

**Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California**



**Programa de Posgrado en Ciencias
en Ecología Marina**

**Caracterización individual del uso del hábitat del tiburón
ballena (*Rhincodon typus*) en Bahía de los Ángeles
mediante el uso de foto-identificación y telemetría acústica**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Amparo Nates López

Ensenada, Baja California, México
2015

Tesis defendida por

Amparo Nates López

y aprobada por el siguiente Comité

Dr. Oscar Sosa Nishisaki
Director de tesis

M. en C. Vicente Ferreira Bartrina

Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla



Dr. David Alberto Rivas Camargo
Coordinador del Posgrado de Ecología Marina

Dr. Jesús Favela Vara
Director de Estudios de Posgrado

Resumen de la tesis de **Amparo Nates López**, como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina.

Caracterización individual del uso del hábitat del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en Bahía de los Ángeles mediante el uso de foto-identificación y telemetría acústica

Resumen aprobado por:

Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Director de tesis

El tiburón ballena, *Rhincodon typus*, (TB) se agrega anualmente durante los meses de mayo a noviembre en la Reserva de la Biósfera Bahía de los Ángeles, Canales de Ballena y Salsipuedes, lo que ha permitido el desarrollo de actividades de ecoturismo para su observación. La Reserva ha designado la parte sur de Bahía de los Ángeles como un área de aprovechamiento no extractivo de la especie, denominada la Sub-zona de Uso Público Tiburón Ballena (SUPTB). Así como ha establecido reglas para su observación a través de su Plan de Manejo. Con base en la información generada por el grupo de monitoreo comunitario PEJESAPO, desde el 2007 hasta el 2013 se han fotoidentificado 333 tiburones diferentes de los cuales 106 han regresado a BLA en más de una ocasión. Para conocer el uso de la bahía por el TB, en agosto de 2014 se marcaron 9 individuos con marcas de telemetría acústica (Vemco VR2W). Asimismo, se colocó una red de 7 receptores, abarcando la costa de la bahía, 4 receptores dentro de la SUPTB y 3 fuera de ella. La red se mantuvo funcionando de agosto a noviembre. De los 9 TB marcados se obtuvieron 9,868 detecciones, de las cuales 8,018 (81.2 %) fueron registradas dentro del SUPTB y 1,848 (18.8 %) fuera. Con ello, se comprobó que los tiburones marcados hicieron uso de toda la bahía, pero de una manera no homogénea, sugiriendo áreas preferentes. Con el paso del ciclón Odile en la región (16 de septiembre) hubo una modificación de la calidad del agua debido a los escurrimientos de agua de lluvia en los arroyos. Se pudo observar un patrón de ausencia en la bahía en los individuos marcados. Esta ausencia finalizó semanas después del ciclón, cuando 4 de los 9 tiburones marcados regresaron, mostrando diferencias en el comportamiento antes y después del evento. Los resultados de esta tesis sugieren que el tamaño del polígono de la SUPTB no cubre toda el área de distribución del TB durante la temporada de agregación. También muestran la alta asociación al sitio de algunos TB después de un disturbio.

Palabras clave: fotoidentificación, telemetría acústica, disturbio

Abstract of the thesis presented by **Amparo Nates López** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Marine Ecology.

Characterization of whale shark (*Rhincodon typus*) individual habitat use in Bahía de los Ángeles by using photo-identification and acoustic telemetry

Abstract approved by:

Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Thesis Director

The whale shark, *Rhincodon typus*, (TB) aggregates annually during the months of May to November in the Biosphere Reserve Bahía de los Ángeles, Canal de Ballenas and Salsipuedes. These aggregations have allowed the development of ecotourism for their observations. The Reserve has designated the south portion of Bahía de los Angeles as an area of non-extractive use of the species, named Sub-area for Public Use of Whale Shark (SUPTB), and established rules for observation through its Management Plan. Based on the information generated by the local monitoring group, from 2007 to 2013, 333 different sharks were identified, which 106 of them have returned to BLA on more than one occasion. To understand the use of the bay by the TB in August 2014, 9 whale sharks were tagged with acoustic tags (Vemco VR2W) and an array of 7 receptors was set covering the coast of the bay, with 4 receptors located inside the SUPTB, and three outside. The network worked during the period of August to November. From the 9 TB, 9,868 detections were obtained in all receptors, of which 8,018 (81.2%) were within the SUPTB and 1,848 (18.8%) out. Shark used the entire bay, but not in homogeneously, showing preferred areas. In September 16, the Odile cyclone's trajectory passed above the region changing the water quality of the bay due to all the runoff water from streams. During this period all sharks were no detected inside the bay. This absence ended weeks after the cyclone, when 4 of the 9 sharks tagged returned, showing differences in behavior before and after the event. The results of this thesis suggest that the size of the SUPTB polygon does not cover the entire use of habitat by the sharks while in the bay. The return of four sharks, after the habitat disturbances, shows that some sharks have affirm linkage to the site.

Key words: photo identification, acoustic telemetry, disturbance

Dedicatoria

A mis padres, por darme las fuerzas e impulsarme siempre a realizar mis sueños. Por estar siempre ahí y pensar en mi felicidad antes que en la suya.

A mi familia y amigos.

Y a ti, por ser mi apoyo y animarme a seguir cuando siento que ya no puedo. Por acompañarme en el camino y ante todo, por tu amor.

Agradecimientos

A CONACYT por la beca otorgada N° 302183 para mis estudios de maestría y la elaboración de ésta tesis.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C por permitirme realizar esta maestría.

A los miembros de mi comité de tesis, al Dr. Oscar Nishizaki, M. en C Vicente Bartrina y Dr. Raúl Castro Escamilla. Gracias por todo el apoyo y comentarios brindados durante la elaboración del presente trabajo. Doc, gracias por todo, lo bueno y lo malo porque de ambas he aprendido mucho. Son pocas palabras pero cargadas de significado.

A mis profesores y en especial Vicente Ferreira por compartir su conocimiento y las largas horas discutiendo sobre quién sabe qué y por empujarme a ser mejor científica y obligarme a pensar hasta la extenuación y sobre todo a que mi entusiasmo no decayera. Sinceramente gracias.

A mis amigas y compañeras sin las que nada de esto hubiese sido tan especial: Maite, Tatiana, Magda y Bárbara. Por todos los momentos compartidos. Me llevo una parte de cada una para siempre.

A laboratorio de Ecología Pesquera: Carmen por ser la mama de lab aunque no quiera jeje, Emiliano por todos tus comentarios y porque al principio me dabas miedo jajaja, Luz, Erick en parte por tu culpa todo este proceso empezó asique supongo que gracias jaja, Masao, Tere, Kena, Laurita, Reyna, y Pau. Por aguantar mis loqueras, mis momentos de estrés y todos esos momentos de risas que han hecho que el laboratorio no sea solo un eso.

A mis roomies y amigos Laura y Jorge porque sin esas sobremesas eternas no habría sido lo mismo☺. Por tantos momentos inolvidables.

A Marianne y Aaron porya ni sé que porque! Porque solo me torturáis jajaja. Gracias por estar siempre ahí sin necesidad de palabras.

A mis compañeros de clase: Fernanda, Anely, José Carlos

A mi familia Ensenadense y de olas que también han estado ahí: Ainoa, Elisú, Monote, Raquel, Emiliano, Gonzalo, Munky.

A mi familia Bahiense que me acogieron durante casi 3 meses: Erika, Angel, Marquitos, Toño y todas las personas que me ayudaron y me enseñaron tanto, Abraham, Ricardo Arce. A Alma por ayudarme también en todo lo que pudo y compartir conmigo su pasión por el "pussy shark".

A Maricu por ser parte de esta tesis desde el principio, los buenos momentos y una gran amistad.

A Elena Nalesso y Javier Fullana por qué esta tesis también tiene un poco de ambos y por estar siempre siempre siempreeee ahí chingando.

A toda mi familia que desde la distancia me apoyaron incondicionalmente.

A Elizabeth Farías Barajas por ayudar siempre en momentos de crisis y solucionar siempre mis dudas.

Oscar Sánchez Martínez de la Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional por los datos de precipitación de Bahía de los Ángeles.

A Ely Avilés de la Biblioteca, por dedicarme horas de trabajo y momentos de risa y a Jorge Soria por recuperarme los archivos para poder terminar esta tesis.

A todos aquellos que directa o indirectamente se vieron involucrados en mi tesis muchísimas, muchísimas gracias estaré eternamente agradecida de verdad.

Tabla de contenido

| | Página |
|---|--------|
| Resumen en español | ii |
| Resumen en inglés | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimientos | v |
| Lista de figuras | viii |
| Lista de tablas | xi |
| | |
| Capítulo 1 - Introducción | |
| 1.1 Introducción general..... | 1 |
| 1.2 Medidas de manejo y conservación del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles..... | 3 |
| 1.3 Aspectos generales de la biología del tiburón ballena..... | 4 |
| 1.4 Uso de marcas para describir el uso de hábitat de los tiburones (tipos y ejemplos), ventajas y desventajas del uso de marcas acústicas..... | 6 |
| 1.5 Foto-identificación..... | 9 |
| 1.6 Antecedentes..... | 9 |
| 1.7 Área de estudio (ecología y oceanografía)..... | 10 |
| 1.7.1 Monitoreo..... | 13 |
| 1.7.2 Uso de marcas satelitales, PAT, SAT y acústicas en BLA..... | 14 |
| 1.8 Justificación..... | 15 |
| 1.9 Objetivos..... | 16 |
| 1.9.1 Objetivo general..... | 16 |
| 1.9.2 Objetivo específico de foto identificación..... | 16 |
| 1.9.3 Objetivo específico de telemetría acústica..... | 16 |
| 1.10 Hipótesis..... | 16 |
| 1.10.1 Hipótesis de foto identificación..... | 16 |
| 1.10.2 Hipótesis de telemetría acústica..... | 17 |
| | |
| Capítulo 2 - Metodología | |
| 2.1 Seguimiento individual a través de la foto-identificación..... | 18 |
| 2.2 Telemetría acústica..... | 20 |
| 2.3 3 Análisis de datos..... | 23 |
| | |
| Capítulo 3 – Resultados | |
| 3.1 Seguimiento individual a través de la foto-identificación..... | 26 |
| 3.2 Resultados de telemetría acústica..... | 28 |
| 3.2.1 Características de los tiburones marcados..... | 28 |
| 3.2.2 Movimientos generales..... | 29 |
| 3.2.3 Distribución espacio temporal individual..... | 31 |
| 3.2.4 Descripción de los movimientos entre receptores y tiempo de visita.. | 35 |
| 3.2.5 Uso espacial de la bahía a nivel individual, con respecto a la hora del día..... | 37 |
| 3.2.6 Patrón dial..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Capítulo 4 – Discusión | 42 |
| Capítulo 5 – Conclusiones | 47 |
| 5.1 Recomendaciones | 47 |
| Lista de referencias bibliográficas | 48 |
| Anexo | 52 |

Lista de figuras

| Figura | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Distribución del tiburón ballena (<i>Rhincodon typus</i>). Los números indican los principales lugares de agregación (tomado de Rowat y Brook, 2012)..... | 1 |
| 2 | Sub-zona de Uso Público ubicada al sur de la bahía, a partir del paralelo 28° 55'N (Línea punteada en el mapa). La línea roja indica el límite que se marca cada temporada con boyas (Peregrín-Tovar, 2014)..... | 4 |
| 3 | Marca convencional visual con código identificador (izquierda). Marca satelital tipo PAT con monofilamento y anclaje (derecha)..... | 6 |
| 4 | Región de las Grandes Islas y localización de Bahía de los Ángeles y su archipiélago (tomado de Alvarez-Borrego. 2002)..... | 11 |
| 5 | Mapa batimétrico de Bahía de los Ángeles. Se indican las isobatas de 20 a 120 m de profundidad (Lavaniegos <i>et al.</i> ,2012)..... | 12 |
| 6 | Trayectoria realizada por los 4 tiburones ballena que abandonaron el Golfo de California (Eckert y Stewart, 2001)..... | 14 |
| 7 | Trayectoria realizada por los tiburones ballena marcados con telemetría satelital dentro del GC (Izquierda) (Mayorga 2012). Trayectoria realizada por un TB marcado con marca SPOT en BLA (Derecha)(Sosa-Nishizaki 2011. Datos sin publ.)..... | 15 |
| 8 | Región específica para la fotoidentificación | 18 |
| 9 | Esquema del proceso de comparación básica basado en la formación de triángulos por tripletes de puntos (izq). Elección de los 13 puntos para comparación (dcha)..... | 19 |
| 10 | Identificación del sexo mediante presencia o ausencia de gonopterigios (izq.). Identificación de lesiones (der.)..... | 20 |
| 11 | Distribución de la red de 7 receptores acústicos en BLA que se mantuvo entre agosto y noviembre de 2014..... | 21 |
| 12 | Receptor anclado a la línea madre mediante cinchos de plástico (izq), bolla marcada con las siglas TB para señalización del receptor (medio) y muerto para anclaje al fondo del receptor..... | 22 |

| | | |
|----|---|----|
| 13 | Marca acústica (transmisores VR2W-V16) con anclaje (izq.); anclaje tipo flecha utilizado para la inserción de la marca en el organismo (der.); y arpón tipo hawaiana con la marca colocada para inserción (abajo)..... | 23 |
| 14 | Marca acústica (transmisores VR2W-V16) con anclaje insertado en la base de la aleta dorsal..... | 23 |
| 15 | Número de tiburones foto-identificados en BLA durante las temporadas de 2007 a 2013. En la figura se indican el número individuos que solo se registraron en una sola temporada (un año), o durante dos a cinco temporadas..... | 26 |
| 16 | Número de tiburones que regresan en más de una ocasión en años consecutivos o no consecutivos..... | 27 |
| 17 | Número de tiburones ballena foto-identificados por temporada de monitoreo. Se indica el número de nuevos tiburones registrados y el número de re-avistados en BLA..... | 27 |
| 18 | Proporción de sexos de los tiburones ballena foto-identificados durante las temporadas de 2007 a 2013 en BLA. En gris los individuos que han sido observados en más de una temporada y en negro durante una sola ocasión..... | 28 |
| 19 | Localización de los receptores en BLA, el número de detecciones en cada uno de ellos (N) y número de los diferentes tiburones marcados registrados por cada receptor (n)..... | 30 |
| 20 | Cronograma general de presencia para todos los tiburones marcados en BLA durante el periodo de agosto-noviembre de 2014..... | 31 |
| 21 | Cronograma de presencia para los tiburones 5 y 8 durante el período de estudio agosto-noviembre de 2014. El eje de las Y indica el número de receptor..... | 32 |
| 22 | Cronograma de presencia para los tiburones 1, 2 y 9 durante el período de estudio agosto-noviembre de 2014. El eje de las Y indica el número de receptor..... | 33 |
| 23 | Cronograma de presencia para los tiburones 3, 4, 6 y 7 durante el período de estudio agosto-noviembre de 2014. El eje de las Y indica el número de receptor..... | 34 |
| 24 | Número de detecciones de todos los tiburones durante el período de estudio Agosto-Noviembre de 2014..... | 35 |

| | | |
|----|--|----|
| 25 | Número de días que los tiburones estuvieron presentes en cada receptor (mediana, cuartiles y error estándar) durante el período de estudio..... | 36 |
| 26 | Cronograma del tiburón 7 durante el periodo de estudio en la zona norte (R1 y R2), media (R3) y sur de la bahía (R4, R5, R6 y R7)..... | 38 |
| 27 | Cronograma del tiburón 1 durante el periodo de estudio en la zona norte (R1 y R2), media (R3) y sur de la bahía (R4, R5, R6 y R7)..... | 38 |
| 28 | Cronograma del tiburón 4 durante el periodo de estudio en la zona norte (R1 y R2), media (R3) y sur de la bahía (R4, R5, R6 y R7)..... | 39 |
| 29 | Detecciones durante el periodo de estudio de los 9 TB marcados en Bahía de los Ángeles..... | 40 |
| 30 | Histograma de las detecciones de todos los tiburones registradas en todos los receptores conforme a la hora del día (periodo considerado agosto-noviembre). El área gris indica horas de la noche y la amarilla horas del día..... | 40 |
| 31 | Histograma de las detecciones registradas en todos los receptores conforme a la hora del día para el tiburón 1 (periodo considerado agosto-noviembre). El área gris indica horas de la noche y la amarilla horas del día..... | 41 |
| 32 | Registros de temperatura para la zona norte y sur de BLA de Agosto de a Noviembre de 2014. (PROMOBI tiburón ballena, 2014)..... | 46 |

Lista de tablas

| Tabla | | Página |
|-------|---|--------|
| 1 | Número del receptor, estación, fecha de colocación, coordenadas de cada estación y profundidad a la que fue colocado el receptor)..... | 22 |
| 2 | Tabla con código identificador de cada tiburón marcado en este estudio, talla, sexo, fecha y coordenadas del último avistamiento con foto identificación, fecha de última detección con telemetría y receptor en el cual se registró la última detección. El marcaje se realizó durante el 27 y 28 de agosto de 2014. Los receptores se extrajeron el día 20 de noviembre. En gris se indica el individuo que perdieron la marca acústica durante el experimento..... | 29 |
| 3 | Índice de permanencia de cada tiburón marcado con telemetría acústica en BLA de agosto a noviembre de 2014..... | 35 |
| 4 | Número de visitas de todos los tiburones ballena registradas en cada receptor y la mediana del tiempo en minutos por visita..... | 37 |

Capítulo 1- Introducción

1.1- Introducción general

El tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828) (TB) es una especie altamente migratoria que habita todos los mares tropicales y templados del mundo incluyendo el mar Mediterráneo (Rowat and Brooks, 2012; Ebert *et al.*, 2013), habiéndose reportado avistamientos esporádicos hasta los 44° Norte en Canadá (Turnbull y Randell. 2006). Se han detectado varios lugares en los que el tiburón ballena se agrega, ya sea de forma transitoria, semipermanente o permanente, entre los que destacan: Arrecife de Ningaloo en Australia, las aguas de Filipinas, Mozambique, Seychelles, Maldivas, Yibuti, Belice, Holbox, y la parte norte del Golfo de México, así como la parte norte y sur del Golfo de California (Fig. 1; Rowat and Brooks, 2012). Estas agregaciones han sido aprovechadas por empresas eco-turísticas creando servicios para la observación de la especie a nado o por buceo. En años recientes se ha reconocido el gran valor económico que aporta esta especie al turismo en diversas partes del mundo (Cliff *et al.*, 2007).

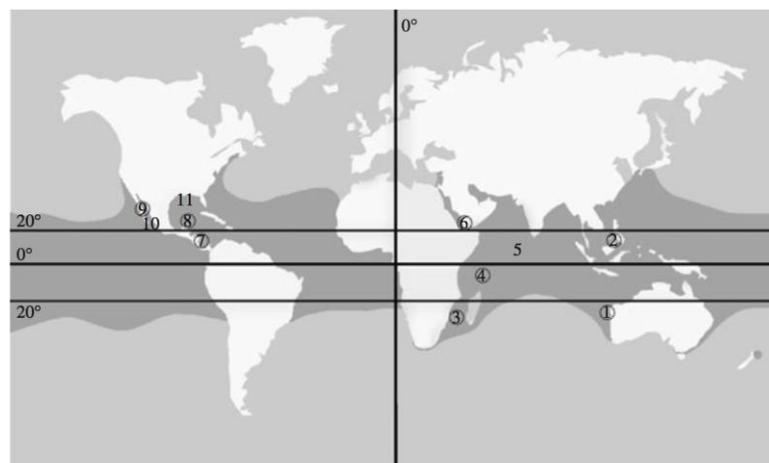


Figura 1. Distribución del tiburón ballena (*Rhincodon typus*). Los números indican los principales lugares de agregación (ver texto; tomado de Rowat y Brook, 2012).

México cuenta con varios lugares de agregación tanto en su costa occidental como oriental (Peregrín-Tovar, 2014). Actualmente, se reconocen varias agregaciones a lo largo de la península de Baja California como Bahía San Luís Gonzaga, Bahía Guadalupe, Bahía Las Ánimas, Bahía de los Ángeles, Bahía de Loreto, Bahía de La

Paz (BLP), Cabo Pulmo y los bajos de Espíritu Santo y Cabo San Lucas (Wolfson 1986; Rodríguez-Dowdell *et al.* 2008).

