemos que los grandes tiburones ballena hembra que visitan las aguas de las Galápagos son realmente sexualmente maduras y pronto copularán o pueden haber copulado recientemente, según el Dr. Rui Matsumoto. Las muestras de sangre y el análisis de diagnóstico aún están pendientes, ya que el Dr. Ryo Nozu hará un seguimiento después de su viaje más reciente. In situ pudimos ver que la presión parcial de O₂ and CO₂ indicaba que los tiburones ballena de los que se extraía la sangre estaban sanos, mientras que el ácido láctico indicaba

niveles muy bajos de estrés comparando con los datos del acuario (bajo estrés) y los datos de individuos que han sido capturados en redes por las operaciones de los pescadores comerciales en Japón (alto estrés). Dado que una de estas muestras era de una hembra que había sido previamente marcada con doble marca satelital y a la cual se le realizó un examen de ultrasonido, esto ayuda a confirmar que la intervención científica causa poca o ninguna reacción y no es una causa directa de estrés.

Este año aumentamos la profundidad del desprendimiento de las marcas miniPAT desde 1400m a 1700 m y el tiempo de inactividad desde cuatro meses a seis meses a diferencia de la temporada pasada. Esperamos que eso pueda extender el tiempo y la profundidad de los datos del perfil de inmersión para los siete miniPAT implementados esta temporada. A continuación, se presentan los perfiles de buceo obtenidos de la temporada pasada:

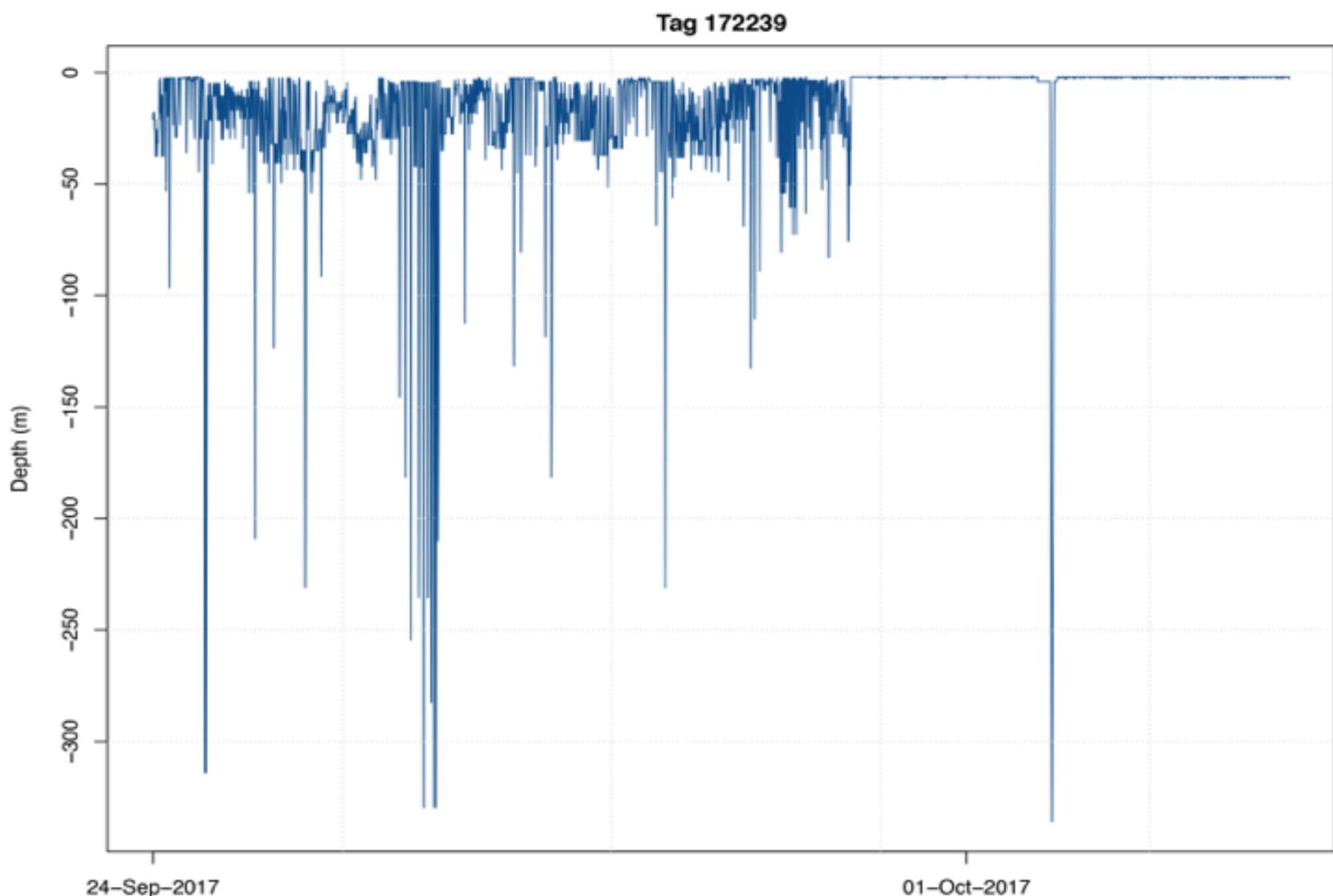


Figura 26: perfil de buceo marca miniPAT No. 172239 © Marine Megafauna Foundation