El tiburón ballena se agrega cada año en Bahía de los Ángeles (BLA), principalmente durante los meses de mayo a noviembre (Eckert y Stewart, 2001., Ramírez-Macías *et al.*, 2012). Las características de esta agregación han permitido el desarrollo de actividades de ecoturismo con la especie desde hace unos 15 años (Rodríguez-Dowdell *et al.*, 2008). A principios de los años 1990's Abraham Vázquez Haikin, médico y prestador de servicios turísticos de Bahía de los Ángeles inició con la actividad de observación del tiburón ballena como complemento de viajes de pesca deportiva (Rodríguez-Dowell *et al.*, 2008).

El ecoturismo puede proveer múltiple beneficios, desde crear una cultura de conservación en sus practicantes, y así consolidar las medidas de conservación de una especie, hasta proveer una actividad económica alterna para los habitantes de una región, a través de un uso sin consumo o sin explotación de una especie (Rowat and Brooks, 2012; Techera and Klein, 2013). Sin embargo, para poder asegurar un uso sustentable de una especie bajo una actividad no extractiva (como es el ecoturismo), se necesitan medidas de regulación robustas y adecuadas. La robustez de las regulaciones se ve afectada por la calidad y cantidad de los datos científicos disponibles (Techera and Klein, 2013). Tanto la actividad turística relacionada con el tiburón ballena en BLA, como las medidas de manejo de la misma han evolucionado en el tiempo. Actualmente se cuenta con un monitoreo de la especie, un código de conducta, y una zona para su protección dentro de BLA.

Para robustecer las medidas de manejo relacionadas con el uso de la bahía por el tiburón ballena, en la presente tesis se evalúa el uso de BLA por nueve tiburones marcados con marcas acústicas, que permitió registrar sus movimientos dentro de una red de siete receptores localizados a lo largo de la bahía durante los meses de agosto a noviembre del 2014. Asimismo, se presenta un análisis de la dinámica de uso por tiburones foto-identificados durante las temporadas de 2007 a 2013.

1.2 Medidas de manejo y conservación del tiburón ballena en BLA

En México el TB está categorizado como una especie vulnerable por la NOM 059-ECOL-02 (DOF, 2002) y su pesca está prohibida por la NOM-029-PESCA-2006 (DOF 2007a). A nivel internacional, el TB está clasificado como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) desde el año 2000 (Rowet and Brooks, 2012). Y para tener un control del comercio y/o prohibición de la comercialización de algunas de sus partes corporales, desde 2002 está incluido en Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Amenazadas de Flora y Fauna (CITES por sus siglas en inglés; Rowet and Brooks, 2012).

En 2001 la Universidad Autónoma de Baja California, en conjunto con la dirección del Área de Protección de Flora y Fauna - Islas del Golfo de California (APFF-IGC), iniciaron un estudio para establecer las bases para crear medidas de conservación del tiburón ballena en BLA (Enríquez-Andrade et al., 2003). Los principales resultados a dos años del inicio del estudio fueron: una base de datos resultante del monitoreo de tiburones foto-identificados, un Código de Conducta para realizar las actividades de nado con el tiburón ballena en Bahía de los Ángeles (Cárdenas-Torres *et al.*, 2007), y una propuesta de Programa de Manejo del mismo en Bahía de los Ángeles (Rodríguez-Dowdell *et al.* 2003).

Debido a que la APFF-IGC solo tenía injerencia en la parte terrestre de las islas, el área marina dentro y fuera de BLA carecía de protección. Esto llevó a que Pronatura Noroeste, en conjunto con la dirección del APFF-IGC y otras organizaciones sociales e instituciones académicas, impulsaran la creación de la Reserva de la Biosfera Zona Marina Bahía de los Ángeles, Canales de Ballenas y Salsipuedes (RBBLA), alcanzada en 2007 (DOF 2007b; Daneman y Ezcurra, 2008). No fue sino hasta 2013 cuando se publicó el Programa de Manejo de la RB-BDLA, donde se especificó el área protegida Sub-zona de Uso Público Tiburón Ballena para poder realizar las actividades ecoturísticas de observación de la especie (SUPTB; DOF, 2013). La SUPTB está localizada en la parte sur de BLA (Fig. 2), zona que coincide con el área de mayor abundancia caracterizada por Enríquez-Andrade et al. (2003), con una necesidad de manejo específico (Rodríguez-Dowdell *et al.* 2003). El programa

establece las actividades que se pueden realizar en la SUPTB, así como fortalece vincula el Código de Conducta dentro del manejo de la especie (DOF, 2013).

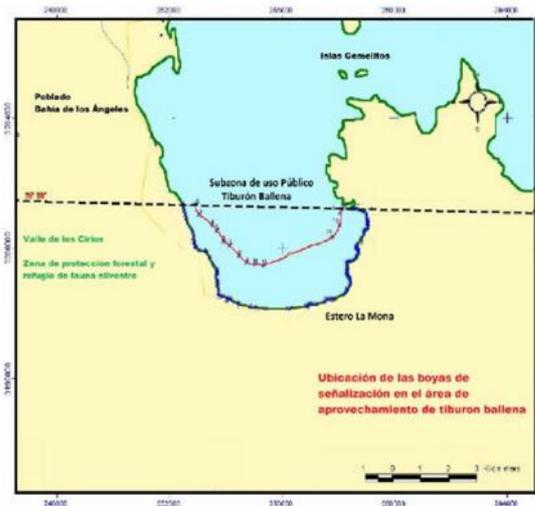


Figura 2. Sub-zona de Uso Público ubicada al sur de la bahía, a partir del paralelo 28° 55'N (Línea punteada en el mapa). La línea roja indica el límite que se marca cada temporada con boyas (Peregrín-Tovar, 2014).

En la SUPTB también se realizan actividades científicas como el monitoreo sistemático de la especie, efectuado por el grupo comunitario “PEJESAPO” (Peregrín-Tovar, 2014). Desde que se empezaron las labores de monitoreo por este grupo comunitario en el 2007, hasta 2013 se contabilizó mediante censos visuales y foto identificación a un total de 333 tiburones ballena diferentes, de los cuales algunos regresan año con año y otros no. Sin embargo el tiburón ballena no solo se distribuye en ésta área protegida donde se realiza el monitoreo (Mayorga, 2011). El código de conducta para la actividad con tiburón ballena solo se aplica en la SUPTB, mientras que el TB puede habitar en toda la bahía. Por ello hacen falta estudios a escala más fina para saber el uso de hábitat que hacen los TB en BLA apoyándonos en técnicas especializadas como el monitoreo con telemetría acústica.

1.3 Aspectos generales de la biología del tiburón ballena

El tiburón ballena es el pez más grande del mundo y la única especie perteneciente a la familia Rhincodontidae. Esta especie puede llegar a sobrepasar los 18 m de longitud total (LT) (Rowat and Brooks, 2012). El tiburón ballena posee un patrón de coloración único, de puntos claros y rayas sobre un fondo oscuro, que permite que

puedan ser reconocidos individualmente por foto-identificación, de manera que puedan ser seguidos a través del tiempo (Speed, 2006). Así mismo, el tiburón ballena tiene una quilla prominente a cada lado del pedúnculo caudal y crestas a ambos lados del cuerpo (Compagno, 1984).

Se caracteriza por presentar una cabeza ancha y aplanada, una boca amplia con numerosos y diminutos dientes de forma característica para la especie, hendiduras branquiales grandes y adaptadas para la filtración. Es un organismo filtrador que se alimenta de gran variedad de presas, entre las que se encuentran; algas, productos del desove de peces y corales, medusas, larvas de crustáceos e incluso pequeños peces, como la anchoveta *Engraulis australis* (Wolfson y Notarbartolo di Sciara, 1981; Norman, 1999; Heyman *et al*, 2001; Duffy, 2002; Meekan *et al*, 2009; Robinson *et al*, 2013). El TB pueden capturar presas más grandes y activas como organismos nectónicos, como pequeños peces y calamares (Stevensen, 2007). Sin embargo, cuando su presa se encuentra de forma difusa, el TB no está adaptado para su captura, por lo que dependen de agregaciones densas de presas y pulsos de productividad (Nelson y Eckert, 2007).

El TB es una especie vivípara aplacentada, con una fecundidad que puede llegar a 304 embriones. Este tamaño de camada fue registrado de una hembra preñada de 10.6 m LT, capturada en Taiwán (Rowat and Brooks, 2012). Los embriones estaban en diferentes etapas de desarrollo, y su análisis permitió determinar una proporción de machos y hembras en la camada de 50:50. Esta camada de 304 embriones es la camada más numerosa registrada para cualquier especie de tiburón (Rowat and Brooks, 2012). A pesar de este hallazgo, todavía se desconoce el tiempo de gestación, así como en dónde se localizan las áreas de reproducción y crianza (Stevensen, 2007; Rowat and Brooks, 2012).

El TB se caracteriza por ser una especie costero-pelágica y habita en zonas tanto oceánicas como costeras, pasando largas temporadas en estas últimas. Realizan grandes migraciones relacionadas con eventos de gran productividad, desove de corales y peces, y cambios en la temperatura de las masas de agua (Eckert y Stewart, 2001; Robinson *et al*, 2013). Los tiburones ballena suelen estar en aguas de 20 a 35°C de temperatura superficial (Gunn *et al*. 1999; Rowat and Brooks, 2012),

sin embargo debido a sus inmersiones hasta 1000 m, se ha registrado su presencia en aguas con 6°C (Rowat and Brooks, 2012). Dependiendo la región en donde se encuentre, el TB utiliza de diferente manera la columna de agua. Por ejemplo, Graham et al., (2006) en aguas de Belice encontraron que cuatro tiburones marcados con marcaje satelital archivadoras, pasaron la mayoría de su tiempo en profundidades entre 50 a 250 m, principalmente durante horas nocturnas, con inmersiones mesopelágicas hasta 980 m. Mientras que Wilson et al., (2006) encontraron que 19 tiburones marcados con el mismo tipo de marcas en el arrecife Ningaloo de Australia, realizaron inmersiones hasta 980 m experimentando cambios de la temperatura del agua entre 4.2 a 28.7°C. No obstante, estos tiburones pasaron >40% del tiempo en profundidades menores a 15 m, y >50% del tiempo en profundidades <30 m.

1.4 Uso de marcas para describir el uso de hábitat de los tiburones (tipos y ejemplos), ventajas y desventajas del uso de marcas acústicas

Las marcas son dispositivos que se acoplan a los organismos para obtener información que de otra manera no podríamos. El uso de marcas es utilizado frecuentemente para describir el comportamiento en organismos es ampliamente conocido. Existen 3 diferentes tipos de marcas las son: las convencionales, las satelitales y las acústicas. Las marcas convencionales son utilizadas para estimar diferentes aspectos de la historia de vida como migraciones y la estructura de la población de los tiburones (Kohler y Turner,2001). Estas marcas tienen un código identificador que suele ser un número secuencial sujeto con un monofilamento a un anclaje de acero inoxidable.



Figura3. Marca convencional visual con código identificador (izquierda). Marca satelital tipo PAT con monofilamento y anclaje (derecha).

Existen dos tipos de marcas satelitales: las marcas tipo SPOT (Smart Position or Temperature Transmitting Tag) que envían una señal al satélite cada vez que esta sale a superficie con información de su posición temperatura; las marcas tipo PAT (Pop up Archival Transmitting Tag) que archiva información de profundidad e intensidad de luz e intensidad de luz, la cual es transmitida al satélite del sistema Argos cuando la marca sale a la superficie después de haberse separado del tiburón. Ambas marcas se colocan externamente en el organismo (Graham *et al.* 2006; Wilson *et al.* 2006).

Las marcas acústicas son los dispositivos micro-electrónicos que se colocan en organismos y que emiten pulsos de una determinada frecuencia que serán registrados por receptores colocados para tal fin. La telemetría acústica es utilizada frecuentemente en el estudio de movimiento de organismos de gran movilidad o de gran tamaño, en ubicaciones remotas, a través de distintas escalas espaciales (Lowe *et al.*, 2006). Las marcas acústicas se utilizan de forma activa y pasiva. La telemetría acústica activa consiste en colocar un transmisor al organismo y con un receptor a bordo de una embarcación "seguir" al animal a lo largo de un periodo de tiempo relativamente corto (24 h, 48 h y 72 h). Este tipo de técnica permite seguir a los organismos desde una distancia de hasta varios kilómetros (Voegeli *et al.* 2001). La telemetría acústica pasiva es las que usamos en este estudio, y consiste en marcar con el transmisor al organismo. Se colocan los receptores en la columna de agua y se dejan durante todo el período de estudio. Durante el tiempo que estén funcionando los receptores, estos registrarán el código identificador de cada organismo marcado que pase por el rango de detección de los receptores.

En organismos de gran movilidad se dificulta la captura, observación y el estudio del hábitat por lo que el desarrollo de la tecnología en los últimos años ha permitido el seguimiento de los patrones de movimiento y la fidelidad a una zona a un relativo largo plazo (> 1 año). El monitoreo de telemetría acústica utiliza receptores autónomos de forma continua, que registran la presencia de organismos equipados con transmisores codificados de forma única, y que pueden almacenar estos datos durante largos períodos de tiempo. A diferencia de la etiqueta convencional y los métodos de captura-recaptura, el monitoreo acústico permite repetir de forma electrónica las recapturas eliminando la necesidad de los esfuerzos continuo de pesca, convirtiéndola en algunos casos, en una herramienta más eficaz para el

estudio de monitoreo de especies dinámicas como tiburones que son de difícil estudio (Voegeli *et al.*, 2001). Algunas de las ventajas de la telemetría acústica es que a diferencia de la satelital tiene una mayor precisión, ya que ésta última puede llegar a tener un error de hasta varios kilómetros (Hammerschlag, 2011). Sin embargo, no todo son ventajas ya que se trata de una tecnología cara y con un alto porcentaje de pérdida. Otras limitaciones son la necesidad de varios receptores para registrar los movimientos lo que implica una mayor inversión de capital y la dificultad en ciertos ambientes como el profundo. Además la certeza para afirmar sólo es posible cuando los organismos marcados están dentro del rango de detección (Kessel *et al.*, 2014). También la manipulación del organismo a veces es un inconveniente ya que algunos pueden salir perjudicados, (Lowe *et al.*, 1998). Mientras que la observación directa informa sobre el comportamiento de elasmobrancos en el ámbito temporal y espacial, el marcaje proporcionan información sobre un tiempo más largo y una escala geográfica mayor (Gunn *et al.* 1999; Kohler y Turner, 2001). Aun así, todavía queda una clara necesidad de revelar las actividades diarias de los animales cuando están fuera de la vista de un observador bajo el agua, y más información sobre el comportamiento de liberación y del espacio ocupado antes de los sitios de recaptura.

El primer estudio de telemetría acústica de tiburón ballena fue realizado por Cagua *et al.*, (2015) en la isla de Mafia (Tanzania), en donde colocaron 19 receptores acústicos (Vemco VR2W) en la bahía de Kilindoni y marcaron 30 tiburones ballena con marcas acústicas entre octubre y diciembre de 2012. Demostraron que una gran proporción de tiburones ballena permanecen en dicha bahía durante todo el año y no solo durante ciertos meses como se pensaba por el patrón estacional de los avistamientos. Estas fluctuaciones en los avistamientos se derivan de un cambio en el comportamiento de los animales, tales como el cambio en la selección de hábitat como demuestra la telemetría acústica. La gran mayoría de las agregaciones de tiburón ballena son de carácter estacional, sin embargo, en este estudio se confirma por primera vez la evidente emigración de un área de agregación como resultado a un cambio a pequeña escala en el uso de hábitat. Falta averiguar si ésta situación es única ya que tiene implicaciones y consecuencias para la gestión debido a los cambios en las estimaciones y tendencias de abundancias, estructuras, patrones de movimiento, tasas de supervivencia, etc. (Cagua *et al.*, 2015).

1.5 Foto-identificación

La foto-identificación es el proceso por el cuál un organismo puede ser reconocido a través de una fotografía. Los TB pueden ser identificados individualmente de manera que puedan ser seguidos a través del tiempo (Speed, 2006). Actualmente esta técnica es ampliamente utilizada en algunas de las agregaciones como: Australia Occidental (Meekan *et al.* 2006, Holmberg *et al.* 2008), Belice (Graham y Roberts 2007), Seychelles (Rowat *et al.* 2009), Maldivas (Riley *et al.* 2010), Yibuti (Rowat *et al.* 2011), Isla Holbox (De la Parra-Venegas *et al.*, 2011), y junto a la punta norte de la Península de Yucatán (Ramírez-Macías *et al.* 2012). Estos estudios muestran que la mayoría de las agrupaciones se componen de los tiburones ballena masculinos juveniles con <8 m LT (Eckert y Stewart, 2001., Riley *et al.* 2010, Graham y Roberts, 2007). En La Paz Baja California y en Bahía de los Ángeles, la mayoría de los tiburones foto-identificados solo han sido avistados una sola vez, lo que indica una preponderancia de los tiburones transitorios; sólo una pequeña proporción de los avistamientos de tiburones consiste en que regresan años consecutivos (Ramírez-Macías *et al.*, 2012).

1.6 Antecedentes

Los primeros registros de la presencia de tiburón ballena en el Golfo de California datan desde 1865 (Gudger, 1927). Y su presencia se ha registrado principalmente a lo largo de la costa de la península en el golfo (Wolfson, 1987). En BLA se producen agregaciones predecibles y prolongadas de la especie, similares al Atlántico oriental. Graham y Roberts (2007) demostraron mediante el uso foto-identificación y telemetría acústica que los tiburones ballena se agregaban en 3 áreas a lo largo del arrecife Mesoamericano: Gladden Spit en Belize, isla Contoy en Mexico y Utila en Honduras. Dichos autores estiman que se trata de una sola población de TB relativamente pequeña, asimismo, dichos autores estimaron que una proporción de individuos se movían a lo largo de la región entre 3 de 4 sitios conocidos de alimentación, mostrando una habilidad para sincronizar sus movimientos a pulsos de productividad. Se trata de una población no funcional debido a la alta proporción de machos inmaduros. Se ha encontrado cierta analogía con la población de *R. typus*

del Golfo de California donde se han reportado movimientos dentro, entre Bahía de los Ángeles y Bahía de la Paz y en algunos casos Nayarit.

En el Golfo de California se han identificado desde el 2003 hasta el 2012, 460 tiburones entre Bahía de La Paz y Bahía de Los Ángeles (Ramírez-Macías et al., 2012; Ramírez-Macías Com. Pers.). De estos, 48 han mostrado movimientos entre estas localidades y en ambas direcciones. Asimismo se observó los movimientos de dos hembras entre Los Cabos (Banco Gorda) y el Archipiélago de Revillagigedo también en ambas direcciones (Ramírez-Macías *et al.*, 2012; Ramírez-Macías Com. Pers.).

En BLA hasta 2012 se han foto-identificado 264 TB con un predominio de organismos inmaduros y una proporción sexual de 3:1 machos por cada hembra (Peregrín-Tovar, 2014). La distribución de estos organismos en la bahía no fue homogénea, produciéndose un gran número de los avistamientos fuera del SUPTB. Algunos de los tiburones que suelen visitar BLA se ha estimado que también realizan movimientos entre Nayarit, BLA y BLP (Vázquez-Haikin Com. Pers.).

1.7 Área de estudio (ecología y oceanografía)

La localidad de Bahía de los Ángeles se encuentra situada en la costa oriental del estado de Baja California a 560 Km al sur de Ensenada. Se trata de una bahía abierta hacia el Golfo de California, con amplia comunicación con el Canal de Ballenas y dentro de la llamada "Región de las Grandes Islas" (Fig.4). Esta comunicación le permite recibir la mezcla de aguas superficiales y profundas que tiene lugar en el Canal de Ballenas y que se caracteriza por alta productividad y altos niveles de oxígeno disuelto. La intensa mezcla de corrientes aunado con las altas tasas de disipación de la energía de las mareas, produce una situación parecida a una constante surgencia (Álvarez-Borrego, 2008). Estas características permiten sostener una gran diversidad entre la que se encuentra el TB (Álvarez-Borrego, 2007).