Figura 27:
perfil de
buceo
miniPAT No.
172240
© Marine
Megafauna
Foundation

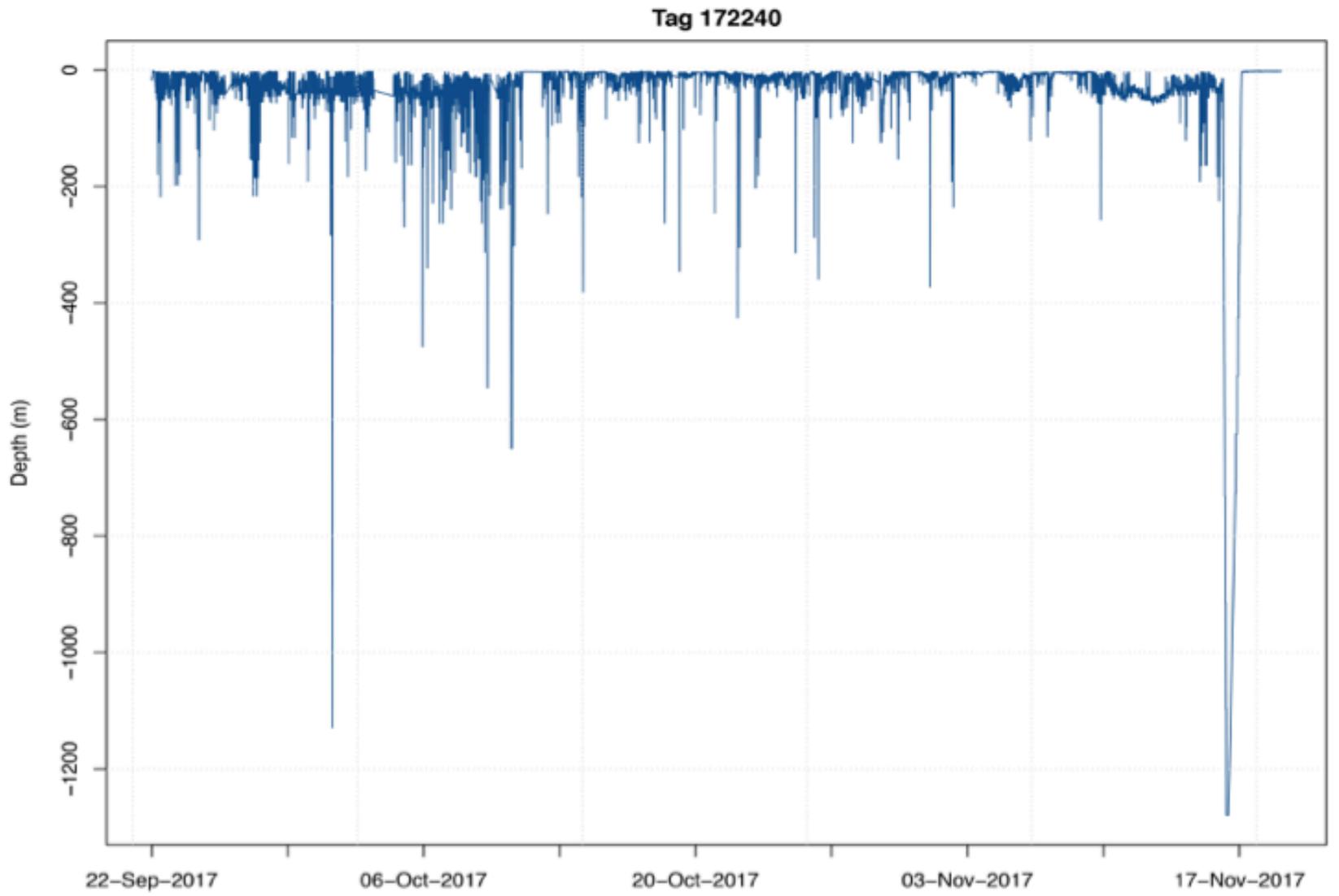


Figura 28:
perfil de
buceo
miniPAT No.
172241
© Marine
Megafauna
Foundation