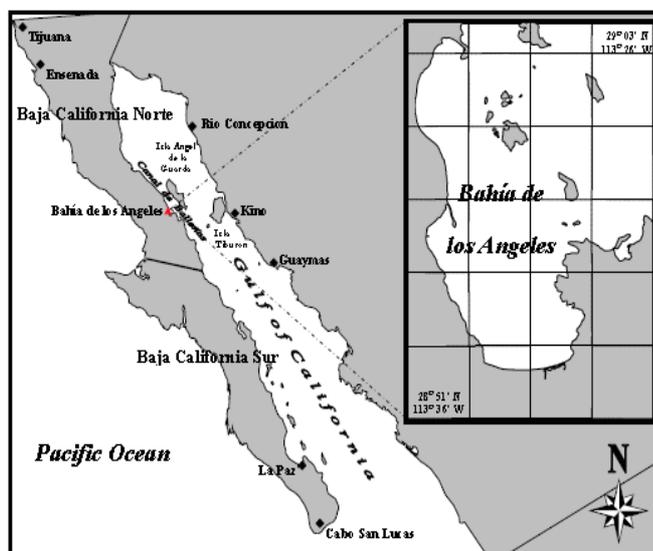


Figura 4. Región de las Grandes Islas y localización de Bahía de los Ángeles y su archipiélago (tomado de Alvarez-Borrego. 2002).

Sus dimensiones son de 16 km de largo por 6.4 km de ancho, la punta norte conocida como “La Gringa” se encuentra en los $29^{\circ} 02' 34.28'' N$, $113^{\circ} 32' 31.68'' O$ y la punta sur de la Bahía se encuentra en los $28^{\circ} 56' 42.71'' N$, $113^{\circ} 28' 35.37'' O$. El archipiélago de Bahía de los Ángeles, está situado frente a la isla Ángel de la Guarda e integrado por 17 islas. La bahía es un cuerpo de agua somero, con una profundidad menor de 40 m y profundidades máximas en el centro de los canales que la comunican con el Canal de Ballenas. El fondo de la bahía tiene una pendiente suave con fondo arenoso interrumpido por salientes rocosas, y protegido del mar abierto por el propio archipiélago (Conamp. 2005). Sin embargo, la topografía submarina circundante es accidentada e irregular con profundidades variables entre 0-1,400 m al interior de los canales. Esta topografía junto al patrón de circulación marina explican la dinámica de las masas de agua y las condiciones de surgencias que se dan en BLA.

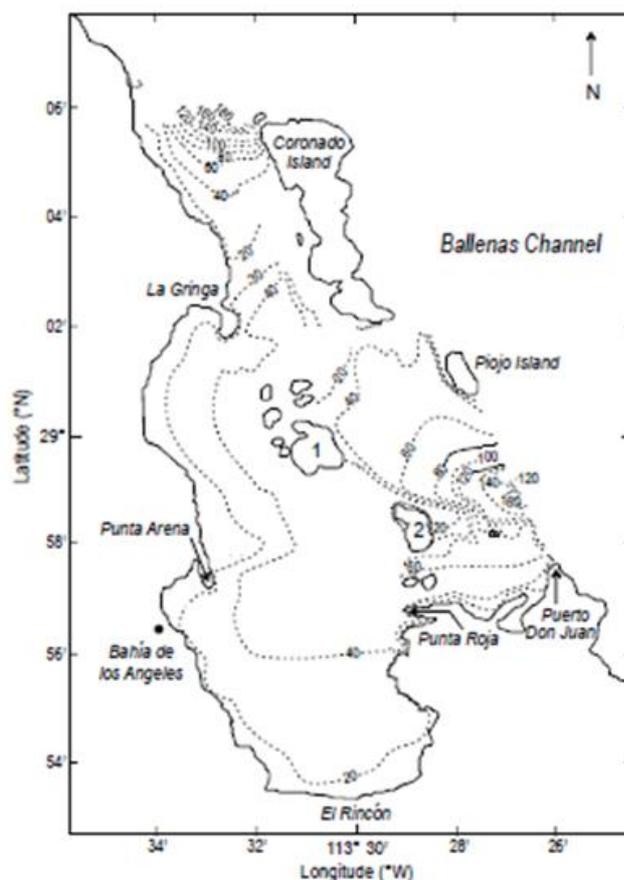


Figura 5. Mapa batimétrico de Bahía de los Ángeles. Se indican las isobatas de 20 a 120 m de profundidad (Lavaniegos *et al.*, 2012).

El archipiélago presenta cuatro canales marinos. El primero entre Punta Roja e islas Gemelito Este y Gemelito Oeste (conocidos también como los Gemelitos), tiene una profundidad máxima de 48 m; el segundo, con una profundidad similar se encuentra entre los Gemelitos e isla Cabeza de Caballo, es el canal utilizado por las embarcaciones mayores para ingresar a la bahía. El tercer canal ubicado entre isla Cabeza de Caballo e isla La Ventana tiene una profundidad similar a los anteriores. El cuarto canal con profundidades mínima de 16 m y promedio de 30 m, constituye la entrada norte a la Bahía de los Ángeles, entre Punta la Gringa e isla Coronado, en su parte norte, cerca del extremo norte de isla Coronado, la profundidad se incrementa rápidamente hasta llegar a los 180 m. Lo mismo sucede al este de la isla Piojo.

En BLA, el viento controla la circulación de aguas en la bahía y la oceanografía de la zona. Tiene un sistema de vientos dominantes con una marcada variación estacional por lo que las corrientes residuales inducidas por marea son muy débiles,

mientras que, las forzadas por el viento muestran magnitudes de hasta 25cm/s en algunas zonas (Amador-Buenrostro et al., 1991). Esto condiciona a que dependiendo de la procedencia del viento dominante, se generen 3 situaciones diferentes en la circulación en la bahía. En invierno con vientos dominantes del norte y noroeste se produce una circulación por el canal del norte que hay entre La Gringa e isla La Ventana creando un flujo paralelo a costa que se extiende hasta el extremo sur de la bahía (El Rincón) y saliendo de esta por el canal sur. En verano tenemos la situación contraria con vientos dominantes del este y del sureste, generando una circulación con entrada por el canal sur y que se bifurca en dos ramas, una que se dirige hacia el oeste y la otra hacia el sur, dándole vuelta a toda la bahía. En primavera y otoño, se presenta una circulación intermedia, dado que el patrón de vientos es variable tanto en dirección como intensidad (Amador-Buenrostro et al., 1991).

Bahía de los Ángeles se localiza en la franja costera más árida del Desierto Sonorense, la cual se caracteriza por veranos calientes e inviernos fríos, fuertes vientos y alta variabilidad en la precipitación (Cavazos, 2008) con una temperatura superficial del agua con media anual de 22.7 ± 1.4 °C. Las temperaturas más bajas se presentan en Enero-Febrero (14-15 °C) y las más altas entre julio y agosto (28-31°C) observándose una marcada estacionalidad (Hernández -Nava, 2013). A pesar de tener un clima desértico, la región se caracteriza por tener años consecutivos con poca lluvia interrumpidos por huracanes esporádicos y tormentas invernales donde el 89% de la lluvia anual depende de eventos extremos de lluvia (Cavazos, 2008).

1.7.1 Monitoreo

El grupo de monitoreo comunitario PEJESAPO compuesto por 5 miembros de la localidad de BLA y liderado por el doctor Abraham Vázquez se encarga de realizar las labores científicas con la especie. Las labores de monitoreo en BLA consisten en el conteo de los organismos, foto-identificación del tiburón, toma de muestras biológicas, determinación del sexo y talla del animal, monitoreo del hábitat (variables oceanográficas y biológicas), difusión de los códigos de conducta y vigilancia del área. Por medio de esta información se realizan estimaciones de la estructura y tamaño poblacional así como evaluación del impacto que causan las

embarcaciones, tendencias en la abundancia, fidelidad al sitio, etc. Colaboran con Tiburón Ballena México en la estimación de abundancia de los tiburones ballena del Golfo de California y movimientos.

1.7.2 Uso de marcas satelitales, PAT SAT y acústicas en BLA

Eckert y Stewart (2001) estudiaron la migración del tiburón ballena en el Golfo de California utilizando telemetría satelital. Entre 1994 y 1996 marcaron 17 tiburones ballena, 12 de ellos en Bahía de los Ángeles y 5 en Banco Gorda (Baja California), la trayectoria descrita por cada uno de estos tiburones fue diferente. Seis de los tiburones marcados permanecieron en el Golfo de California, 4 de ellos salieron del Golfo de California (GC) mostrando movimientos en el Pacífico Norte y únicamente uno de ellos aparentemente migró con dirección al oeste del Océano Pacífico, registrándose una trayectoria de más de 13.000 km durante 37 meses, sugiriendo por tanto la migración más larga reportada a día de hoy para la especie en el mundo entero (Fig. 6).

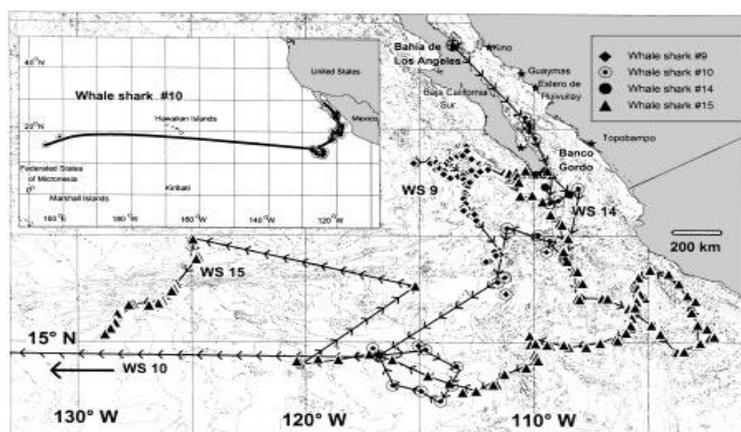


Figura 6. Trayectoria realizada por los 4 tiburones ballena que abandonaron el Golfo de California (Eckert y Stewart, 2001).

En el 2009 se marcaron dos tiburones ballena de 6 m y 5.5 m de LT de sexo indeterminado bajo la dirección del Dr. Oscar Sosa Nishizaki, con apoyo logístico del grupo de monitoreo comunitario de tiburón ballena en Bahía de los Ángeles (PEJESAPO). Ambos tiburones se marcaron con marcas tipo PAT. Los tiburones mostraron comportamientos horizontales diferentes. Ambos permanecieron durante un tiempo dentro del Golfo de California (Fig. 7). Uno de ellos permaneció dentro del

Golfo de California y en 129 días recorrió una distancia de 2,026.05 km a una velocidad media de 1.2 ± 1.1 km h⁻¹. El otro TB salió del golfo y en 37 días recorrió una distancia de 2,388.11 km con una velocidad media de 3.1 ± 1.8 km h⁻¹. En este estudio se observó que el tiburón 1 prefirió permanecer entre los 0-20 m y el tiburón 2 entre 50-150 m de profundidad (Fig. 7; Mayorga, 2011). En octubre de 2011, Sosa-Nishizaki et al. marcaron un tiburón ballena de 6 m LT con una marca SPOT. Este tiburón permaneció dentro de la bahía y utilizó toda su área (Fig. 7).

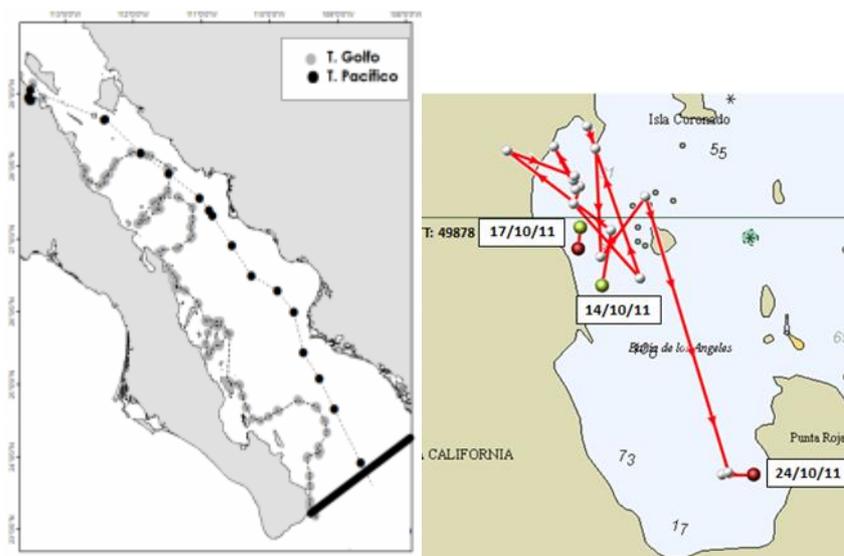


Figura 7. Trayectoria realizada por los tiburones ballena marcados con telemetría satelital dentro del GC (Izquierda) (Mayorga 2012). Trayectoria realizada por un TB marcado con marca SPOT en BLA (Derecha) (Sosa-Nishizaki 2011. Datos sin publ.).

1.8 Justificación

Bahía de los Ángeles atrae a un gran número de TB cada año, la gran mayoría son organismos juveniles (<8m LT). Esta es una etapa vulnerable del ciclo de vida de esta especie de tiburón. Los esfuerzos de monitoreo concentrados principalmente en la zona protegida muestra que un gran número de estos juveniles hace uso de la zona sur, sin embargo, es necesario fundamentar científicamente el uso que hace el TB de toda la bahía, para evaluar si hay una necesidad de alternativas de manejo para la especie. Por lo que la información de la distribución y el uso de hábitat de TB en BLA, a nivel individual, podrá contribuir a robustecer el actual plan de manejo y asegurar su conservación.

1.9 Objetivos

1.9.1 General

- Evaluar el uso individual del hábitat del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles a través de las técnicas de foto-identificación y marcaje acústico.

1.9.2 Específico de foto identificación

- Identificar si existe fidelidad al área.
- Cuantificar el tiempo de estancia y frecuencia anual de la presencia de los tiburones ballena a nivel individual, durante las temporadas de 2007-2013.
- Identificar si hay un patrón de temporalidad en los individuos que regresan.

1.9.3 Específico de telemetría acústica

- Probar si los individuos marcados durante la temporada de monitoreo 2014 usan tanto la zona norte de la bahía como la zona sur (Sub-Zona de Uso Público de Tiburón Ballena).
- Cuantificar la frecuencia y la proporción de tiempo que hacen uso los tiburones ballena de la zona norte y la zona sur de la bahía.
- Identificar preferencia de hábitat a zonas específicas de la bahía.

1.10. Hipótesis

1.10.1 Hipótesis de foto identificación

- El tiburón ballena en BLA presenta fidelidad al área

1.10.2 Hipótesis de telemetría acústica

- El tiburón ballena hace un uso igual tanto de la zona norte (La Gringa) de la bahía como de la zona sur (El Rincón).
- La proporción de tiempo que el tiburón ballena pasa dentro de la Sub-Zona de Uso Público de Tiburón Ballena y fuera de ésta es similar.
- No hay una preferencia de área.

Capítulo 2- Metodología

2.1 Seguimiento individual a través de la foto-identificación

Para hacer el seguimiento de la presencia de individuos de tiburón ballena durante las temporadas 2007 a 2013, se tuvo acceso a la base de datos del grupo de monitoreo comunitario Pejesapo de BLA. La base de datos contiene el registro de 333 tiburones foto-identificados e incluye información sobre su tamaño, sexo y observaciones sobre la presencia de cicatrices. El fundamento de la técnica de foto-identificación y el protocolo de monitoreo se explica a continuación.

El TB nace con una pigmentación característica que conforma un patrón de puntos y líneas y que es único para cada tiburón. Este patrón se mantiene sin cambios a lo largo del tiempo por lo que se convierte en una buena herramienta para identificación. Para proceder a la identificación lo primero fue avistar al organismo desde la embarcación y colocarse en el flanco izquierdo del tiburón para realizar mediante buceo libre una fotografía sub-marina. Esta fotografía comprende una región específica del organismo delimitada anteriormente por la quinta hendidura branquial, ventralmente por el plano de inserción de la aleta pectoral, posteriormente por una línea trazada verticalmente desde el punto de la inserción al borde posterior de la aleta pectoral y dorsalmente por la más ventral de las tres crestas longitudinales (Fig. 8) (Arzoumanian *et al.* 2005).

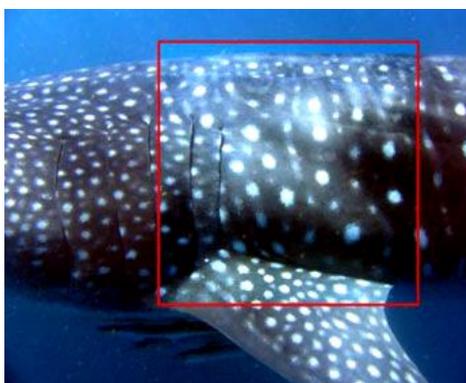


Figura 8. Región específica para la foto-identificación

Se escogieron las imágenes con mayor calidad y se analizaron con un software de identificación de patrones llamado I3S que inicialmente fue creado para la identificación de estrellas y constelaciones. Este software, mediante un algoritmo, mide las ubicaciones y dimensiones de los grupos de píxeles de un solo color y las relaciones espaciales entre estos grupos y forman la base de un identificador único para cada tiburón a modo de una “huella digital” (Arzoumanian *et al.* 2005). Para cada fotografía se seleccionaron al menos 13 puntos que se encontraban en la región delimitada. El programa comparó esa “huella digital” creada con esos 13 puntos (pueden ser más pero no menos) y nos dio un porcentaje de similitud junto con las imágenes correspondientes a esos porcentajes, y se comparó visualmente para confirmar si se trata de un individuo nuevo o no (Fig. 9). La información de los tiburones ballena identificados fue registrada individualmente en la base de datos utilizando el código BLA14-x (BLA =Bahía de los Ángeles, 14= primer año de identificación de ese organismo 2014 y x= número de organismo). En caso de tratarse de una recaptura (organismo anteriormente registrado) se registró al organismo en la base de datos utilizando el código que se le dio la primera vez que fue fotoidentificado.

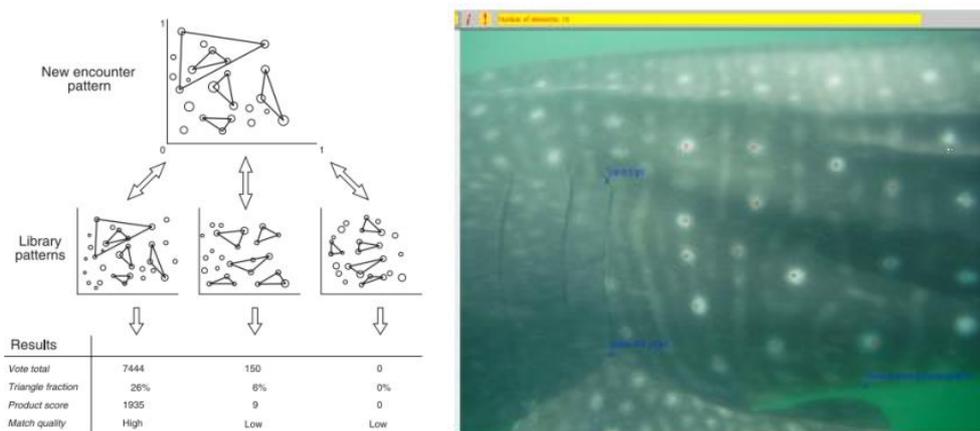


Figura 9. Esquema del proceso de comparación básica basado en la formación de triángulos por tripletes de puntos (izq). Elección de los 13 puntos para comparación (dcha).

Además de esto, se fotografían elementos de identificación secundaria como el sexo, heridas y cicatrices en el cuerpo para confirmar la identidad del tiburón (Fig. 10). Ésta técnica es usada en más lugares del mundo y en otras especies.