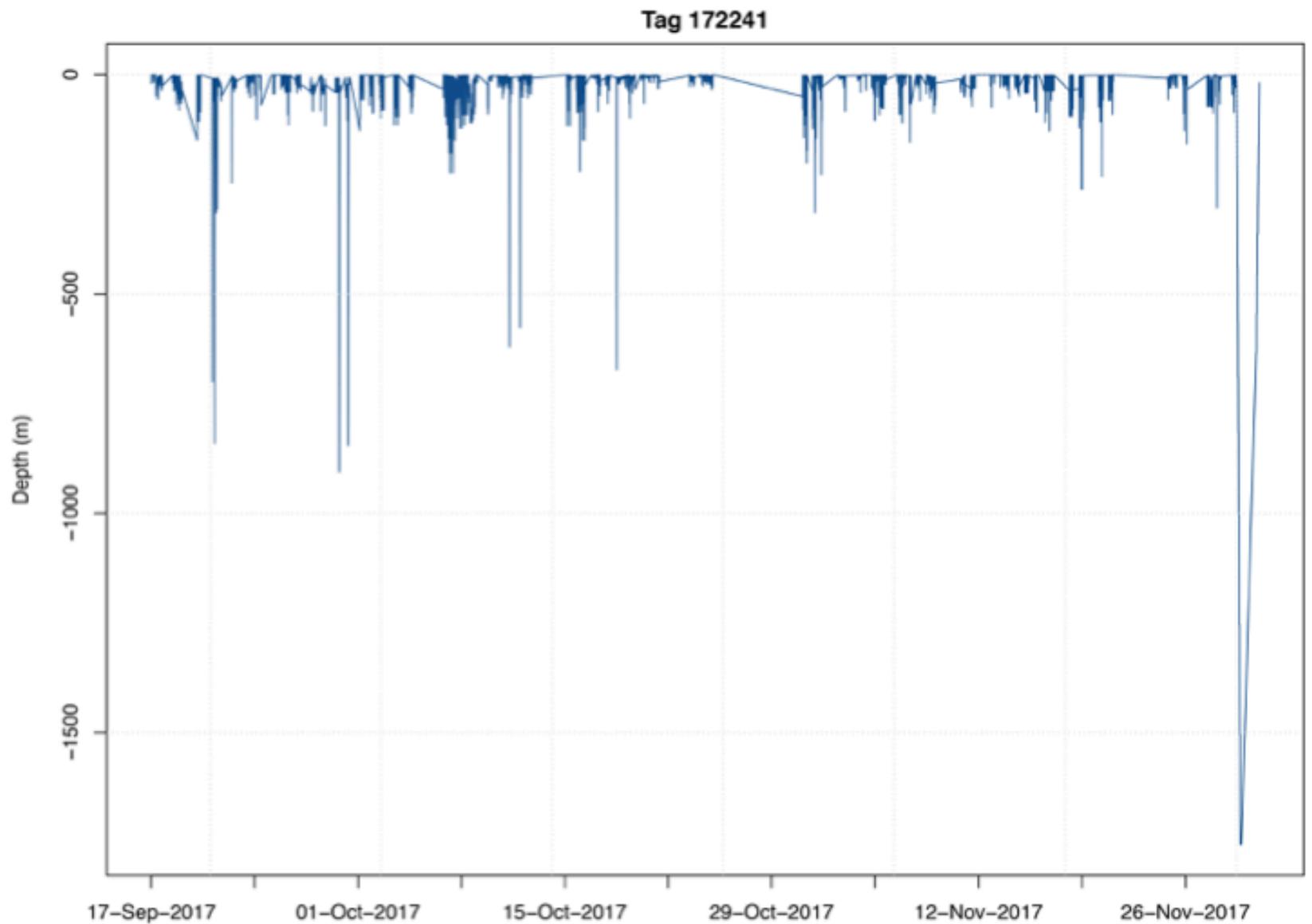


Figura 29:
perfil de
buceo
miniPAT No.
172245
© Marine
Megafauna
Foundation

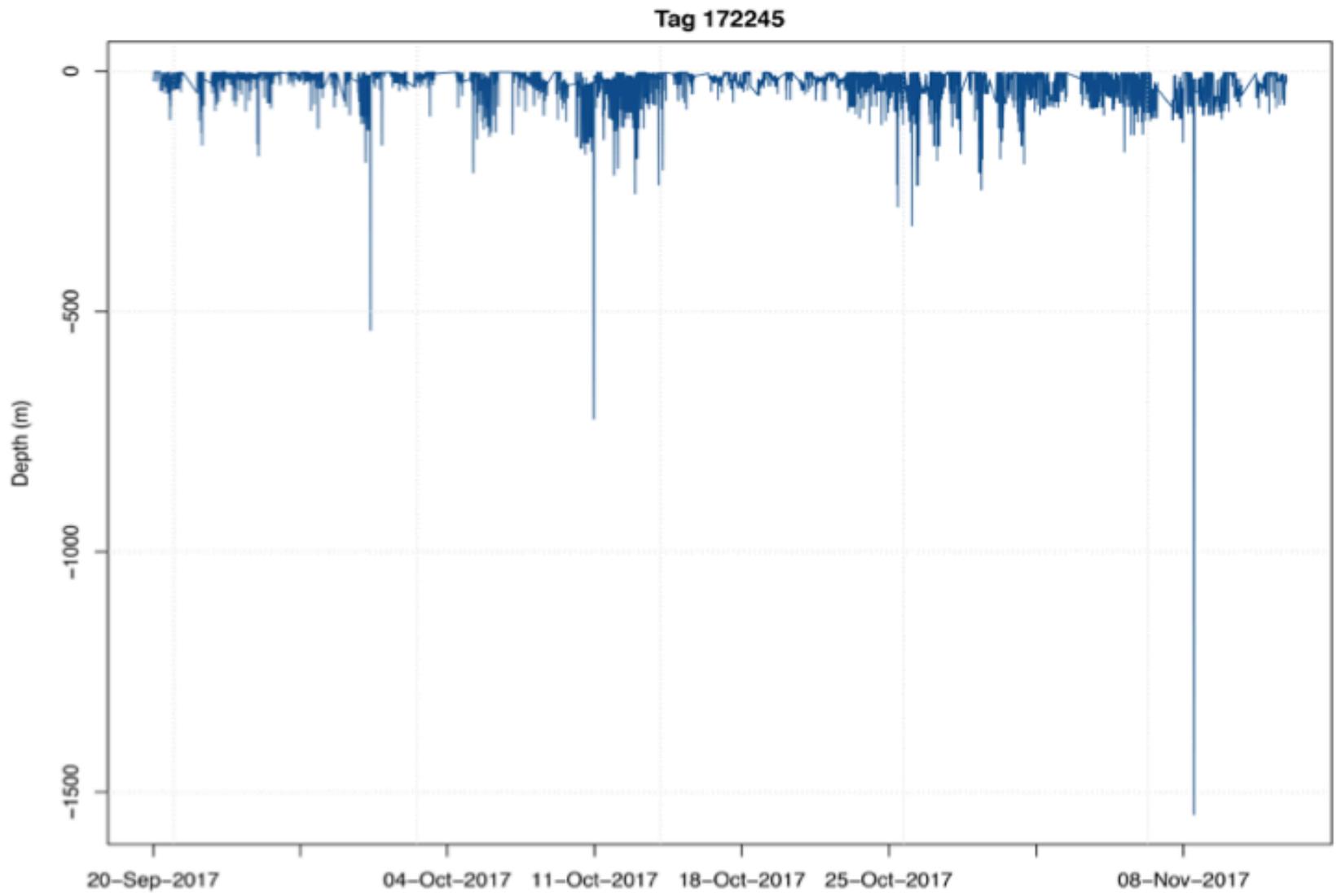
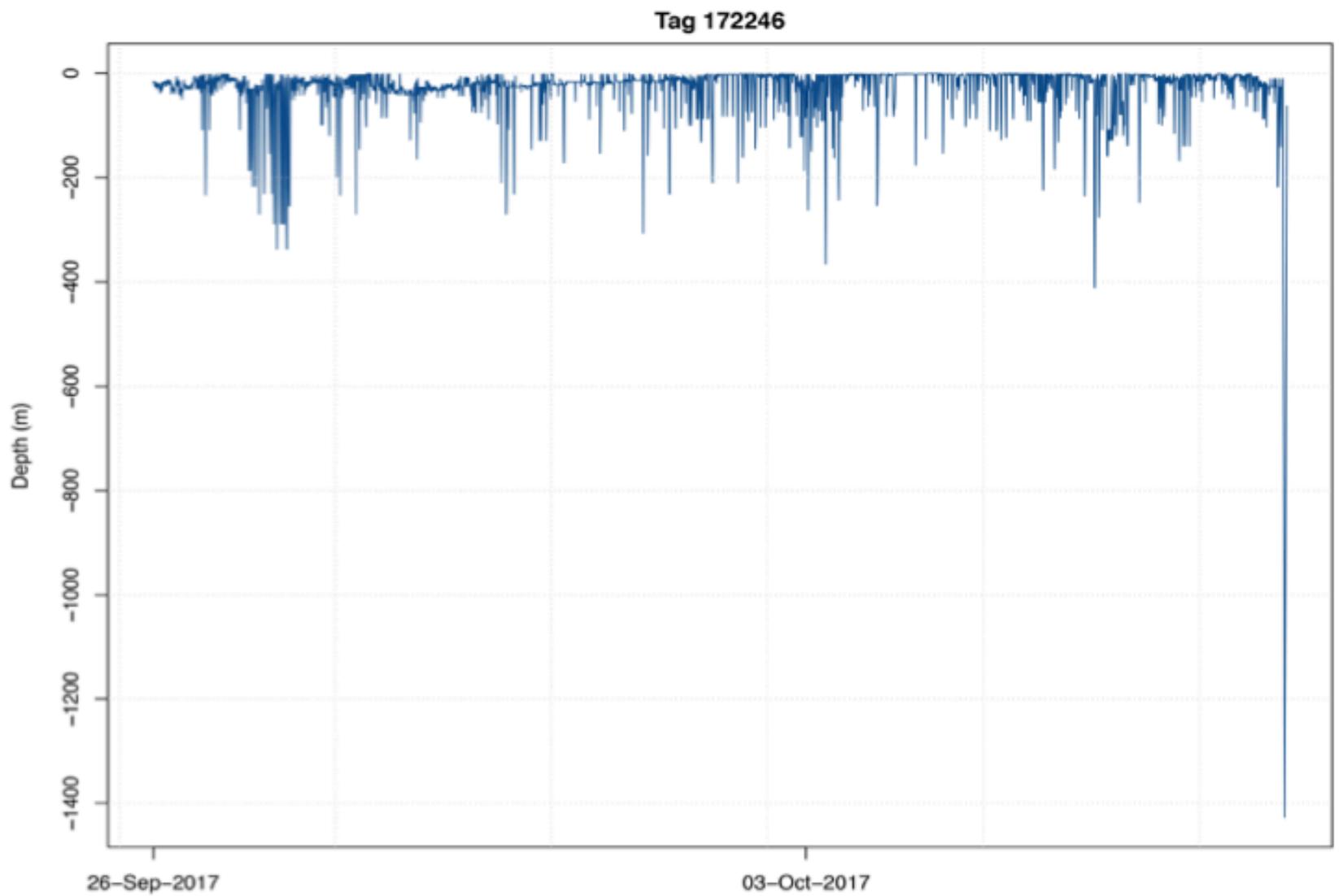


Figura 30:
perfil de
buceo
miniPAT No.
172246
© Marine
Megafauna
Foundation



Grafica de todas las marcas

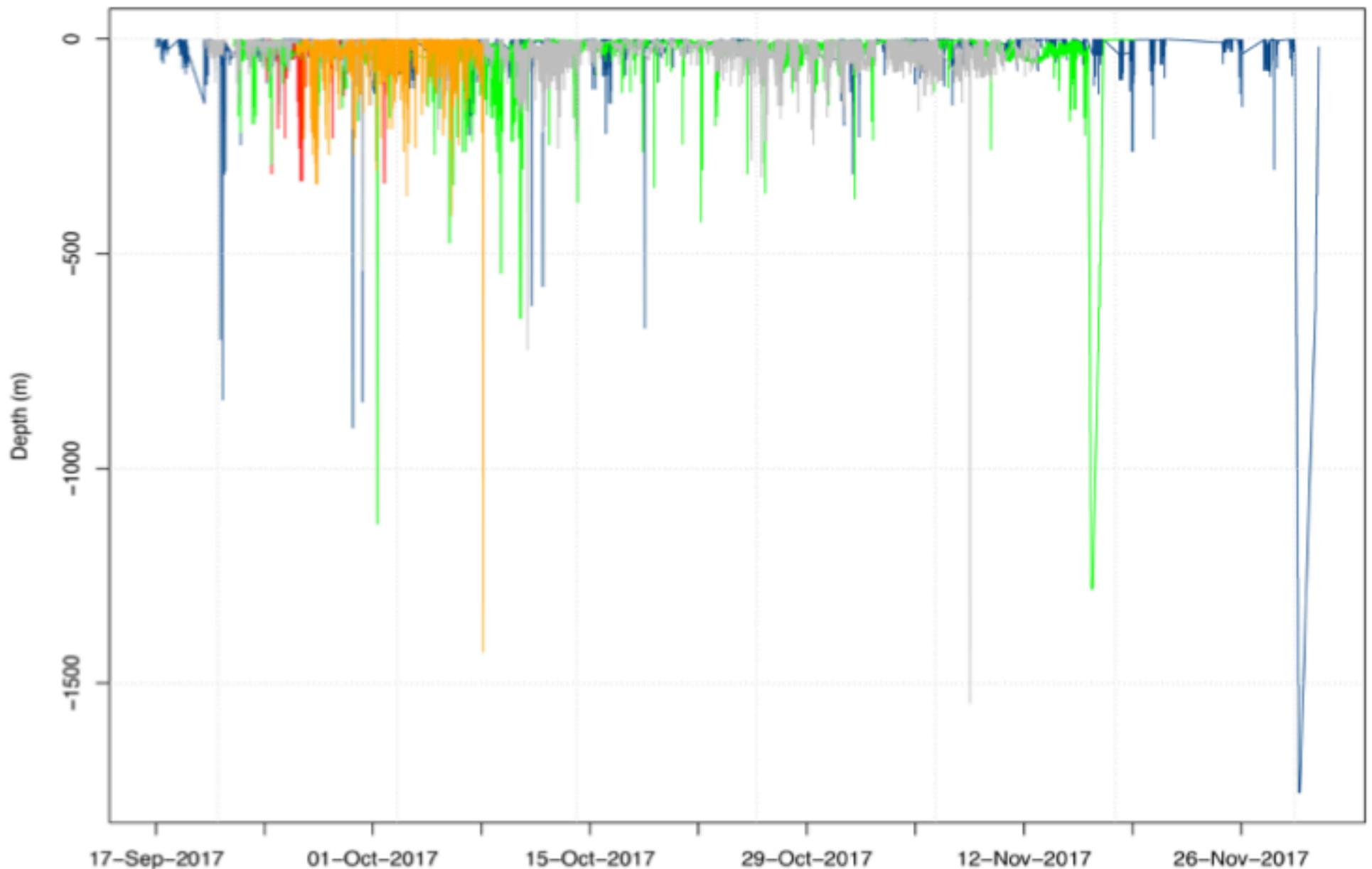


Figura 31:
perfiles de
buceo
miniPAT de
todas las
marcas
© Marine
Megafauna
Foundation

Todos los miniPAT utilizados la temporada pasada se desprendieron antes de su fecha de desprendimiento programada, siendo el despliegue más largo un poco más de 10 semanas para el No. 172241 pero el más corto de menos de una semana, No. 172239 como resultado de buceo profundo de parte del tiburón que provocaron el desprendimiento. (La excepción es el No. 172239, que se desprendió a una profundidad de aproximadamente 340 m por razones desconocidas). La inmersión más profunda de estos tiburones fue del No. 172241, que registró una profundidad de aproximadamente 1800 m, a la cual se desprendió la marca. El tiburón puede haber buceado más profundo, pero no tenemos registro más allá de esta profundidad. La profundidad de deformación de estas marcas se estima en 1850m. Esta inmersión es casi igual a la inmersión más profunda registrada de cualquier tiburón ballena, que fue en 1928 m en 2015 la de un macho juvenil (Tyminski et al. 2015).



Figura 32 un tiburón ballena nada en el azul
Foto: ©Jonathan R. Green 2018

Sus perfiles de inmersión demuestran que pasan la mayor parte del tiempo en los tramos superiores de la columna de agua con buceos periódicos más profundos a 500 m o más. Estos parecen mostrar una regularidad, pero las razones de esto no se conocen actualmente.

Un miniPAT de esta temporada ya se ha desprendido debido a una inmersión profunda. La No. 172237 se desprendió a 1688m a solo 35mn al oeste de Darwin, tres semanas después de su fecha de marcaje el 15 de septiembre. Fue doble marcada con el SPOT6 No. 175950 de montaje de aleta, que dio datos por última vez justo antes de esta inmersión profunda.

Las cinco marcas prototipo SPOT6 de montaje de aletas han reportado posiciones desde que se implementaron. Una tasa de informe del 100% es una gran mejora en años anteriores que ha promediado el 50%. Actualmente tenemos datos de posición de las 5 marcas en los últimos 10 días. (Ver Figuras 33 y 34).