Figura 10. Identificación del sexo mediante presencia o ausencia de gonopterigios (izq.). Identificación de lesiones (der.).

2.2 Telemetría acústica

Para dar seguimiento de la presencia de tiburones marcados acústicamente se construyó una red con 7 receptores (VR2W-69KHz) anclados en diversos puntos distribuidos a lo largo de BLA, tanto dentro del área UPTB como fuera de ésta de BLA, durante los días 27 y 28 de agosto de 2014 (Fig. 11 y tabla 1). Los receptores registran la fecha, hora y código identificador de cada transmisor correspondiente a cada organismo marcado que se encuentre dentro del rango de detección, el cual puede variar de 0-500 m de radio dependiendo de las características oceanográficas de lugar de colocación. Los siete receptores fueron retirados del agua el día 20 de noviembre de 2014.

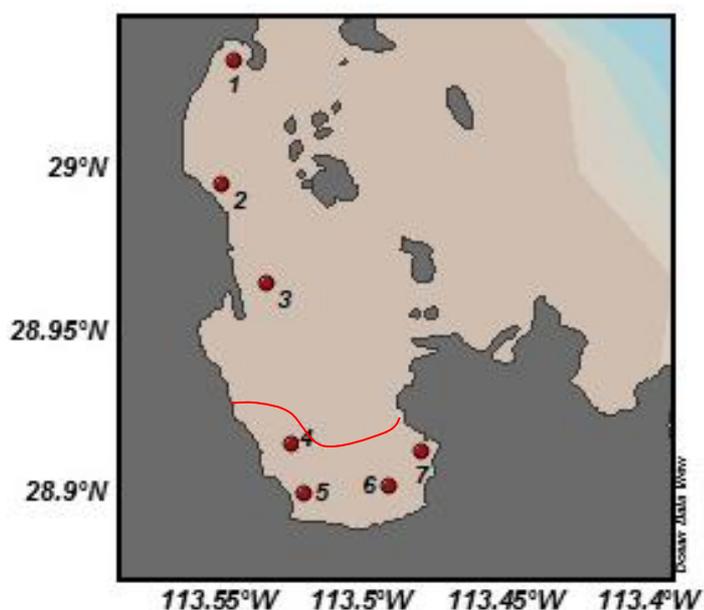


Figura 11. Distribución de la red de 7 receptores acústicos en BLA que se mantuvo entre agosto y noviembre de 2014.

Los receptores fueron atados a un cabo mediante cinchos de plástico y un anclaje usando un muerto de cemento, todo ello unido a una boya de flotación previamente marcada con las siglas TB (Fig. 12). Todos los receptores fueron cubiertos con una cinta adhesiva para evitar así el deterioro por la adhesión de material biológico (biofouling). Todos los receptores se colocaron a 10 metros de la superficie. Para comprobar la amplitud del rango de detección se realizó una prueba de alcance del rango de detección en la que se alcanzaron hasta los 500 m. Esto se realizó colocando el receptor en el agua y mediante una embarcación tipo "kayak" se fue alejando uno de los transmisores en la columna de agua, cada 50 m hasta llegar a los 500 m. Hubo detecciones a todas las distancias incluida la más alejada de 500 m.



Figura 12. Receptor anclado a la línea madre mediante cinchos de plástico (izq), bolla marcada con las siglas TB para señalización del receptor (medio) y muerto para anclaje al fondo del receptor.

Tabla 1. Número del receptor, estación, fecha de colocación, coordenadas de cada estación y profundidad a la que fue colocado el receptor.

| Num. receptor | Estación | Fecha | Latitud | Longitud | Profundidad (m) |
|---------------|----------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 121832 | 7 | 27-08-2014 | 28 54' 47.88" N | 113 28' 47.2" W | 10 |
| 112304 | 6 | 27-08-2014 | 28 54' 9.43" N | 113 29' 25.5" W | 10 |
| 121830 | 5 | 27-08-2014 | 28 54' 0.72" N | 113 31' 13.8" W | 10 |
| 121833 | 4 | 28-08-2014 | 28 54' 51.84" N | 113 31' 32.9" W | 10 |
| 121825 | 3 | 28-08-2014 | 28 57' 55.44" N | 113 32' 0.24" W | 10 |
| 121831 | 2 | 28-08-2014 | 28 59' 44.16" N | 113 32' 55.3" W | 10 |
| 121826 | 1 | 28-08-2014 | 29 2' 1.32" N | 113 32' 40.9" W | 10 |

Se marcaron nueve tiburones ballena dentro de la bahía, con una talla entre 4.3 a 7.0m de longitud total estimada, de los cuales 8 eran machos, durante el 28 y 29 de Agosto de 2014. Se utilizaron marcas acústicas (transmisores VR2W-V16), las cuales fueron colocadas en los organismos mediante un anclaje de acero inoxidable, insertado debajo de la primera aleta dorsal mediante buceo libre, utilizando un arpón modificado tipo hawaiana (Figs. 13 y 14). Cada trasmisor emite una señal acústica codificada única a intervalos aleatorios entre (40-70 segundos) y con una batería de vida media de hasta 4 años (<http://vemco.com/>).



Figura 13. Marca acústica (transmisores VR2W-V16) con anclaje (izq.); anclaje tipo flecha utilizado para la inserción de la marca en el organismo (dcha); y arpón tipo hawaiana con la marca colocada para inserción (abajo).



Figura 14. Marca acústica (transmisores VR2W-V16) con anclaje insertado en la base de la aleta dorsal.

2.3 Análisis de datos

El grado de fidelidad al sitio, preferencia de área y extensión de uso de un área particular se determinó por la cantidad de tiempo que el organismo pasó próximo a un receptor en particular y por el número de detecciones en cada ubicación de la red de receptores (Lowe *et al.* 2006).

Para comparar si había diferencias entre el número de recepciones entre los receptores, se realizó un análisis estadístico no paramétrico de Kruskal –Wallis dado que los datos no presentaron distribución normal y homogeneidad de varianzas. Además también se analizaron con una prueba de análisis múltiple de Kruskal.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software Statistica versión 7 y con un nivel de nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Para cada tiburón se calculó un índice de permanencia (IP) en BLA. Con base en Nalesso (2014) se utilizó el término *tiburón activo*, desde el día en que se le instala el transmisor acústico al tiburón hasta el día de su última detección en cualquiera de los receptores y *tiburón detectado* se refiere solo a los días en que el tiburón quedó registrado con una o más detecciones en cualquiera de los receptores.

$$IP = \text{n}^\circ \text{ de días detectado en BLA} / \text{n}^\circ \text{ días activo}$$

Según Lowe *et al.* (2006): “La utilización de un área en particular se determina por la cantidad de tiempo que un pez pasa en la proximidad de un receptor determinado y por el número de detecciones en cada ubicación”. Haciendo uso de esta definición los movimientos fueron analizados de manera gráfica. Se obtuvo el número de detecciones por tiburón y receptor y el número de días que cada tiburón estuvo presente en alguno de los sitios con receptores para el período comprendido entre agosto a noviembre de 2014. Con ello se determinó la utilización que hicieron los tiburones de las diferentes áreas abarcadas por los receptores. Para el análisis de residencia a los sitios, según la velocidad de natación de *R.typus* (Ketchum *et al.*, 2014., Nalesso, 2014), se determinó la duración de las visitas en cada receptor, donde todas las detecciones con intervalos de tiempo menores o iguales a 30 minutos se consideraron parte de la misma visita y se obtuvo la mediana en minutos de estos paquetes de detecciones. Se definió 30 minutos por considerarse la velocidad de nado de TB de 1 km/h por lo que necesitaría 30 minutos para salir del rango abarcado por el receptor y volver a ser detectado.

Para la comparación en el uso de los diferentes sitios de la bahía se agruparon los receptores R1 y R2 como la zona norte, el R3 la zona de en medio y R4, R5, R6 y R7 como zona sur.

Se realizó una correlación entre el número de detecciones por día y tiburón y las amplitudes de marea para el mes de octubre que fue el mes que más detecciones

registró y cuando tuvo lugar el mayor número de días consecutivos registrados para un mismo tiburón.

Capítulo 3- Resultados

3.1- Resultados

3.1.2 Seguimiento individual a través de la foto-identificación

Durante las temporadas 2007 a 2013 se registró y foto-identificó un total de 333 tiburones ballena en BLA. El 68% (n=227) del total de los tiburones foto-identificados solo fueron vistos durante una sola temporada, mientras que el resto (n=106) han regresado a BLA en una o más ocasiones, ya sea en años consecutivos o no (Fig. 15). De los 106 individuos que regresaron, 65 (61%) lo hicieron en años consecutivos (Fig. 16). Se contabilizaron 59 tiburones que regresaron durante dos años y de estos, 35 lo hicieron en años consecutivos. De los 28 individuos que regresaron 3 años, 17 lo hicieron de forma consecutiva y 14 organismos regresaron por 4 años de los cuales 9 fueron en años sucesivos. De los 5 tiburones que retornaron a la bahía en 5 temporadas, 4 de ellos lo hicieron de manera consecutiva (Fig. 16) y hasta principios de temporada del 2014 tenemos que 3 de estos individuos regresaron por 6 años.

Recurrencia de los tiburones fotoidentificados desde el 2007 al 2013 en BLA

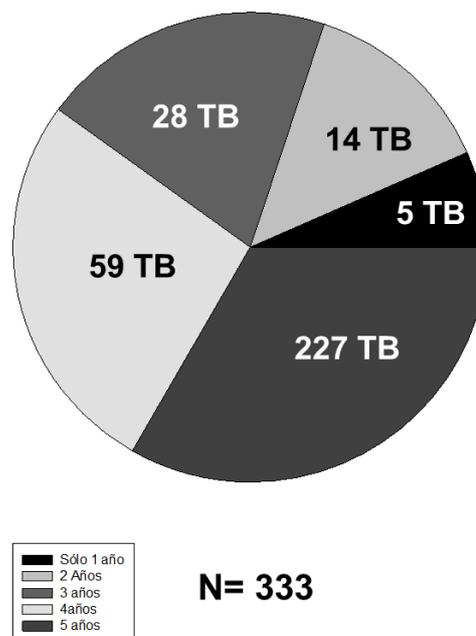


Figura 15. Número de tiburones foto-identificados en BLA durante las temporadas de 2007 a 2013. En la figura se indican el número individuos que solo se registraron en una sola temporada (un año), o durante dos a cinco temporadas.

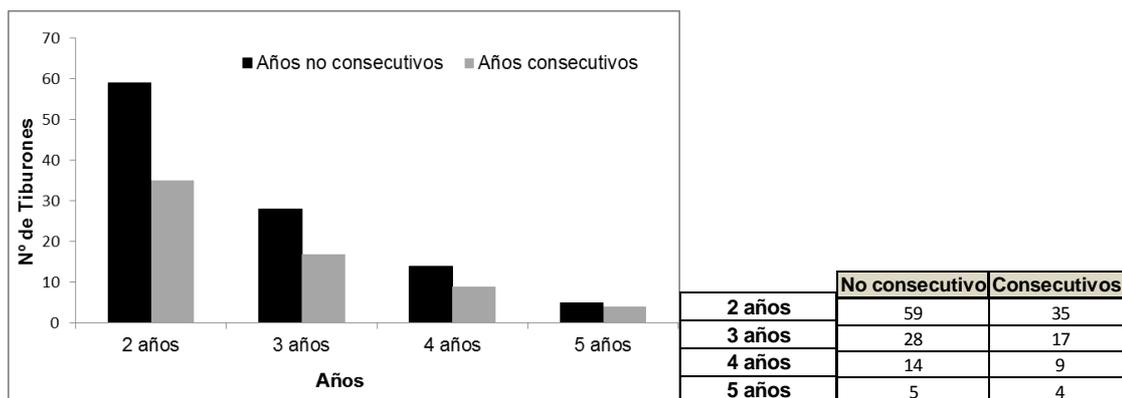


Figura 16. Número de tiburones que regresan en más de una ocasión en años consecutivos o no consecutivos.

Durante el periodo de 2007 a 2013 el número de tiburones ballena foto-identificados por temporada se ha incrementado de 13 tiburones registrados en 2007 a 125 registrados durante 2013 (Fig. 17). En la figura 17 se observa que en casi todas las temporadas, el número de nuevos individuos siempre ha superado al número de re-avistamientos, excepto en la temporada de 2012, cuando de un total de 92 tiburones 51 (55%) eran tiburones que habían sido registrados en alguna temporada anterior. Cabe señalar que durante la temporada 2013 se logró registrar un total de 125 tiburones de los cuales 72 (58%) fueron nuevos registros, siendo esta temporada en donde se obtuvo el mayor número de nuevos registros.

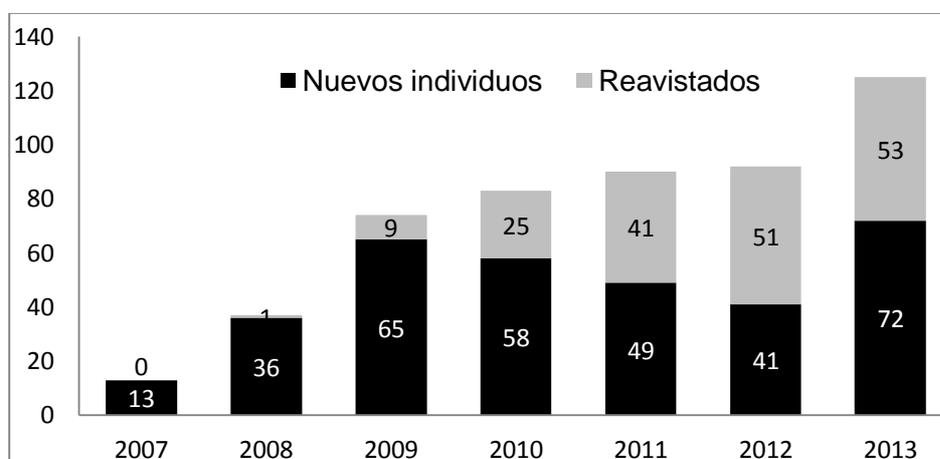


Figura 17. Número de tiburones ballena foto-identificados por temporada de monitoreo. Se indica el número de nuevos tiburones registrados y el número de re-avistados en BLA.

La talla estimada del total de los tiburones tuvo un intervalo entre los 3.3 a 9 m de longitud total. De los 227 tiburones que solo han visitado la bahía una vez, 65 (29%) fueron hembras, 124 (55%) machos y a 36 (16%) no se les identificó el sexo (Fig. 17). De los 106 individuos que si han regresado en más de una temporada 67 (63.5%) fueron machos, 31 (29%) hembras y a 8 (7.5%) no se les pudo identificar el sexo (Fig. 17).

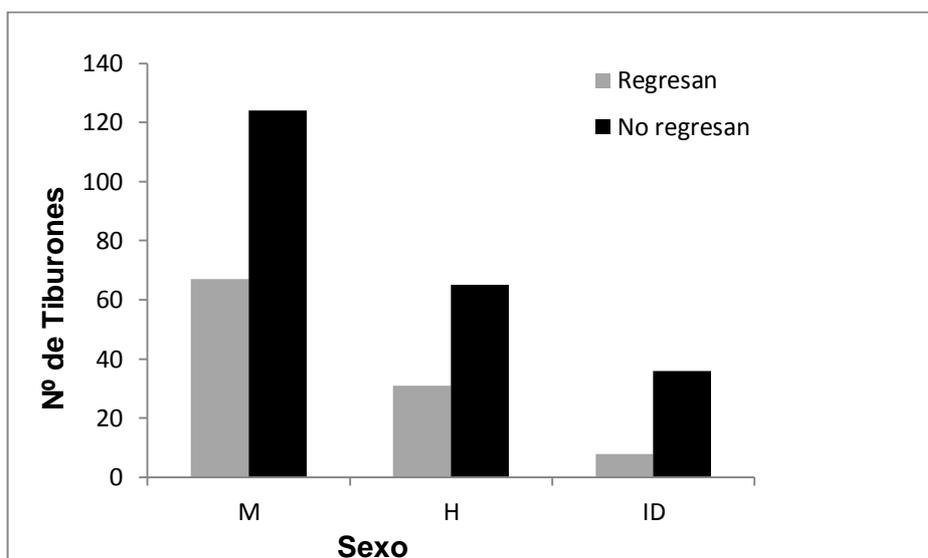


Figura 18. Proporción de sexos de los tiburones ballena foto-identificados durante las temporadas de 2007 a 2013 en BLA. En gris los individuos que han sido observados en más de una temporada y en negro durante una sola ocasión.

3.2 Resultados de telemetría acústica

3.2.1 Características de los tiburones marcados

Los tiburones marcados en BLA tuvieron una tamaño entre 4.2 a 7 m de LT, con una talla promedio de 5.6 ± 1.03 m, siendo la más frecuente de 5.9 m LT. La talla de madurez para el tiburón ballena se ha estimado entre 8 y 9 m de LT, por lo que es probable que todos los tiburones marcados en este estudio fueron inmaduros (Ramírez-Macías et al., 2012, Hueter et al., 2006).

Tabla 2.Tabla con código identificador de cada tiburón marcado en este estudio, talla, sexo, fecha y coordenadas del último avistamiento con foto identificación, fecha de última detección con telemetría y receptor en el cual se registró la última detección. El marcaje se realizó durante el 27 y 28 de agosto de 2014. Los receptores se extrajeron el día 20 de noviembre. En gris se indica el individuo que perdieron la marca acústica durante el experimento.

| ID | Código | Talla | Sexo | Ultima detección con telemetría y nº del receptor | Última detección con foto ID |
|------|-----------|------------------------|------|---|------------------------------|
| 1* | BLA11-41 | 23 pies 7.01m | M | 05/10/2014 R2 | 18/10/2014 |
| 2* | BLA14-123 | 14 pies 4.26m | M | 20/11/2014 R3 | 22/10/2014 |
| 3** | BLA11-13 | 19.5 pies 5.94m | M | 21/10/2014 R3 | 22/10/2014 |
| 4* | BLA14-40 | 19-20 pies 6.09m | M | 20/11/2014 R3 | 09/12/2014 |
| 5* | BLA13-11 | 21.5 pies 6.55m | M | 03/09/2014 R3 | 14/12/2014 |
| 6 | BLA14-85 | 14-15 pies 4.41m | M | 11/11/2014 R3 | 01/10/2014 |
| 7 | BLA14-20 | 19 pies 5.79m | M | 16/11/2014 R3 | 18/10/2014 |
| 8 | BLA14-31 | 14-15 pies 4.41 | H | 01/09/2014 R3 | 26/08/2014 |
| 9*** | BLA12-25 | 21 pies 6.40m | M | 14/09/2014 R3 | 11/09/2014 |

* La fecha de la última foto identificación es posterior a la registrada por telemetría;
 ** Perdió la marca dentro del área de estudio; *** Perdió la marca fuera del área y periodo del estudio.

3.2.2 Movimientos generales

De los nueve TB marcados en BLA, se obtuvieron un total de 9,868 detecciones. El 31% de estas detecciones fueron en El Escalón, receptor nº 5 (R5) (Fig. 19). En todos los receptores fueron detectados al menos una vez todos los tiburones excepto para los receptores colocados más al norte, el R1 y el R2. En el R1 fueron

detectados 6 de los 9 tiburones marcados y en el R2 solo el tiburón número 5 no fue detectado (Fig. 19).

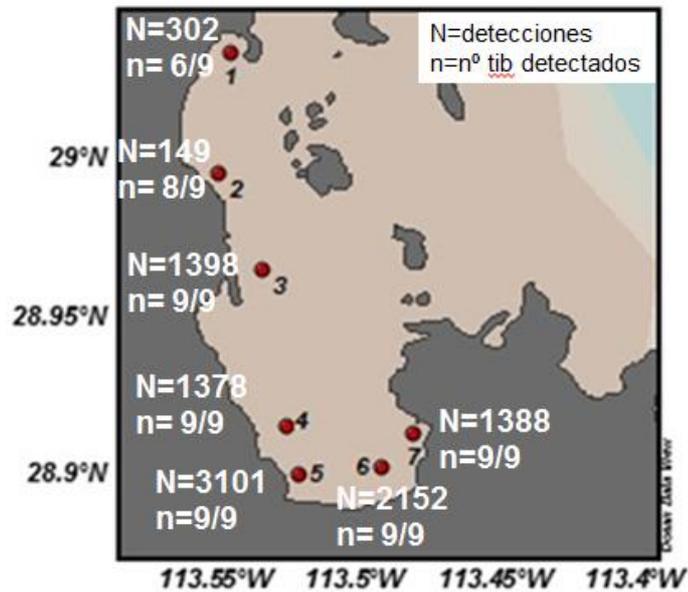


Figura 19. Localización de los receptores en BLA, el número de detecciones en cada uno de ellos (N) y número de los diferentes tiburones marcados registrados por cada receptor (n).