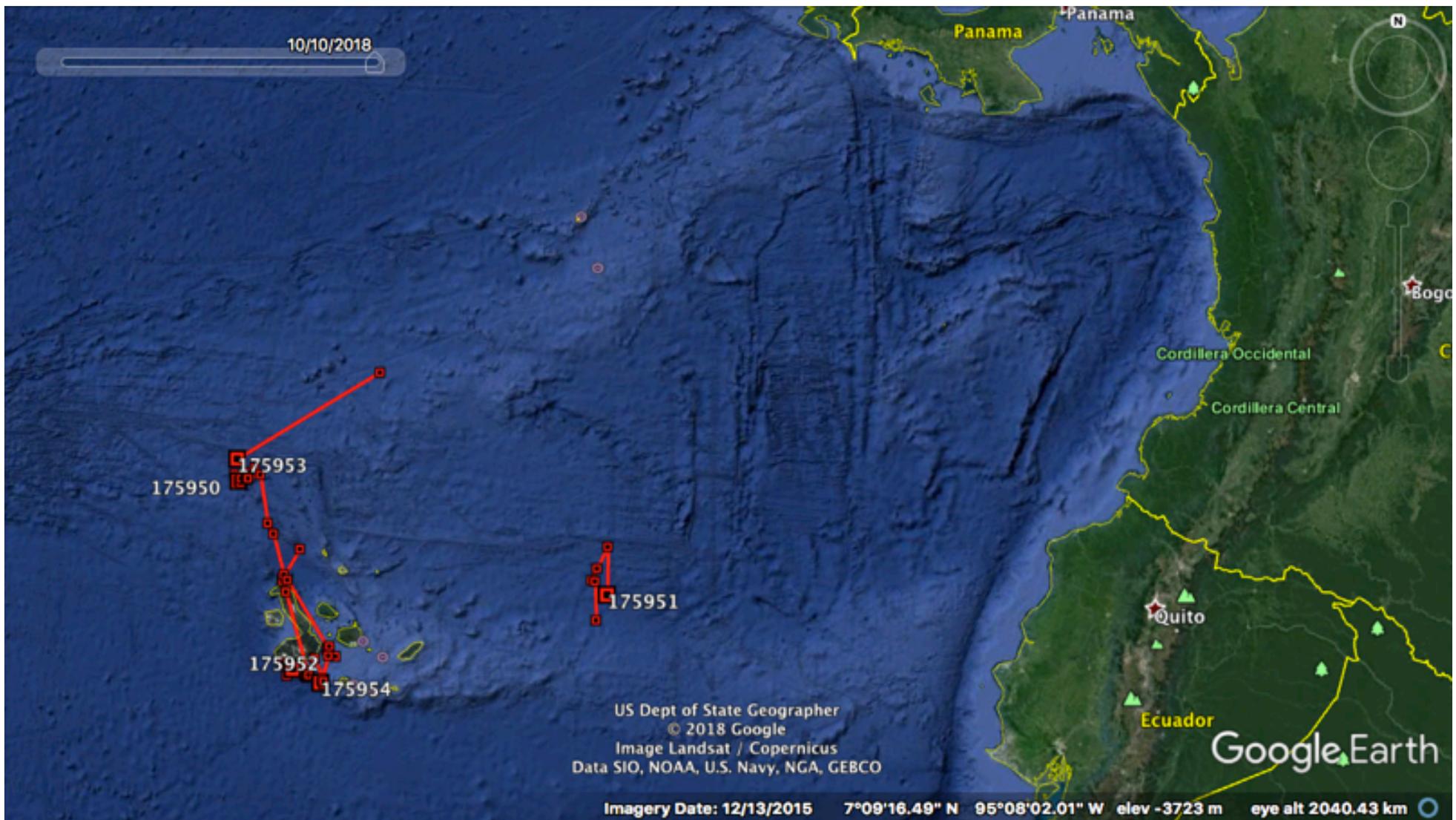
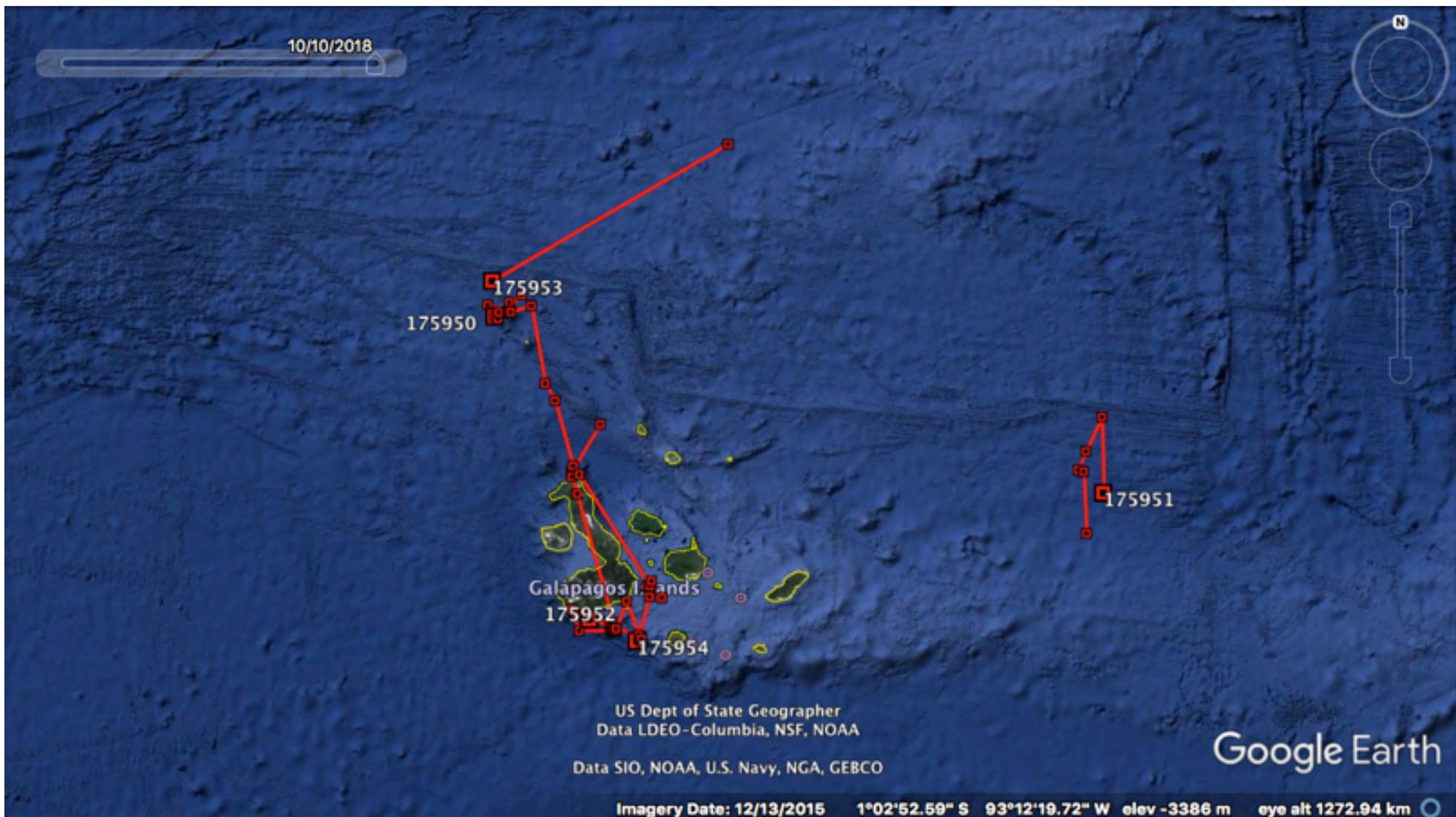


Figura 33 (arriba): muestra los datos de las cinco etiquetas SPOT6 de montaje de aleta durante los últimos diez días en una escala regional.

Figura 34 (abajo): muestra los datos de las cinco etiquetas SPOT6 de montaje de aleta durante los últimos diez días en una escala más local.



Actualmente:

La No. 175950 está sumergido tras haber salido a la superficie a menos de 5mn del Arco de Darwin dos semanas después de haber sido marcada. Ella buceó a una profundidad de 1688m, momento en el que el miniPAT No. 172237 se desprendió debido a la programación de profundidad. Transmisión de la última posición: 16:20 GMT del 2 de octubre (ver Figura 35).