Los tiburones ballena marcados en este estudio se mantuvieron activos un mínimo de 4 días y un máximo de 69 días, con una media de 30 días \pm 25 días de desviación estándar (DE). Todos fueron detectados los días posteriores a ser marcados (Tabla 2). Los tiburones 2, 5, 8 y 9 dejaron de ser detectados durante septiembre, en donde el tiburón 5 solo se detectó por cinco días mientras que el tiburón 8 por 4 días. El tiburón 1 dejó de ser detectado en la red de receptores después de los primeros días de octubre y el tiburón 3 a finales de octubre (Fig. 20; Tabla 2). Todos los tiburones se alejaron del área de detección de los receptores durante varios días, principalmente durante el mes de septiembre, algunos días antes, durante o un par de días después de la llegada del ciclón "Odile" que aconteció el 16 de Septiembre de 2014, regresando a BLA unas semanas después. El tiburón 7 presentó el periodo más largo de ausencia con 25 días entre detecciones (Fig. 20). Aquí estoy considerando esos días como ausencias de la BLA, sin embargo, es difícil determinar si es una ausencia real. Por ejemplo, algunos de los tiburones marcados fueron avistados fuera del rango de detección de los receptores (500 m), durante las actividades de monitoreo del tiburón ballena dentro

de la bahía. Este fue el caso de los tiburones 1, 2, 3, 4 y 5, todos ellos a una distancia entre 600m y 2 km del receptor más cercano.

Tomando en cuenta el número de recepciones por receptor, la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis ($H=26.6$; $p=0.0003$), indicó diferencias significativas entre los receptores 1 y 2 situados en la zona norte y el 5 y 6 colocados en la zona sur. Esta división fue utilizada para el análisis horizontal (ver más adelante).

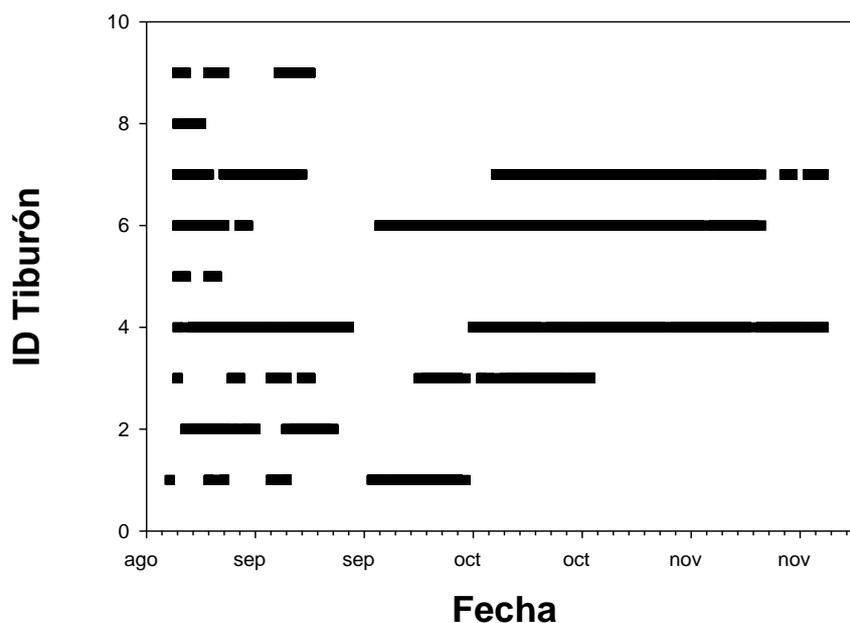


Figura 20. Cronograma general de presencia para todos los tiburones marcados en BLA durante el periodo de agosto-noviembre de 2014.

3.2.3 Distribución espacio-temporal individual

Los tiburones 5 y 8 fueron detectados por primera vez el 30 de agosto y fueron los que permanecieron en BLA el menor tiempo, ya que los días 3 y 1 de septiembre respectivamente corresponden con su última detección en el receptor 3 (Tabla 2, Fig. 21). Sin embargo, la última detección con telemetría acústica del tiburón 5 es anterior al último registro que se tiene del monitoreo en la zona del 14 de diciembre de 2014 pudiendo suceder que perdiera la marca en el transcurso del estudio y/o que se marchara y regresara después de retirar los receptores. Este tiburón 5 se distribuyó principalmente en la parte sur de la bahía, y no se registró su presencia en las cercanías de los receptores 1 y 2 (Fig. 21). El tiburón 8 no tuvo detecciones para el receptor 1 situado en más al norte (Fig. 21).

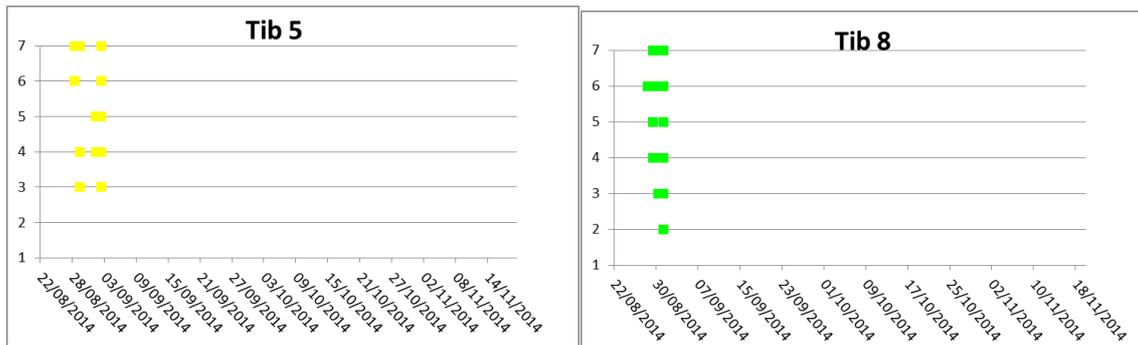


Figura 21. Cronograma de presencia para los tiburones 5 y 8 durante el período de estudio agosto-noviembre de 2014. El eje de las Y indica el número de receptor.

Los tiburones 1, 2 y 9 (Fig. 22) permanecieron más tiempo en BLA observándose en ellos un pequeño periodo de tiempo en el que se alejaron del rango de detección de los receptores y volviendo a ser detectados unos días después. El tiburón 1 no tuvo detecciones en el R1 (La Gringa). En el caso de los tiburones 1 y 2 la fecha de última detección es anterior a la fecha de última foto-identificación (Tabla 2). El tiburón 9 tuvo su última detección en BLA el 14 de septiembre y la fecha de último avistamiento fue el 11 de septiembre. Este tiburón fue avistado meses después en Bahía de La Paz (BLP), al sur del Golfo de California (CG), en donde le extrajeron la marca acústica el 29 de Noviembre, estimándose un viaje de 75 días hacia el sur del golfo de California. La última detección del tiburón 1 y 9 fue en el R3 mientras, que en el tiburón 2 fue en el R2 (Tabla 2).

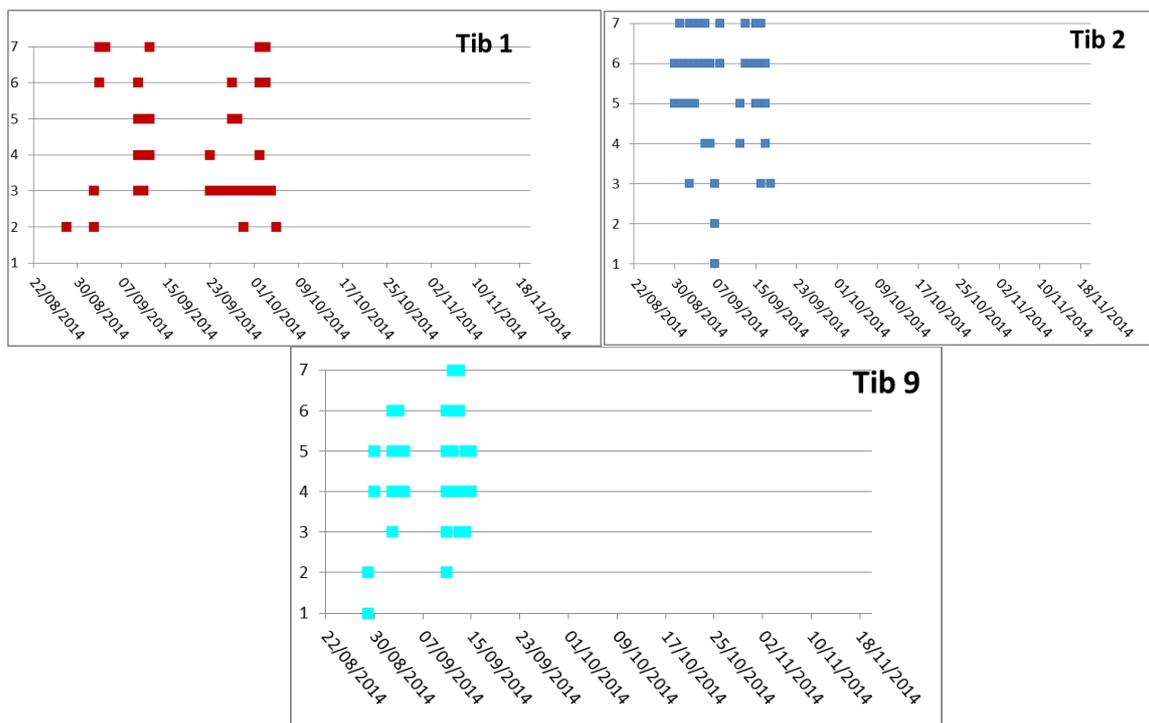


Figura 22. Cronograma de presencia para los tiburones 1, 2 y 9 durante el período de estudio agosto-noviembre de 2014. El eje de las Y indica el número de receptor.

Los tiburones 3, 4, 6 y 7 son los que permanecieron durante un mayor periodo en la bahía, registrándose detecciones hasta el mismo día en el que se retiraron los receptores y terminó el estudio el 20 de noviembre (Tabla 2; Fig. 23). La permanencia mínima de estos tiburones fue de 30 días y la máxima de 69 días, con una media de 53 días \pm 16 DE. Estos tiburones también se alejaron del rango de detección un período de tiempo. El tiburón 3 se ausentó 11 días alejándose de los receptores el 15 de septiembre, un día antes de que ocurriera el Odile. El tiburón 4 se ausentó 15 días marchándose el 20 de septiembre, 4 días después del ciclón. El tiburón 6 se ausentó por 16 días mientras que el tiburón 7 fue la ausencia más larga reportada para este estudio siendo de 25 días y habiéndose marchado un día antes del ciclón. El tiburón 1 se ausentó por 11 días abandonando la bahía el 12 de septiembre y regresando el 23 de este mes. El tiempo medio de duración de las ausencias en el período de ocurrencia del ciclón fue de 16 días \pm 5 DE (Fig. 23). El tiburón 3 perdió la marca aproximadamente el 21 de octubre y fue visto durante el monitoreo de tiburón ballena en la zona en días posteriores ya sin la marca.

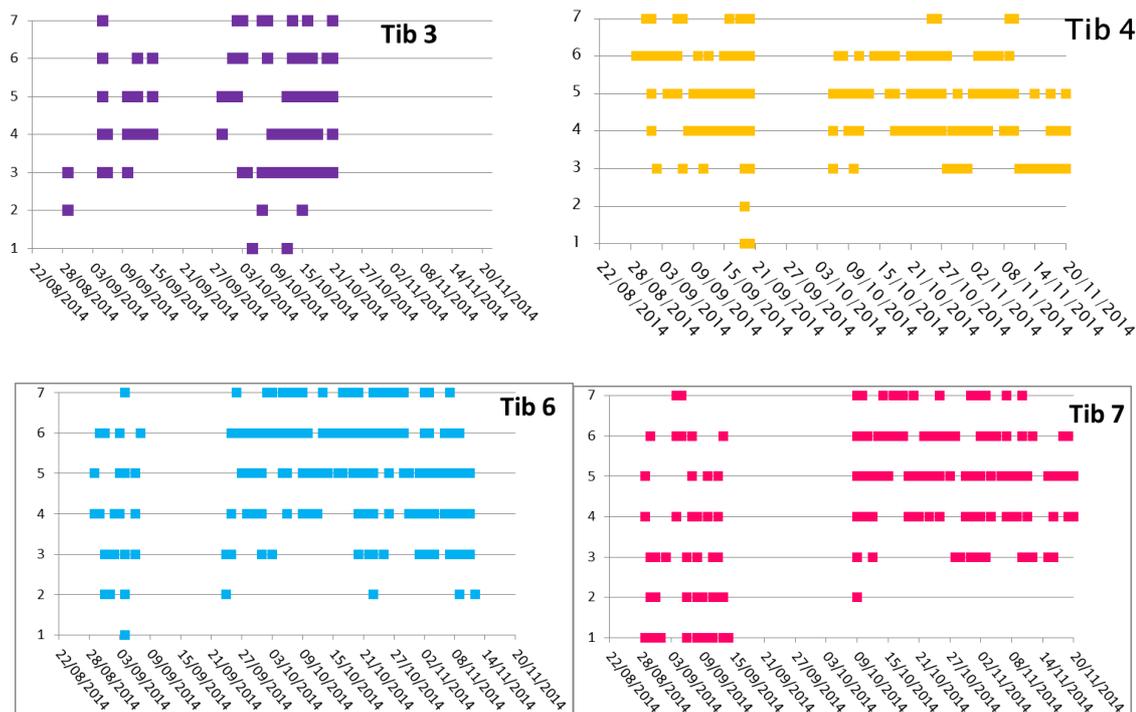


Figura 23. Cronograma de presencia para los tiburones 3, 4, 6 y 7 durante el período de estudio agosto-noviembre de 2014. El eje de las Y indica el número de receptor.

El tiburón que más días permaneció activo fue el tiburón 4 con 69 días en todo el periodo de estudio. Sin embargo el tiburón que más días pasó de forma consecutiva fue el ejemplar 6 que quedó registrado para todo el mes de octubre sin interrupción (Fig. 23).

El mes en el que más detecciones se registraron fue octubre con cerca de 4900 detecciones en todos los receptores. Esta junto con el máximo de detecciones consecutivas ya que el tiburón 4 tuvo detecciones para todos los días del mes de octubre.

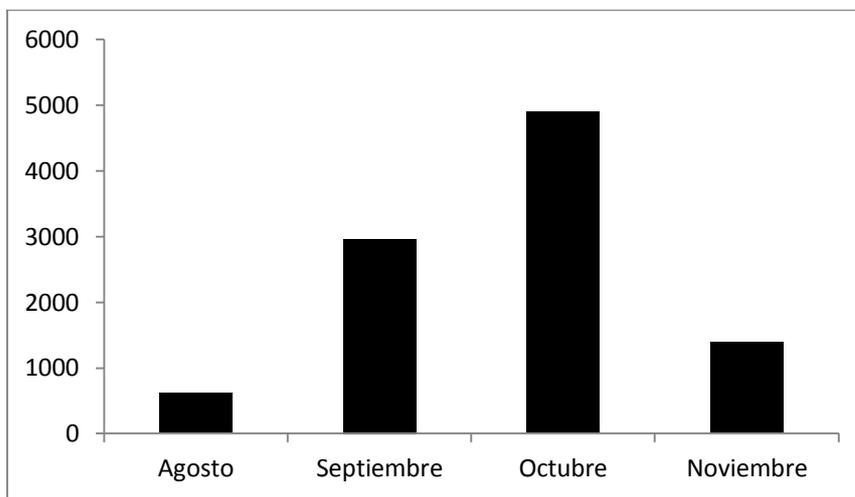


Figura 24. Número de detecciones de todos los tiburones durante el período de estudio Agosto-Noviembre de 2014.

El índice de permanencia (IP) reveló que 3 de los tiburones marcados tenían un alto IR. El índice de residencia más alto lo mostró el tiburón 4 con un IR=0,81 y el más bajo el tiburón 4 con un IR= 0.05.

Tabla 3. Índice de permanencia de cada tiburón marcado con telemetría acústica en BLA de agosto a noviembre de 2014.

| ID Tiburón | nº de días detectado | IP BLA |
|---------------|-------------------------|--------|
| 1 | 20 | 0,23 |
| 2 | 17 | 0,20 |
| 3 | 30 | 0,35 |
| 4 | 69 | 0,81 |
| 5 | 4 | 0,05 |
| 6 | 59 | 0,69 |
| 7 | 57 | 0,67 |
| 8 | 4 | 0,05 |
| 9 | 10 | 0,12 |

3.2.4 Descripción de los movimientos entre receptores y tiempo de visita

Para determinar la utilización de los sitios, se calculó para cada tiburón el número de días que fue detectado en cada uno de los receptores (Nalesso, 2014). Esto reveló que en todos los receptores se registraron detecciones por lo que se corroboró el

uso de toda el área abarcada por el rango de detección de los receptores tanto en el norte como en el sur. Se presentaron áreas preferentes aunque no exclusivas en el uso de área correspondientes al R4, R5 y R6, todos situados dentro de la SUPTB y al sur de la bahía. Sin embargo, el R3 situado fuera de la SUPTB y correspondiente a la parte norte de la bahía registró un gran número de detecciones, en comparación con los receptores 1 y 2.

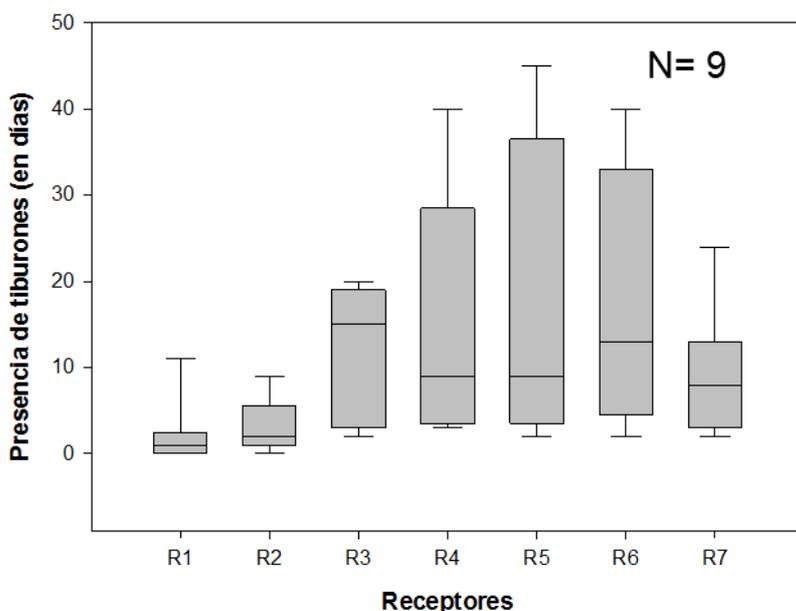


Figura 25. Número de días que los tiburones estuvieron presentes en cada receptor (mediana, cuartiles y error estándar) durante el período de estudio.

Para entender el uso de cada área de la bahía en donde se colocó un receptor y tomando el tiempo de estancia por visita a cada receptor, se estimó el número de visitas y la mediana en minutos por visita (Tabla 4). El receptor 1 (parte norte de la bahía) tuvo solo 35 visitas, pero con un tiempo mediano de duración de 23.4 minutos y las visitas fueron realizadas por solo seis de los nueve tiburones. Estos resultados indican que los tiburones que visitaron el receptor 1 permanecieron en el área de recepción durante un mayor tiempo al compararlo con receptores localizados en la SUPTB (en la parte sur de la bahía), por ejemplo el receptor 5 (visitas= 353, mediana= 14.5 min.).