Figura 35: mapa de Google Earth que muestra los movimientos del SPOT6 No. 175950



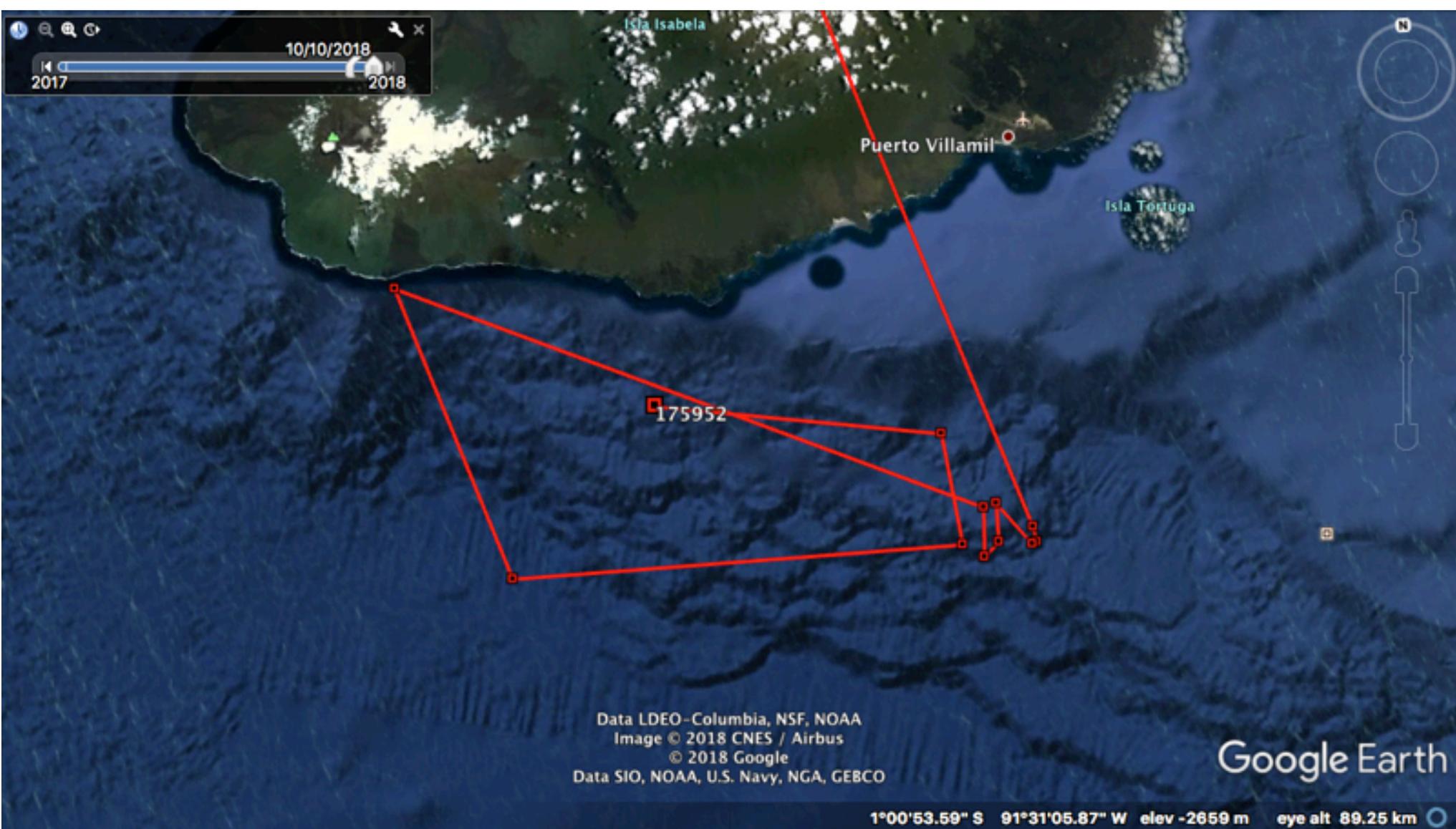


Figura 36: Mapa de Google Earth que muestra los movimientos del SPOT6 No. 175951

La No. 175951 emergió inicialmente hacia el este de las Galápagos, viajó hacia el norte hasta la zona de fisuras y fracturas del Sistema de Fallas de las Galápagos, luego giró hacia el sur a lo largo de una línea de falla mayor. Transmisión de la última posición a las 23:55 GMT del 10 de octubre (ver Figura 36 a arriba).

La No. 175952 surgió 30mn al NE del punto noreste de la isla Isabela. Luego nadó hacia el sur hasta el punto límite de la plataforma de Galápagos y desde entonces ha estado nadando en zigzag a lo largo de la plataforma entre el sur de las islas Isabela y Floreana. Transmisión de la última posición a las 15:14 GMT del 10 de octubre (ver Figura 37 a continuación).