En los receptores 3, 5, 6 y 7, el tiempo de visita mediano fue entre 14.5 a 16 minutos por visita, mientras que en los receptores 2 y 4, el tiempo de visita fue entre 9.1 a 10 minutos. Esta corta estancia por visita sugiere que estas últimas dos estaciones de

recepción eran utilizadas de paso por los tiburones. Resumiendo, las visitas más largas tuvieron lugar en la zona norte, pero que también fueron las menos frecuentes. Sin embargo, la zona sur tuvo visitas más frecuentes y con una duración similar en todas ellas exceptuando el R4 que fueron las de menor duración.

Tabla 4. Número de visitas de todos los tiburones ballena registradas en cada receptor y la mediana del tiempo en minutos por visita.

| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 |
|----------------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| Visitas | 35 | 32 | 185 | 223 | 353 | 338 | 169 |
| Mediana (min) | 23.4 | 10 | 15.8 | 9.1 | 14.5 | 15 | 16 |

3.2.5 Uso espacial de la bahía a nivel individual, con respecto a la hora del día

Para entender el uso espacial respecto a la hora del día, las detecciones se codificaron por colores para reflejar tres zonas dentro de la bahía, la zona norte que incluye las detecciones de los receptores 1 y 2, la zona media con detecciones del receptor 3 y zona sur con la de los receptores 4 a 7. Posteriormente se graficó el número de detecciones por hora por fecha de calendario (p. ej. Fig 25). Cada uno de los tiburones presentó un comportamiento diferente. Aquí presento los resultados de los tiburones 7, 1 y 3, quienes presentaron los comportamientos más contrastantes entre ellos.

El tiburón 7 (Fig. 25), durante un primer periodo de detección continua, se distribuyó en toda la bahía, siendo detectado algunos días en la parte norte y otros en las otras zonas, registrando menos detecciones en las horas de la noche (2:00 a 14:00 UTC) (Fig. 25). Posteriormente el tiburón dejó de ser detectado a partir del 14 de septiembre. A partir del 9 de octubre el tiburón volvió a ser detectado en los receptores, principalmente en aquellos de la zona sur de la bahía (Fig. 25). Este periodo de ausencia de la bahía del tiburón 7 está relacionado con la fecha del impacto del huracán "Odile" del 16 de septiembre.

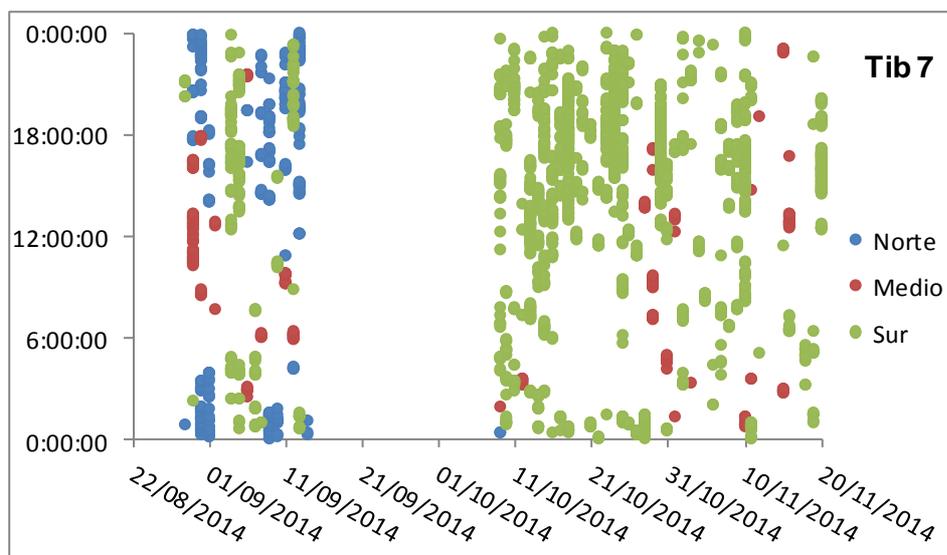


Figura 26. Cronograma del tiburón 7 durante el periodo de estudio en la zona norte (R1 y R2), media (R3) y sur de la bahía (R4, R5, R6 y R7).

El tiburón 1 presentó un comportamiento diferente (Fig. 26). Fue detectado muy pocas veces en la parte norte y media de la bahía antes de un periodo de ausencia. Para luego distribuirse principalmente en la parte media de la bahía. Este tiburón también presentó menos detecciones en horas de la noche (2:00 a 14:00 UTC) (Fig. 26).

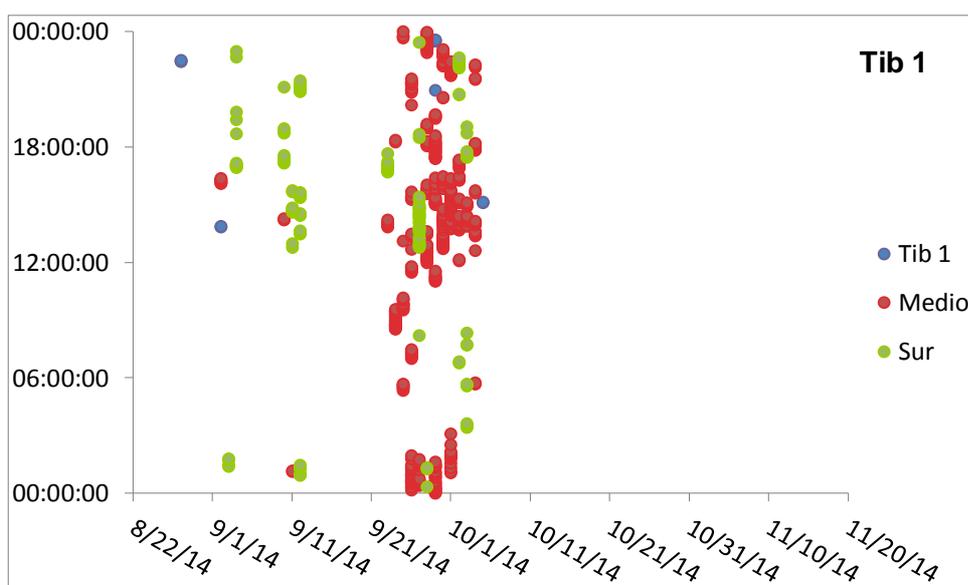


Figura 27. Cronograma del tiburón 1 durante el periodo de estudio en la zona norte (R1 y R2), media (R3) y sur de la bahía (R4, R5, R6 y R7).

El tiburón 4 se distribuyó principalmente en la zona sur de la bahía, con algunos viajes a la parte norte durante un primer periodo antes de ausentarse el día 21 de septiembre (Fig. 27). Cuando fue detectado nuevamente, este tiburón se distribuyó principalmente en el sur y al final del experimento aumentó su presencia en la parte media de la bahía. Con respecto a la hora del día, el tiburón 4 no presentó un patrón claro, ya que tuvo una frecuencia de detección similar durante todas las horas del día (Fig. 27).

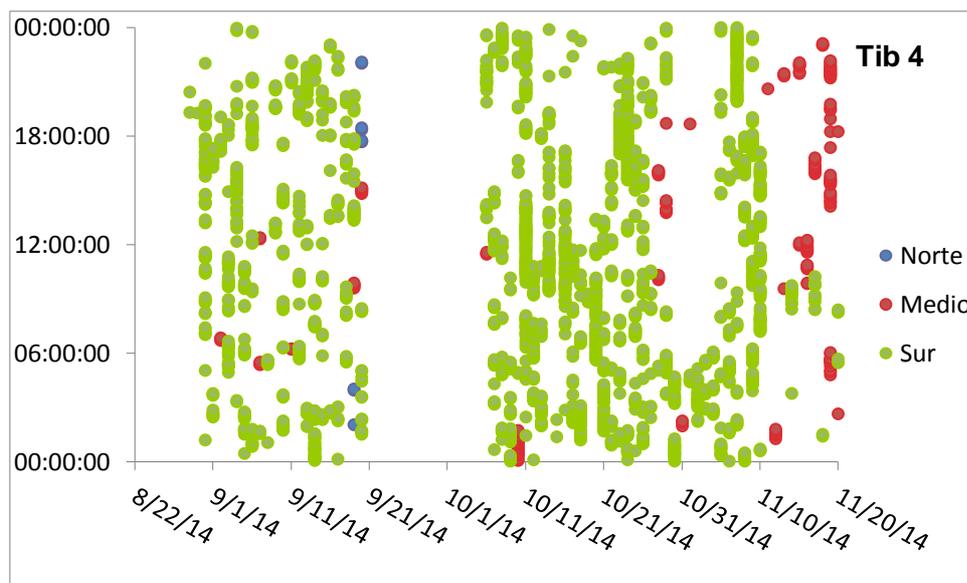


Figura 28. Cronograma del tiburón 4 durante el periodo de estudio en la zona norte (R1 y R2), media (R3) y sur de la bahía (R4, R5, R6 y R7).

3.2.6 Patrón dial

Para evaluar si existía un patrón dial, se analizó la variación durante la hora del día de todas las detecciones de todos los tiburones. La frecuencia de número de detecciones durante las horas de oscuridad fue menor que en las horas diurnas (Fig. 28). Este resultado fue confirmado al analizar la frecuencia de detecciones de todos los tiburones por hora del día (Fig 29). En la figura 29 se puede observar que a partir de las horas del ocaso (0:00 UTC) la frecuencia de detecciones empieza a disminuir hasta un mínimo entre las 5:00 y 6:00 UTC para aumentar hacia las horas del amanecer (14:00 UTC). Durante el día la frecuencia de detecciones presenta sus mayores valores en las horas de la mañana entre las 15 y 17 horas UTC.

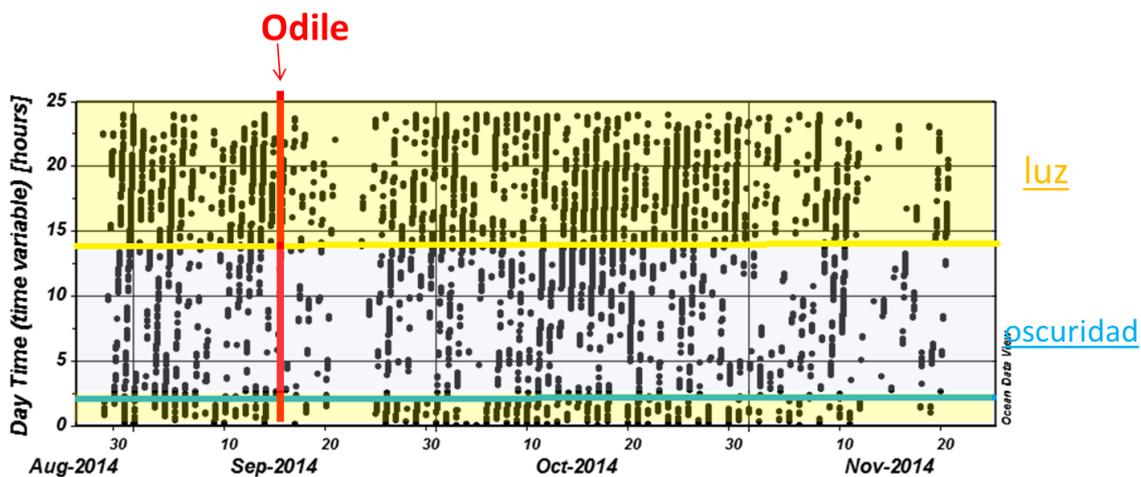


Figura 29. Detecciones durante el periodo de estudio de los 9 TB marcados en Bahía de los Ángeles.

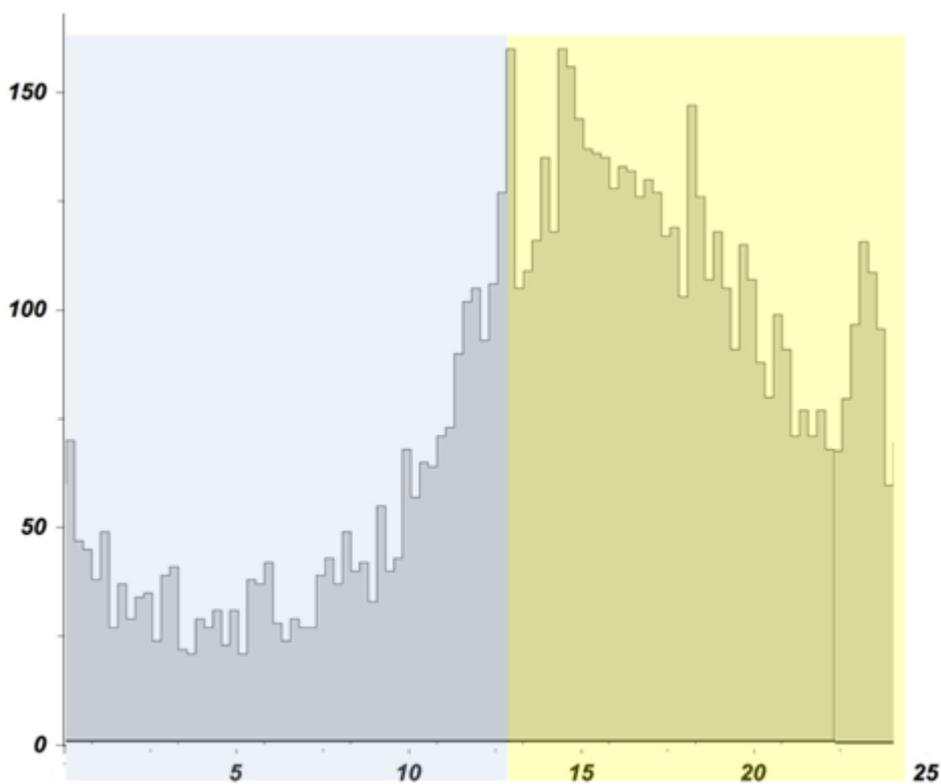


Figura 30 Histograma de las detecciones de todos los tiburones registradas en todos los receptores conforme a la hora del día (periodo considerado agosto-noviembre). El área gris indica horas de la noche y la amarilla horas del día.

Sin embargo se presentó una excepción en este patrón dial en el tiburón 1. Este tiburón presentó un patrón similar entre el día y la noche, pero ligeramente superior durante las horas de la noche (Fig. 30).

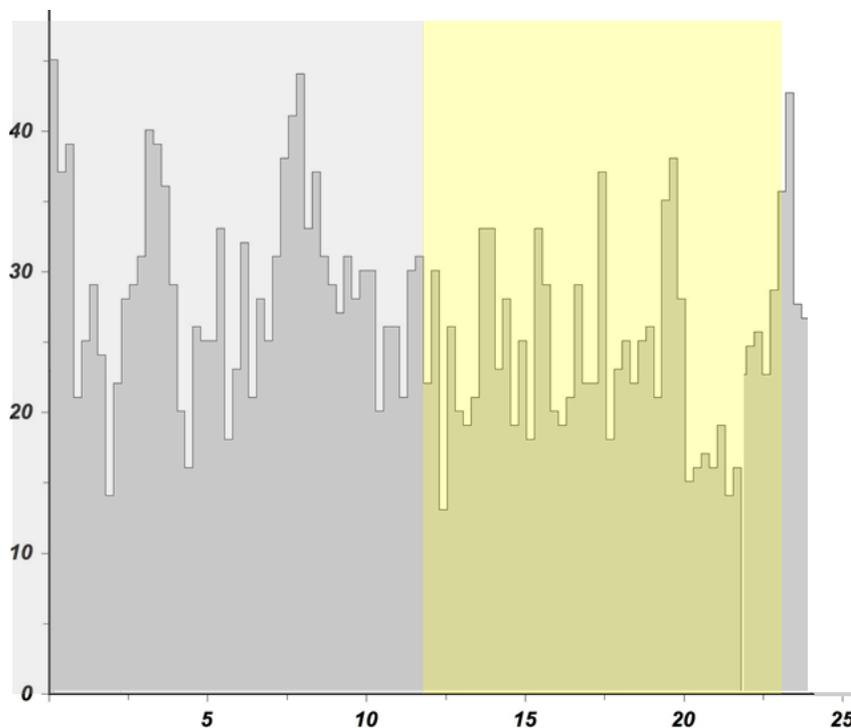


Figura 31. Histograma de las detecciones registradas en todos los receptores conforme a la hora del día para el tiburón 1 (periodo considerado agosto-noviembre). El área gris indica horas de la noche y la amarilla horas del día.

Capítulo 4- Discusión

Con base en el análisis de los registros de foto-identificación encontré que una parte importante de los individuos observados en Bahía de los Ángeles, entre 2007 a 2013, se han registrado una sola vez (68%). Por ende, solo el 32% de los organismos son recurrentes, y de manera consecutiva (Fig. 16) un alto porcentaje de ellos, por lo que puedo sugerir que hay un cierto grado de fidelidad al área. Todos estos organismos fueron considerados como juveniles por tener una talla menor a los 9 m LT. Ramírez-Macías et al., (2012a) encontraron que de 129 tiburones ballena, identificados en Bahía de los Ángeles entre 2003 a 2009, el 51% de los individuos se habían registrado durante una sola temporada y 69 (49%) fueron re-avistados durante dos o más temporadas. Estos porcentajes de re-avistamiento se pueden considerar altos si los comparamos con los obtenidos por Rowat *et al.*, (2009) en las Seychelles, en donde de 512 tiburones ballena foto-identificados durante 2001 a 2007, 115 (22.4%) fueron re-avistamientos. Asimismo, Ramírez-Macías et al. (2012b) en la agregación de la isla Holbox de 408 individuos foto-identificados, 58 (14%) fueron re-avistados durante 2005 al 2008. En todos estos estudios, incluyendo este, la mayoría de los organismos eran juveniles machos.

El rol que tiene Bahía de los Ángeles dentro del ciclo de vida del tiburón ballena en el Pacífico oriental todavía es incierto. Borrel *et al.* (2011) con base en perfiles de isótopos estables de tiburón ballena en el mar Árabe, al noroeste del océano Índico, proponen que después de tener una vida oceánica como recién nacidos, los tiburones ballena se distribuyen en la zona costera, teniendo los machos un comportamiento más costero que las hembras. Nelson y Eckert (2007), debido a que la bahía contiene una comunidad de zooplancton muy productiva, sugieren que Bahía de los Ángeles es una zona importante de alimentación para el tiburón ballena. No obstante, la productividad varía conforme a la temporada de del año. Lavaniegos *et al.* (2012) describieron la variabilidad estacional en la composición específica del zooplancton en la bahía. En donde el grupo de los copépodos fueron los dominantes, dentro de los cuales *Acartia clausi* parece ser la especie que está mayormente relacionada con la presencia del tiburón ballena en la bahía (Lavaniegos *et al.* 2012; Hernández-Nava y Álvarez-Borrego 2013).

Si Bahía de los Ángeles es una zona de alimentación para juveniles de tiburón ballena, todavía no queda claro por qué solo el 32% de los individuos regresan a la bahía en años posteriores. ¿Qué pasa con los individuos que la visitan por una ocasión y ya no regresan? Esta pregunta deberá de ser contestada con estudios posteriores haciendo uso de tecnologías de marcaje satelital.

La utilización de telemetría acústica en BLA permitió estudiar cómo es el uso del hábitat a una escala local y en diferentes áreas de la bahía durante la temporada de agregación del 2014. Se identificaron áreas de uso preferente, patrones de movimientos entre receptores, patrones de movimientos antes y después de un disturbio meteorológico y posibles factores que pudieron afectar a estos movimientos.

Todos los individuos marcados fueron machos excepto una hembra, y ninguno superó los 7 m de LT, apoyando que la agregación de BLA se constituye en su mayoría por machos juveniles (Ramírez-Macías *et al.*, 2012a). No se observó una gran variabilidad de tallas siendo la más común de 6 m de LT.

El tiempo de transmisión de los tiburones marcados fue diferente en cada uno de ellos. Los tiburones 5 y 8 (22.2%) estuvieron activos menos de una semana, los tiburones 1,2,3 y 9 (44.4%) entre una semana y un mes y los tiburones 4, 6 y 7 (33.3%) más de un mes. Esto pudo deberse a diversas razones como que la marca dejó de emitir señal o se desprendió del tiburón, que los tiburones pudieran estar moviéndose fuera del rango abarcado por los receptores o que se marcharan (Nalesso, 2014).