Figura 37: Mapa de Google Earth que muestra los movimientos del SPOT6 No. 175952



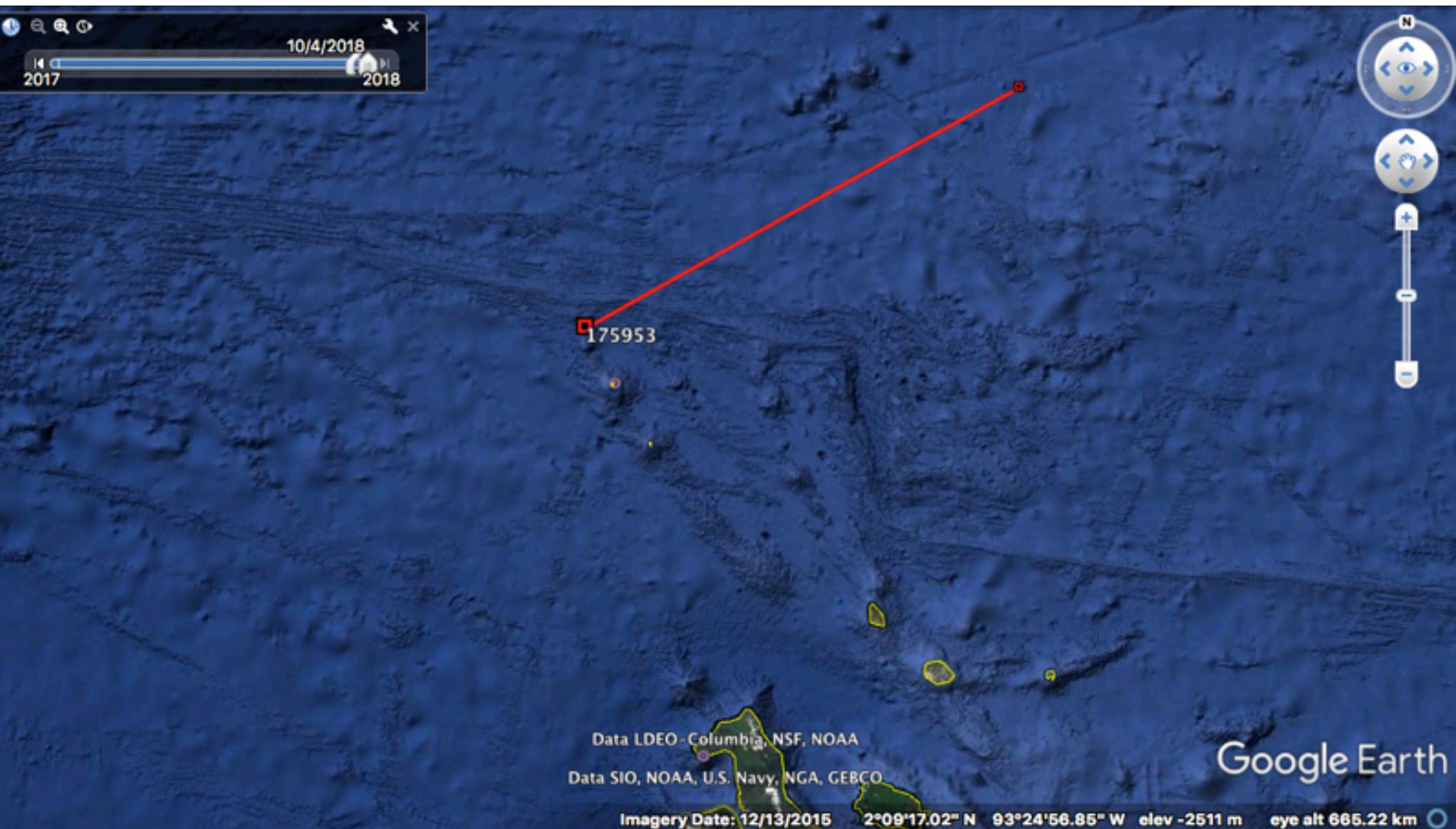


Figura 38: mapa de Google Earth que muestra los movimientos del SPOT6 No. 175953

La No. 175953 surgió 10 días después de ser marcada aproximadamente a 150mn al este de Darwin. Luego regresó a una posición a 17mn al norte de Darwin, donde buceo en un monte submarino. Su última posición fue transmitida a las 00:12 GMT del 5 de octubre (ver Figura 38).

175954 Surgió muy cerca del Arco de Darwin el 20 de octubre, dos semanas después de ser marcado y luego nadó hacia el sur hasta la isla Isabela. Bajó por la costa este de Isabela hasta el punto límite de la plataforma de las Galápagos y desde entonces ha estado nadando en zigzag entre el sur de Isabela y las islas Floreana. La última posición transmisión fue a las 15:02 GMT del 11 de octubre (ver Figura 39).

Con mayor éxito de las marcas satelitales del 100% y también con una mayor vida útil de la batería, hasta 1500 días para tres marcas SPOT6 tipo 257 que implementamos este año, esperamos que se continúen proporcionando datos y actualizaciones a través del boletín trimestral de la página web del proyecto:

<https://www.galapagoswhaleshark.org/>

Figura 39: mapa de Google Earth que muestra los movimientos del SPOT6 No. 175954





Figura 40: Buzo con tiburón ballena Foto: © Jonathan R. Green 2018

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A pesar de no tener todavía los datos necesarios para determinar si alguna de las hembras adultas de los tiburones ballena están realmente preñadas, esta temporada de campo marca un hito en la investigación de tiburones ballena mundialmente.

También es muy claro que con cada temporada de campo hemos podido mejorar y desarrollar las técnicas que estamos usando. Esta salida de campo en particular comienza a convertirse en una investigación más general y casi todo el equipo y las técnicas de trabajo de campo están siendo desarrolladas por investigadores in-situ. El hecho que prácticamente todos los científicos y equipos técnicos involucrados en esta investigación comparten abiertamente y discuten los desarrollos, sus hallazgos y las técnicas utilizadas, es un crédito para todos y muestra un objetivo común; la mejor comprensión de esta y otras especies para su protección y conservación. Igual queda mucho por hacer si queremos lograr justamente esto...

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS



Foto: Arco de Darwin, Galápagos. ©Jonathan R. Green 2018



Figura 41: Buzo captura una foto identificación de un tiburón ballena que pasa por el Arco de Darwin

Foto: © Jonathan R. Green 2018

A lo largo de los años hemos tenido un increíble apoyo de personas e instituciones. Gracias a... La Dirección de Parque Nacional Galápagos el cual ha sido un aliado incondicional desde el principio. George y Kimberly Rapier, sin los cuales el Proyecto no habría comenzado. Galapagos Conservation Trust y Sackler Trust, que han mantenido el proyecto a flote. Planeterra a través de G Expeditions. Marine Megafauna Foundation, Galapagos Science Center, Georgia Aquarium, Okinawa Churashima Foundation, Fundación Megafauna Marina del Ecuador, Doug y Debora Brown, Johannes y Xiaoyang Schoeter, Ben Pierson, Hannah Button y todos aquellos demasiado numerosos para nombrar que han ayudado a hacer de este proyecto un éxito. Por último, pero no por ello menos importante, muchas gracias a Eduardo "Viko" Rosero y a la fiable Queen Mabel (nuestro último viaje en ella), quienes juntos nos han llevado de manera segura, no siempre en los mares más fáciles, a Darwin y de regreso.

Figura 42 (derecha): Capitán "Viko" y la Queen Mabel. Foto: © Jonathan R. Green 2018



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña-Marrero D, Jiménez J, Smith F, Doherty PF Jr, Hearn A, et al. (2014) Whale Shark (*Rhincodon typus*) Seasonal Presence, Residence Time and Habitat Use at Darwin Island, Galapagos Marine Reserve. PLoS ONE 9(12): e115946.
doi:10.1371/journal.pone.0115946

Hearn AR, Acuña D, Ketchum JT, Peñaherrera C, Green J, Marshall A, Guerrero M, Shillinger G (2014) Elasmobranchs of the Galapagos Marine Reserve. In: Denkinger J, Vinueza L (eds) The Galapagos Marine Reserve: social and ecological interactions in the Galapagos Islands. Springer, New York, pp 23–59

Joung SJ, Chen C-T, Clark E, Uchida S, Huang WYP (1996) The whale shark, *Rhincodon typus*, is a live-bearer: 300 embryos found in one 'megamamma'supreme. Environ Biol Fish 46:219–223

Martin, R. A. (2007). A review of behavioural ecology of whale sharks (*Rhincodon typus*). Fisheries Research, 84(1), 10–16.
doi:10.1016/j.fishres.2006.11.010

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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182599>

Schmidt J, Chien-Chi C, Sheikh S, Meekan M, Norman B, Joung SJ (2010) Paternity analysis in a litter of whale shark embryos. Endanger Species Res 12(2): 117–124.