Los tiburones 1, 2, 3, 4 y 5 fueron foto identificados en el monitoreo después de la fecha de última detección con telemetría. Sin embargo las coordenadas de estos avistamientos, nos dicen que se produjeron fuera del rango de detección de los receptores cercanos por lo que no necesariamente tuvieron que perder la marca exceptuando al T3 que sí se observó sin ella. El tiburón 1 y 4 fueron avistados con la marca por lo que aquí se confirmó que estaban en áreas que no abarcaban los receptores. Los avistamientos de estos 5 tiburones estaban a una distancia entre 600m a 2 km del receptor más cercano.

El gran número de detecciones registradas en el R5 situado en la parte sur de la bahía, puede deberse al cambio que se produce en la batimetría ya que como su nombre indica, en esta área llamada “El Escalón” cambia el nivel en línea paralela a la costa. De los 3 metros de profundidad va a los 15 m de profundidad en una distancia solo de 20 m. Esto provoca un área de surgencia paralela a la costa que concentra el alimento en ésta área específica de la bahía (Vázquez-Haikin conv. pers).

Analizando los datos registrados en los receptores se comprobó que los organismos fueron afectados por el ciclón. Esto se ha visto en otros años y en diferentes organismos que cuándo se da un fenómeno de la magnitud que tuvo el ciclón la cantidad de sedimento arrastrada por los arroyos y la salinidad cambian de forma espectacular. Por esta razón muchas especies se alejan de la bahía hasta que se restablecen las condiciones “normales” de la bahía. Este periodo no suele ser menor a 2 semanas (Vázquez-Haikin conv. per.) corroborado por las observaciones ya que los tiburones que regresaron después el evento lo hicieron aproximadamente 15 días después. La respuesta de los tiburones marcados no fue de manera simultánea lo que apoya la existencia de que estos se comportan de manera individual.

Los escurrimientos e inundaciones causados por los cauces efímeros tienen su máximo en los meses de septiembre, producidos por el paso de eventos meteorológicos por la región. En años anteriores la precipitación registrada en un día durante el paso del huracán Helga en septiembre de 1966 fue de 124 mm, más del doble de lo que llueve en un año en promedio. Además, 1966 fue el año más lluvioso con 250 mm dónde el 79% de la precipitación anual dependió de eventos meteorológicos de este tipo. En los años El Niño (EN) se produce un incremento en el número de eventos extremos de lluvia (Cavazos, 2008). El huracán Marty, de categoría 2, pasó por BLA y produjo 125 mm de lluvia con inundaciones desde Los Cabos hasta la región de estudio. La importancia de estos eventos en BLA queda confirmada por el paso de “Odile” el 16 de septiembre del 2014 en el que ese mismo día se registró 135.15 mm y 141.22 mm en el mes de septiembre.

En el patrón general se observó un comportamiento diurno definiendo este patrón como periodos de menor actividad y/o menos detecciones durante la noche. Este patrón dial, con un mayor número de detecciones cerca de los receptores durante el

día que la noche, no necesariamente tiene que ser periodos de menor actividad si no que pueden alejarse del área de detección de los receptores durante la noche. Los movimientos diales estudiados en Ningaloo Reef sugieren que tienen un complejo patrón de migración vertical para explotar tanto hábitats epipelágicos como batipelágicos y que difieren entre zonas costeras y zonas más oceánicas (Wilson *et al.*, 2006). Este cambio en el uso ha sido reportado para otras áreas como en las Islas Galápagos.

Preferencia por permanecer cerca de los receptores durante el día

Los resultados encontrados muestran que los tiburones se alejan de los receptores en las últimas horas de la tarde, volviendo al amanecer del día siguiente. Estos movimientos diales son comunes también en otras grandes especies de pelágicos, como en la manta raya gigante (*Manta birostris*) (Dewar *et al.*, 2008). Estas fluctuaciones en la selección de áreas es conocida en estos organismos (Cagua *et al.*, 2015).

Y en organismos como el pez luna (*Mola mola*) en el que se caracterizaron los movimientos horizontales y se observó que había un descenso significativo en la tasa de movimiento durante las primeras horas de noche comparadas con el resto del periodo nocturno (Cartamily Lowe, 2004). Sin embargo en algunos tiburones se encontró algunos días de actividad más intensa por la noche que se correspondían con los días que hubo luna llena. Esto se ha visto en otros organismos y en TB en otras partes del mundo como Australia y parece ser que pudiera ser por la mayor disponibilidad y abundancia de presas asociadas a los altos niveles de iluminación y mayores amplitudes de marea.

El tiburón ballena demostró considerable fidelidad al sitio y mostró preferencias individuales por ciertas áreas como también ocurre con otros elasmobranchios filtradores como la *Manta birostris*. Estas mantas presentaron un patrón de residencia dentro del parque natural de Komodo. Y otras solo fueron transitorias. Los tiburones regresan a lugares predecibles y/o en temporadas predecibles por diversas razones entre las que se encuentran reproductivas, alimentación, limpieza, refugio, etc. Sin embargo, esto autores también consideran la posibilidad de que estas agregaciones también pueden ser para hacer uso de estos sitios por tratarse

de lugares que sean puntos de referencia a lo largo de una ruta migratoria o aprovechar fuentes de alimento predecibles (Dewar *et al.*, 2008).

Una posible explicación para estas variaciones en la selección de áreas entre la zona norte y sur de BLA puede que se trate de la temperatura (Fig.32). La temperatura disminuyó aproximadamente 5°C del 12 de octubre al 20 de noviembre aunque la zona norte registró temperaturas más elevadas que la sur pero con cambios más bruscos de hasta 1°C diario. Por el contrario, la zona sur de la bahía mostró un descenso progresivo de la temperatura sin cambios repentinos. Esto pudiera ser debido a la colocación de los termistores ya que la zona sur está más resguardada que la norte que recibe comunicación con las aguas del canal de ballenas (PROMOBI tiburón ballena, 2014)

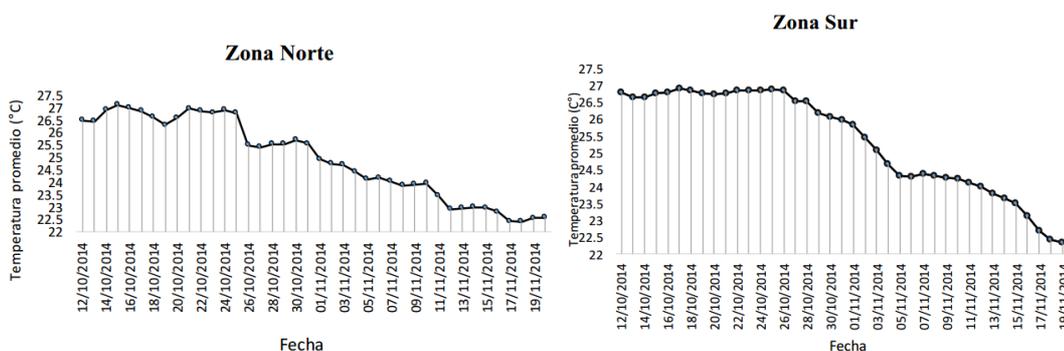


Figura 32. Registros de temperatura para la zona norte y sur de BLA de Agosto de a Noviembre de 2014 (PROMOBI tiburón ballena, 2014).

5. Conclusiones

- Los tiburones ballena mostraron un cierto grado de fidelidad dado por las observaciones de que los recurrentes y los consecutivos.
- Todos los sitios son utilizados por los tiburones lo que sugiere que el área que usan es más grande que el abarcado por los receptores.
- Se observó un patrón general diurno en las detecciones de todos los tiburones ballena marcados en este estudio.
- Los TB en BLA tienen áreas preferentes pero no exclusivas apoyado por las fluctuaciones en la selección de área (norte, media y sur).
- Conductas similares pero no simultáneas sugieren comportamientos individuales.
- Los efectos del paso del huracán Odile produjeron un período de ausencia en todos los tiburones, de los cuales 4 regresaron a la bahía un par de semanas después, lo que sugiere que eventos meteorológicos afectan al comportamiento de estos organismos por un periodo corto.

5.1 Recomendaciones

- Ampliar el área protegida abarcando la localización del R3, es decir, aumentar el polígono de la UPTB hasta Punta Arena.
- Continuar por varias temporadas estos estudios para un mejor análisis de los patrones de movimientos diferentes escalas aunado con información sobre la hora del día, mareas, fase lunar, estación, etc.
- Agregar trabajo adicional utilizando marcas archivo por satélite pop-up y / o telemetría activa ayudaría para resolver los movimientos de mantas cuando no se detectan por los receptores.

Lista de referencias bibliográficas

- Alvarez-Borrego, S. (2007). Oceanografía de la región de las grandes islas. *Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base*, 45-65.
- Araujo, G., Lucey, A., Labaja, J., So, C. L., Snow, S., and Ponzo, A. (2014). Population structure and residency patterns of whale sharks, *Rhincodon typus*, at a provisioning site in Cebu, Philippines. *PeerJ*, 2, e543
- Arzoumanian, Z., Holmberg, J., and Norman, B. (2005). An astronomical pattern-matching algorithm for computer-aided identification of whale sharks *Rhincodon typus*. *Journal of Applied Ecology*, 42(6), 999-1011.
- Borrell, A., Aguilar, A., Gazo, M., Kumarran, R. P., and Cardona, L. (2011). Stable isotope profiles in whale shark (*Rhincodon typus*) suggest segregation and dissimilarities in the diet depending on sex and size. *Environmental Biology of Fishes*, 92(4), 559-567.
- Cagua, E. F., Cochran, J. E., Rohner, C. A., Prebble, C. E., Sinclair-Taylor, T. H., Pierce, S. J., and Berumen, M. L. (2015). Acoustic telemetry reveals cryptic residency of whale sharks. *Biology letters*, 11(4), 20150092.
- Cavazos, T. (2008). Clima. Pp. 67-90. En G. Danemann y E. Ezcurra (eds.) *Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad Línea base 2007*. 741 pp. Pronatura Noroeste AC, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y San Diego Natural History Museum. http://www.ine.gob.mx/publicaciones/descarga.html?cv_pub=546&tipo_file=pdf&filename=546.
- Cartamil, D. P., and Lowe, C. G. (2004). Diel movement patterns of ocean sunfish *Mola mola* off southern California. *Marine Ecology Progress Series*, 266, 245-253.
- Cliff, G., Anderson-Reade, M. D., Aitken, A. P., Charter, G. E., and Peddemors, V. M. (2007). Aerial census of whale sharks (*Rhincodon typus*) on the northern KwaZulu-Natal coast, South Africa. *Fisheries Research*, 84(1), 41-46.
- Compagno, L. (1984). *FAO Species Catalogue*, vol. 4. *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to lamniformes*. pp. 209–211.
- Compagno, L. J. V. (2002). *Guía para la Identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico Centro-Oriental*. FAO, 2, 657-661.
- CONANP. (2005). *Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera “Bahía de los Ángeles y canales de Ballenas y Salsipuedes”*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F. 152 pp.
- Cavazos, T. (2008). Clima. En: Danemann, G. D., y Ezcurra, E. (Eds.). (2008). *Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad: línea base 2007*. (pp. 68-91). Instituto Nacional de Ecología.

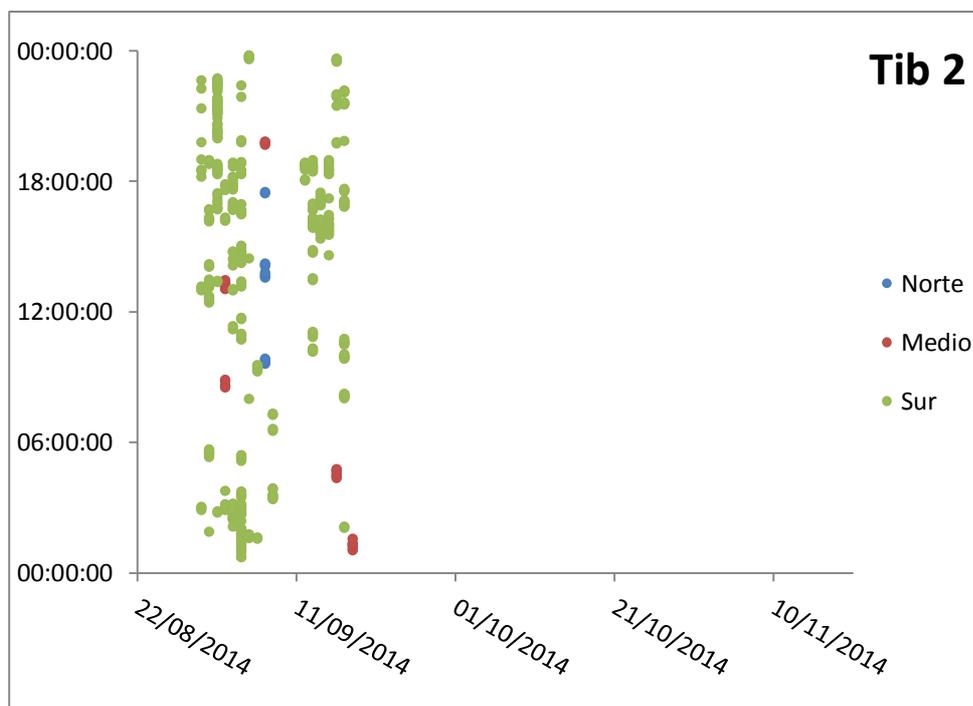
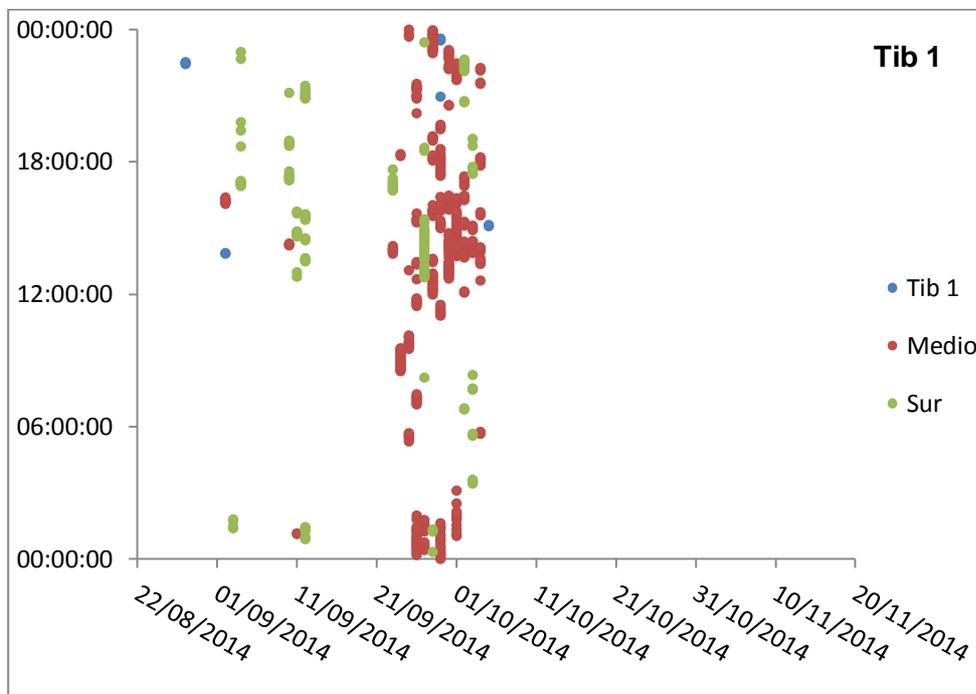
- De la Parra Venegas, R., Hueter, R., Cano, J. G., Tyminski, J., Remolina, J. G., Maslanka, M., and Dove, A. (2011). An unprecedented aggregation of whale sharks, *Rhincodon typus*, in Mexican coastal waters of the Caribbean sea. *PLoSone*, 6(4), e18994.
- Dewar, H., Mous, P., Domeier, M., Muljadi, A., Pet, J., and Whitty, J. (2008). Movements and site fidelity of the giant manta ray, *Manta birostris*, in the Komodo Marine Park, Indonesia. *Marine Biology*, 155(2), 121-133.
- DOF. (2007). Norma Oficial mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas: Especificaciones para su aprovechamiento. SAGARPA. Diario Oficial de la Federación.
- Duffy, C. A. J. (2002). Distribution, seasonality, lengths, and feeding behavior of whale sharks (*Rhincodon typus*) observed in New Zealand waters.
- Graham, R. T., and Roberts, C. M. (2007). Assessing the size, growth rate and structure of a seasonal population of whale sharks (*Rhincodon typus* Smith 1828) using conventional tagging and photo identification. *Fisheries Research*, 84(1), 71-80.
- Hernández-Nava, M. F y Álvarez-Borrego, S. (2013). Zooplankton en una área de alimentación del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en Bahía de los Ángeles (Golfo de California). *Hidrobiológica*, 23 (2), 198-209.
- Hammerschlag, N., Gallagher, A. J., and Lazarre, D. M. (2011). A review of shark satellite tagging studies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 398(1), 1-8.
- Heyman, W.D., Graham, R.T., Kjerfve, B., and Johannes, R.E., (2001). Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 215, 275–282.
- Kessel, S. T., Cooke, S. J., Heupel, M. R., Hussey, N. E., Simpfendorfer, C. A., Vagle, S., and Fisk, A. T. (2014). A review of detection range testing in aquatic passive acoustic telemetry studies. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(1), 199-218.
- Ketchum M, J. T. (2003). Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la bahía de La Paz y zonas adyacentes en el Suroeste del Golfo de California. Tesis Doctoral, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Kohler, N. E., and Turner, P. A. (2001). Shark tagging: a review of conventional methods and studies. In *The behavior and sensory biology of elasmobranch fishes: an anthology in memory of Donald Richard Nelson* (pp. 191-224). Springer Netherlands.
- Lavaniegos, B. E., Heckel, G., and Ladrón de Guevara, P. (2012). Variabilidad estacional de copépodos y cladóceros de bahía de los Ángeles (golfo de California) e importancia de *Acartia clausi* como alimento del tiburón ballena. *Ciencias Marinas*, 38(1A), 11-30.

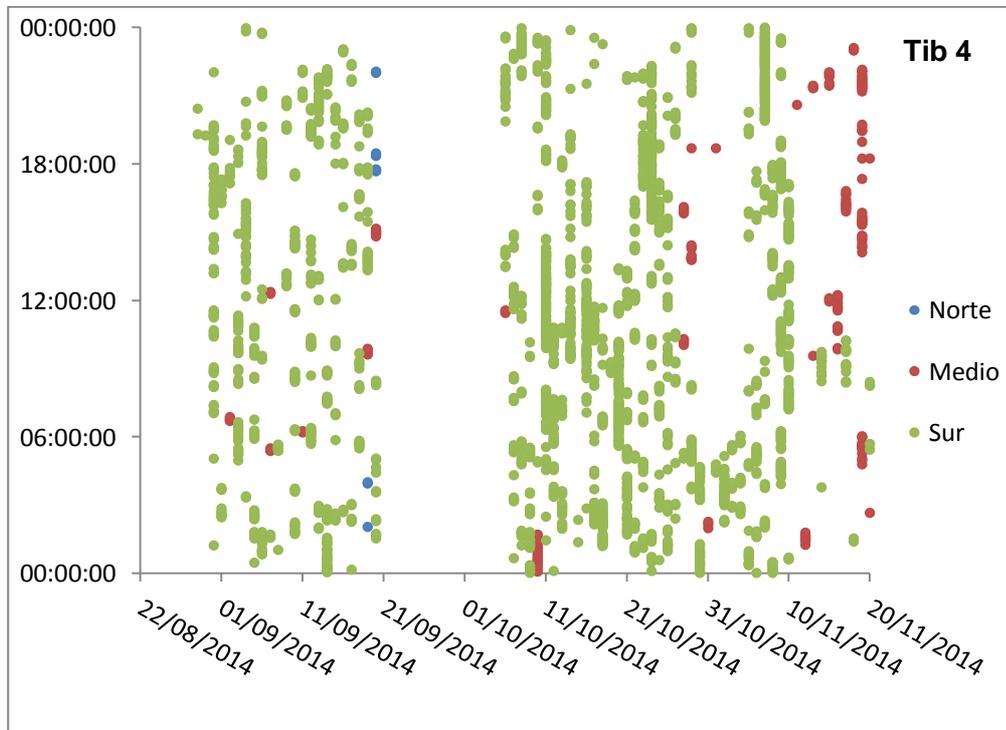
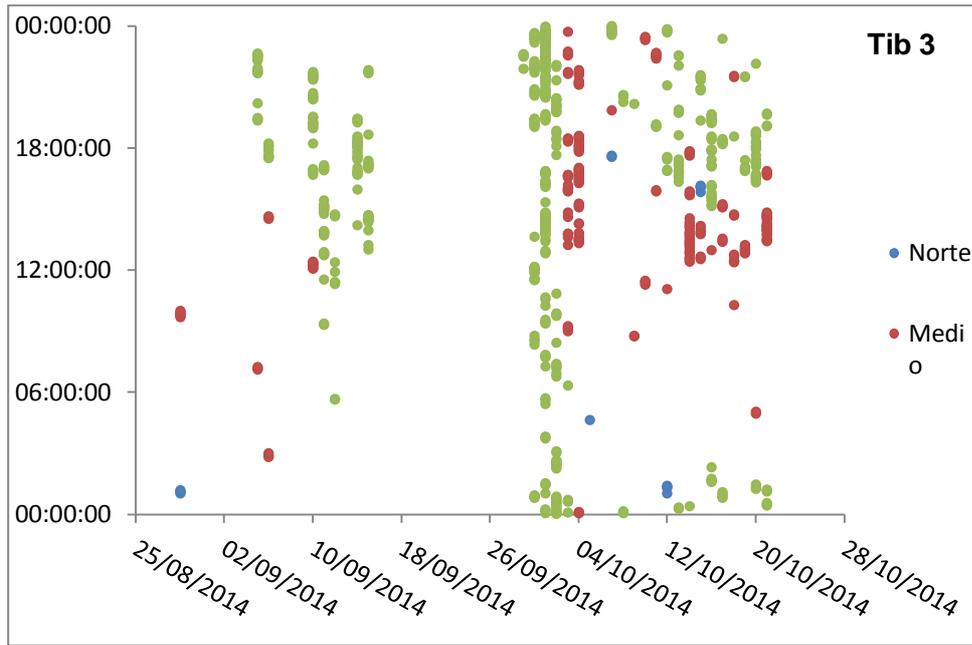
- Lowe, C. G., Holland, K. N., and Wolcott, T. G. (1998). A new acoustic tail beat transmitter for fishes. *Fisheries Research*, 36(2), 275-283.
- Lowe, C. G., Wetherbee, B. M., and Meyer, C. G. (2006). Using acoustic telemetry monitoring techniques to quantify movement patterns and site fidelity of sharks and giant trevally around French Frigate Shoals and Midway Atoll. *Atoll Research Bulletin*, 543, 281-303.
- Nalesso, E. (2014). Distribución espacio-temporal de los tiburones martillo, *Sphyrna lewini*, alrededor de la Isla del Coco (2005-2013), Pacífico Tropical Oriental. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada.
- Nelson, J. D., and Eckert, S. A. (2007). Foraging ecology of whale sharks (*Rhincodon typus*) within Bahía de los Angeles, Baja California Norte, México. *Fisheries Research*, 84(1), 47-64.
- Norman, B.M., (1999). Aspects of the biology and ecotourism industry of the whale shark *Rhincodon typus* in north-western Australia. MSc Thesis, Murdoch University, 115 pp.
- Mayorga, M. (2011). Patrones en los movimientos horizontales y verticales del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) y su relación a variables oceanográficas. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada.
- Meekan, M., Bradshaw, C., Press, M., McLean, C., Richards, A., Quaschnick, S., and Taylor, J. (2006). Population size and structure of whale sharks (*Rhincodon typus*) at Ningaloo Reef Western Australia. *Marine Ecology-Progress Series*, 319, 275-285.
- Meekan, M. G., Jarman, S. N., McLean, C., and Schultz, M. B. (2009). DNA evidence of whale sharks (*Rhincodon typus*) feeding on red crab (*Gecarcoidea natalis*) larvae at Christmas Island, Australia. *Marine and Freshwater Research*, 60(6), 607-609.
- Peregrín-Tovar, A.A. (2014). Bases para la estimación de la Capacidad de Carga Turística y propuestas para su implementación para la actividad de avistamiento de tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en Bahía de los Ángeles, B.C. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Peregrín-Tovar, A.A., Vázquez-Haikin, A., Ramírez-Macías, D., Oviedo-Pérez, L y González-Ocaranza, L. En revisión. Tiburón ballena. *Rhincodon typus* (Smith, 1828). Whale Shark. En: Sosa Nisizaki, O., Castillo Géniz y H. Bebutitez Días (eds). Tiburones mexicanos bajo la observancia de CITES: El estado de su conocimiento CONABIO.
- Ramírez-Macías, D., Vázquez-Haikin, A., and Vázquez-Juárez, R. (2012). Whale shark *Rhincodon typus* populations along the west coast of the Gulf of California and implications for management. *Endangered Species Research*, 18(2), 115-128.

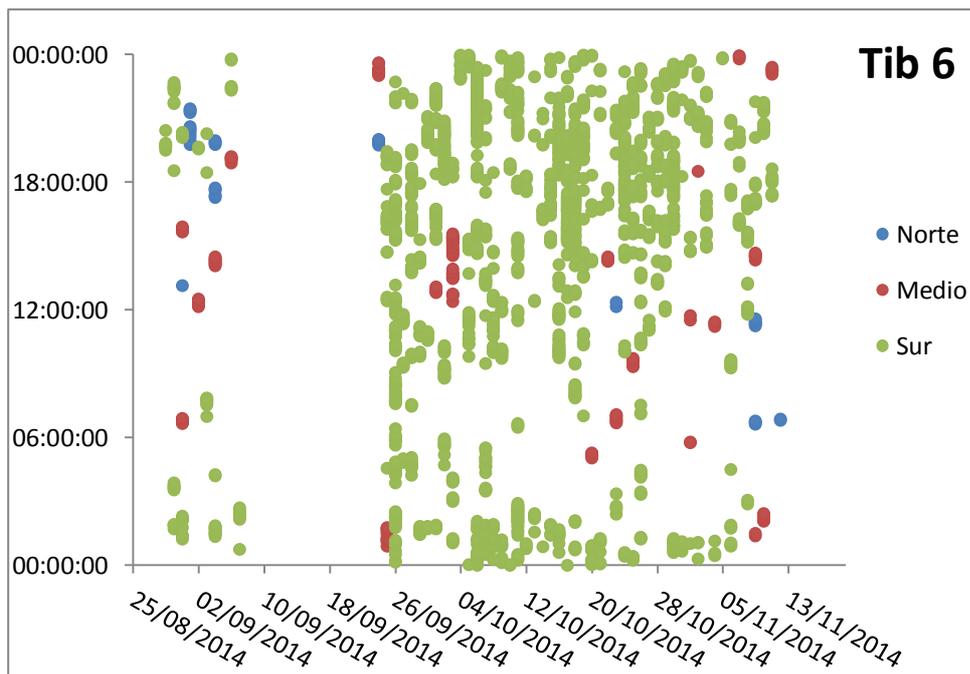
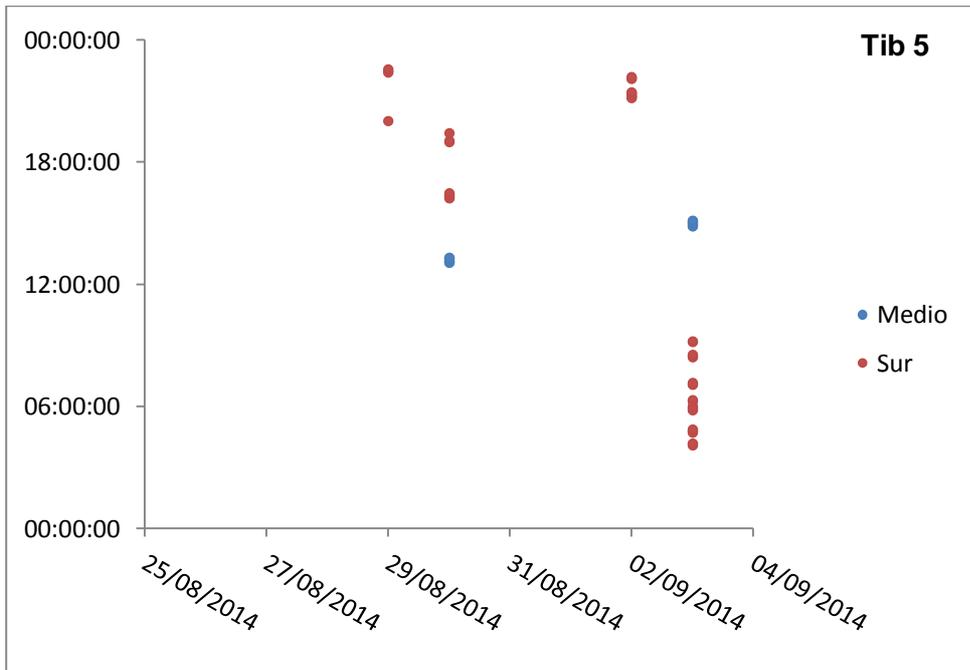
- Ramírez-Macías, D., Murillo-Olmeda, R., Luja, V., y Pelayo, G. (2014). Monitoreo de tiburón ballena en Nayarit, temporada 2013-2014 (pp. 1–11).
- Ramírez-Macías, D., Meekan, M., La Parra-Venegas, D., Remolina-Suárez, F., Trigo-Mendoza, M., and Vázquez-Juárez, R. (2012). Patterns in composition, abundance and scarring of whale sharks *Rhincodon typus* near Holbox Island, Mexico. *Journal of fish biology*, 80(5), 1401-1416.
- Riley, M., Hale, M., Harman, A., and Rees, R. (2010). Analysis of whale shark *Rhincodon typus* aggregations near South Ari Atoll, Maldives Archipelago. *Aquatic Biology*, 8(2), 145-150.
- Rodríguez-Dowdell, N., Enríquez-Andrade, R., y Cárdenas-Torres, N. (2008). Tiburón ballena. *Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. PRONATURA Noroeste/INE/SEMARNAT/SDNHM, México DF*, 363-383.
- Robinson, D. P., Jaidah, M. Y., Jabado, R. W., Lee-Brooks, K., El-Din, N. M. N., Malki, A. A. A., and Ormond, R. F. (2013). Whale sharks, *Rhincodon typus*, aggregate around offshore platforms in Qatari waters of the Arabian Gulf to feed on fish spawn. *PloSone*, 8(3), e58255.
- Rowat, D., Speed, C. W., Meekan, M. G., Gore, M. A., and Bradshaw, C. J. (2009). Population abundance and apparent survival of the vulnerable whale shark *Rhincodon typus* in the Seychelles aggregation. *Oryx*, 43(4), 591.
- Rowat, D., Brooks, K., March, A., McCarten, C., Jouannet, D., Riley, L., and Pardigon, B. (2011). Long-term membership of whale sharks (*Rhincodon typus*) in coastal aggregations in Seychelles and Djibouti. *Marine and Fresh water Research*, 62(6), 621-627.
- Speed, C. W. (2006). An information-theoretic assessment of spot-pattern matching software and its application to population estimates of whale sharks (*Rhincodon typus*) Doctoral dissertation, BS thesis, Charles Darwin University.
- Stevens, J. D. (2007). Whale shark (*Rhincodon typus*) biology and ecology: A review of the primary literature. *Fisheries Research*, 84(1), 4-9.
- Turnbull, S. D., and Randell, J. E. (2006). Rare occurrence of a *Rhincodon typus* (Whale shark) in the Bay of Fundy, Canada. *North eastern Naturalist*, 13(1), 57-58.
- Wilson, S. G., Polovina, J. J., Stewart, B. S., and Meekan, M. G. (2006). Movements of whale sharks (*Rhincodon typus*) tagged at Ningaloo Reef, Western Australia. *Marine Biology*, 148(5), 1157-1166.
- Wolfson, F.H., and Notarbartolo di Sciara, G., (1981). The whale shark, *Rhincodon typus* Smith 1828: an annotated bibliography. *Atti. Soc. Ital. Sci. Nat. Museo Civ. Stor. Milano* 122, 171–203.

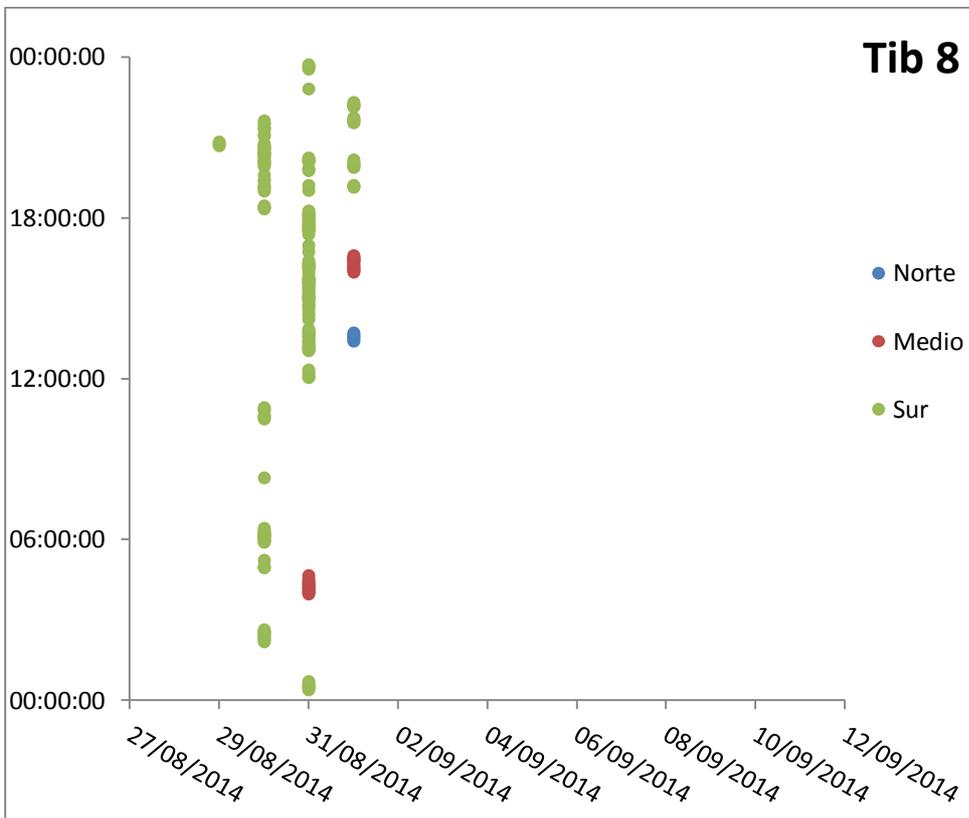
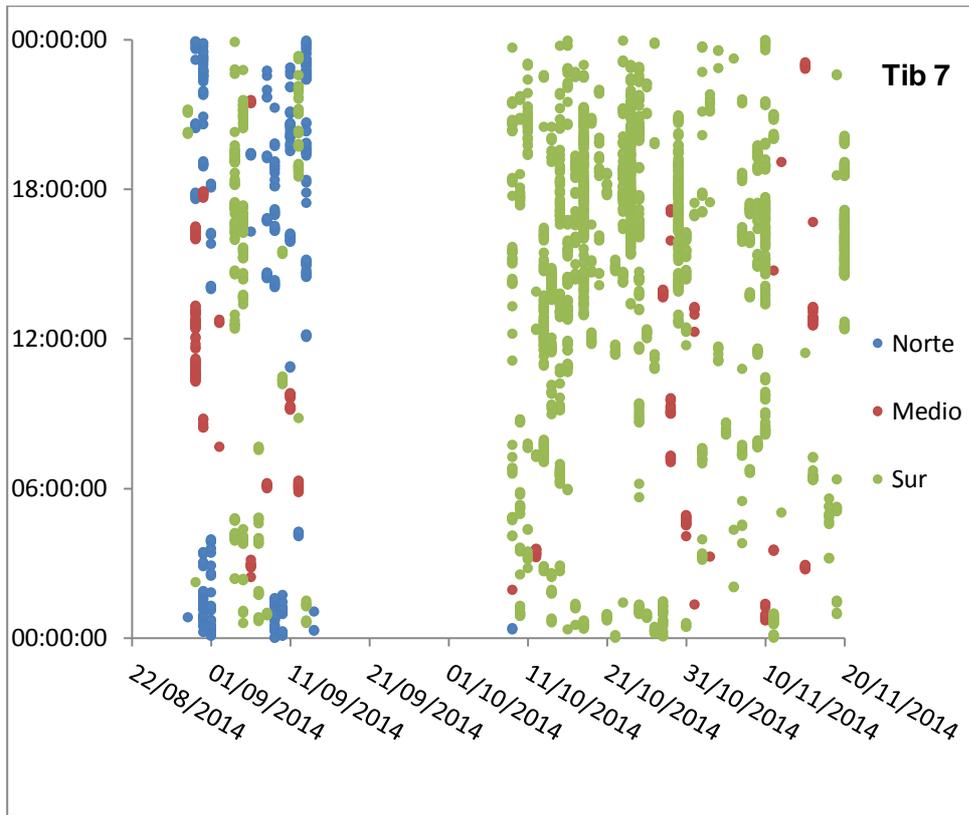
Anexo

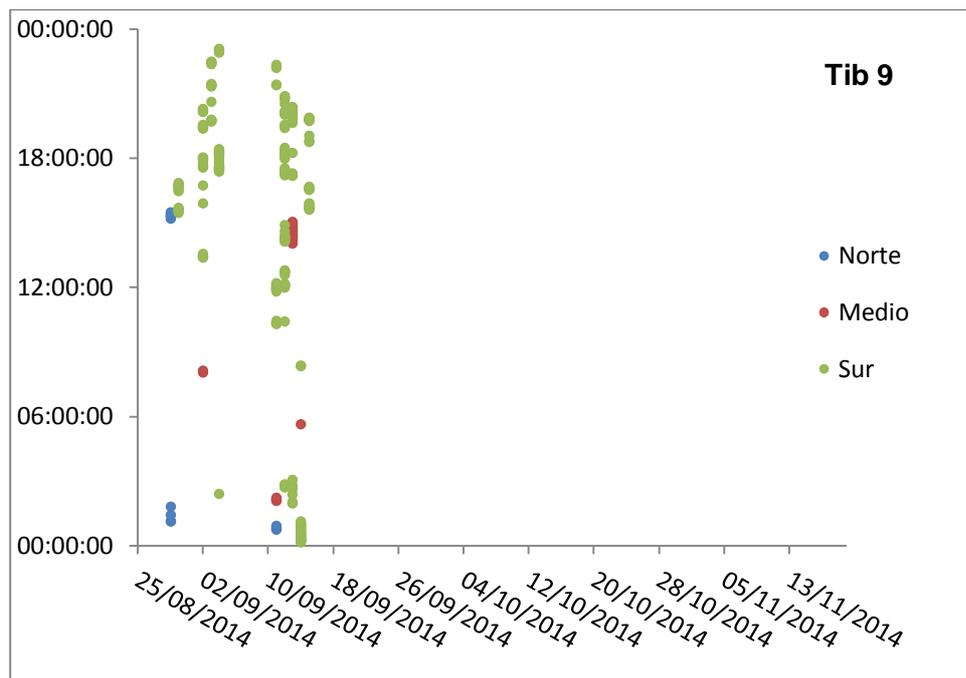
Cronograma de todos los tiburones marcados para el periodo de estudio colocados del T1 (superior) al T9 (inferior) por receptor.











Cronograma de todos los tiburones marcados para el periodo de estudio colocados del T1(superior) al T9 (inferior) por hora del día y área específica de BLA.