Tyminski JP, de la Parra-Venegas R, González Cano J, Hueter RE (2015) Vertical Movements and Patterns in Diving Behavior of Whale Sharks as Revealed by Pop-Up Satellite Tags in the Eastern Gulf of Mexico. PLoS ONE 10(11): e0142156.
doi:10.1371/journal.pone.0142156

APÉNDICE 1



Photo: Whale Shark dwarfs the Hammerhead sharks at Darwin's Arch ©Jonathan R. Green 2018

No. Rhinodon typus	No. SPOT	No. miniPAT	Fecha de puesta No. Buceo/ día	Foto ID	Muestra de Sangre	Ultrasonido	Biopsia	Tamaño	Observaciones
1	175950	172237	14/9/2018 No. 1	GD 140918-1	0	1	0	12.0m - 14.0m(est.)	Doble Marcaje: SPOT (montaje de aleta) y MiniPAT
			14/9/2018 No. 2	GD 140918-1	1	1	0	12.0m-14.0m (est)	Aleta pectoral izq. Cortada la punta
2	175952		15/9/2018 No. 1	GD 150918-1	0	1	0	12m (est)	Cicatriz en el lado izquierdo. Pedazo cortado del tope de la aleta caudal.
3		172238	15/9/2018 No. 2	GD 150918-2	0	1	0	11m (est)	Cola rasgada y cicatrices en el lado izquierdo.
4		172242	15/9/2018 No. 3	GD 150918-3	0	1	0	11m (est)	
5		172172	16/9/2018 No. 1	GD 160918-1	0	0	1	10m (est)	Vieja cicatriz de algún tipo de cuerda en parte delantera de la aleta dorsal. Cicatrizado.
6	175954		16/9/2018 No. 1	GD 160918-2	0	1	0	12m (est)	Avistada en dos días diferentes (16 y 18 de Sept)
			18/9/2018 No. 1		0	1	0		
7	175951	172244	17/9/2018 No. 1	GD 170918-1	0	1	0	11m (est)	Doble Marcaje: SPOT (montaje de aleta) y MiniPAT
			17/9/2018 No. 2	GD 170918 -1	0	0	0	11m (est)	Vista en el segundo buceo. Marcas revisadas. Todo bien.
8	175953	172243	17/9/2018 No. 2	GD 170918-2	0	0	0	11m (est)	Doble Marcaje: SPOT (montaje de aleta) y MiniPAT. Aleta caudal rasgada.
9			17/9/2018 No. 2	GD 170918-3	0	0	0	12m (est)	Solo ID. Vista en Parada de seguridad.
10		172173	17/9/2018 No. 3	GD 170918-4	1	0	0	11m (est)	Delfines nadando en frente del tiburón. Aleta dorsal rasgada.
11			17/9/2018 No. 3	GD 170918-5	1	1	0	11m (est)	Cicatriz en abdomen, lado izquierdo.

No. Rhinodon typus	No. SPOT	No. miniPAT	Fecha de puesta No. Buceo/ día	Foto ID	Muestra de Sangre	Ultrasonido	Biopsia	Tamaño	Observaciones
12			18/9/2018 No. 1	N/A	0	0	0	10m (est)	Avistamiento de R typus lejano.
13			18/9/2018 No. 1	GD 180918-2	0	0	0	5m (est)	R. typus juvenil hembra
14			18/9/2018 No. 2	GD 180918-3	1	1	0	11m (est)	
15			19/9/2018 No. 1	GD 190918-1	0	0	1	12m (est)	Doble avistamiento en mismo buceo. Avistamiento a la vez que R typus 16.
16			19/9/2018 No. 1	GD 190918-2	0	0	1	8m (est)	Avistamiento a la vez que R typus 15
17			19/9/2018 No. 2	GD 190918-3	0	1	0	No se estimó medida	Avistamiento a la vez que R typus 18
18			19/9/2018 No. 2	GD 190918-4	0	0	0	No se estimó medida	Avistamiento a la vez que R typus 17
19			20/9/2018 No. 1	GD 200918-1	1	1	1	10-11m (est)	Ovarios vistos en ultrasonido. ¿Vacíos? Cóncavo
20			20/9/2018 No. 1	GD 200918-2	0	0	0	4m (est)	R typus juvenil. Genero desconocido.
21			20/9/2018 No. 2	GD 200918-3	0	1	1	12m (est)	Ovarios vistos en ultrasonido. ¿Vacíos? Cóncavo
22			22/9/2018 No. 1	GD 220918-1	0	0	0	12m (est)	Corriente muy fuerte. Dificil trabajar. Vista lejos.
23			22/9/2018 No. 2	GD 220918-2	0	0	0	13m-14m (est)	Corriente muy fuerte. Dificil trabajar
			22/9/2018 No.3		0	0	0		Corriente muy fuerte. Dificil trabajar
			23/9/2018 No. 1		0	0	0		Vista 40m de profundidad a la distancia e identificada como la misma R typus del día anterior.
			23/9/2018 No. 3		0	0	1		Vista otra vez. Esta vez se sacó muestra de tejido.
			24/9/2018 No. 1		0	1	0		Vista 3 días seguidos
24/9/2018 No. 3	0	0	0	Vista en parada de Seguridad.					

No. Rhinodon typus	No. SPOT	No. miniPAT	Fecha de puesta No. Buceo/ día	Foto ID	Muestra de Sangre	Ultrasonido	Biopsia	Tamaño	Observaciones
24			23/9/2018 No. 2	GD 230918-1	0	0	0	No se estimó medida	Vista en la parada de seguridad.
25			24/9/2018 No. 1	GD 240918-1	0	0	0	No se estimó medida	Vista a 33m de profundidad.
26			24/9/2018 No. 2	GD 240918-2	1	1	1	No se estimó medida	R typus se quedó con buzos por ~10m. 3 ultrasonidos del mismo individuo.
27			24/9/2018 No. 2	GD 240918-3	0	0	0	No se estimó medida	Vistas a final de buceo
28			24/9/2018 No. 2 25/9/2018 No. 3	GD 240918-4	0 0	0 1	0 0	No se estimó medida No se estimó medida	Vista a final de buceo Varios ultrasonidos del mismo individuo.
29			24/9/2018 No. 3	GD 240918-5	0	1	0	No se estimó medida	Golpe de cola a buzo.
30			25/9/2018 No. 1	GD 250918-1	0	1	0	5m (est)	R typus juvenil. Macho.
31			25/9/2018 No. 2	GD 250918-2	0	0	0	No se estimó medida	
32			25/9/2018 No. 2	GD 250918-3	0	1	0	No se estimó medida	
33			25/9/2018 No. 2	GD 250918-4	0	1	0	No se estimó medida	
34			25/9/2018 No. 2 25/9/2018 No. 3	GD 250918-5	0 0	0 0	0 0	12m-13m (est)	Ultimo R typus visto.
35			25/9/2018 No. 2	GD 250918-6	0	0	0	4.5m (est)	R typus juvenil. Genero desconocido.
36			25/9/2018 No. 3	GD 250918-7	0	1	0	No se estimó medida	Varios ultrasonidos del mismo individuo
Total	5	7		35	6	21	7		



Fotos por Jonathan R. Green and Sofia M. Green

© Jonathan R. Green & DPNG, 2015 - 2018,

Diseño y edición Jenny Waack

Siguen nos en:

(email): galapagoswhalesharkproject@gmail.com

(web): www.galapagoswhaleshark.org

(facebook): www.facebook.com/galapagoswhaleshark

(instagram): www.instagram.com/galapagos_whale_shark_project/

(twitter): www.twitter.com/Galapagossharks

(youtube): www.youtube.com/channel/UCRhn90uOoLNohk3USvq7ULw