



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS MARINAS Y  
COSTERAS

## **TESIS**

**DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE ESPECIES DE TIBURONES  
DEL ARRECIFE DE CABO PULMO, B.C.S. MÉXICO**

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIÓLOGA MARINA**

PRESENTA:

**ANDREA ASÚNSOLO RIVERA**

DIRECTOR:

**DR. JAMES T. KETCHUM**

LA PAZ, B.C.S, NOVIEMBRE 2016



## DEDICATORIA

A mis padres,

*Arturo Gerardo Asúnsolo Vázquez*

Y

*Rosa María Rivera Fernández*

A mis hermanas,

*Pamela Asúnsolo Rivera*

Y

*Mariana Asúnsolo Rivera*



"Twenty years from now you will be more disappointed by  
the things that you didn't do than the ones you did do. So  
throw off the bowlines. Sail away from the safe harbor.  
Catch the trade winds in your sails. Explore. Dream.  
Discover."

Mark Twain

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur y a mis profesores por permitirme realizar mis estudios y brindarme las herramientas y el conocimiento para completar mis estudios como biólogo marino.

A Pelagios Kakunjá A.C. (Dr. James Ketchum y Dr. Mauricio Hoyos) por el apoyo y la oportunidad de participar en el proyecto de tiburones en Cabo Pulmo y por todas las expediciones en las que me han permitido participar. Donde he aprendido lo necesario para trabajar en campo con estos organismos.

A mis sinodales por su tiempo, correcciones y por aceptar ser parte de mi comité revisor. Por sus consejos y recomendaciones que han hecho de esta tesis un mejor trabajo.

A Vladimir Perez de Silva y Hideki Yoshida por su tiempo y apoyo con el apartado de resultados.

Un agradecimiento muy especial al Dr. Raúl Martínez por todas esas horas de trabajo y de explicaciones estadísticas que al final permitieron la finalización de mis resultados.

A Manuel Castro y Manuel Castro hijo (mejor conocidos como Don Milo y Pargo) y a su tripulación por el apoyo logístico y sus servicios de capitaneo. Por sus conocimientos del mar y sus consejos durante la realización del trabajo de campo de este proyecto.

A todos los integrantes de Pelagios Kakunjá que participaron en la toma de datos de este proyecto. A mis colegas y amigos que son parte de esta organización y con los que he aprendido mucho.

En especial a Abel Trejo y a Juan Pedro Rodriguez-Arana por ser una parte fundamental para este estudio y a Frida Lara por su ayuda y consejos. A Gador, Tania, Carmen, Morgan, Edgar, Luis, Marc, Dulce, Kiko, Pancho, Paulino y Silal.

A la CONANP por la emisión de las No Objeciones, por permitir y apoyar este estudio dentro del área natural protegida.

A la comunidad de Cabo Pulmo, por acogerme y apoyarme. Son una comunidad admirable.

A mis padres por su apoyo incondicional y por siempre impulsarme a seguir mis sueños. Por los valores y todo lo que me enseñaron y por todo el cariño y apoyo para sacar adelante mis estudios.

A mis hermanas y compañeras de vida, Pamela y Mariana, quienes han estado conmigo en las buenas y en las malas. Gracias por siempre creer que soy capaz de alcanzar lo que me propongo.

A mi abuela Carmen Vázquez (Boli) por todo el cariño y apoyo que me ha convertido en buena medida en la persona en la que me convertí.

A mis abuelos Antonio Rivera y Rosa María Fernández (Abo y Abi) por su cariño y consejos. En especial a Abo por inspirarme a amar y cuidar la naturaleza.

A German Muñoz por haberme enseñado a bucear, rapelear, kayakear y hacer actividades extremas en la naturaleza, por enseñarle a mi familia lo increíbles y divertidas que son estas actividades.

A José Medina por su apoyo durante épocas difíciles.

Por ultimo un agradecimiento muy especial a mis amigos. En especial a aquellas amistades que formaron parte de mi familia en La Paz.

A Lizbeth Gómez Torres, mi roomie y hermana paceña por acompañarnos en las buenas y en las malas.

A Gabriela González, Andrea Robles y Miriam Castro por ser mis mejores amigas. Nos graduamos juntas y con trabajo en equipo! Por todos esos momentos de diversión y por aquellos en los que no nos gustaron tanto pero que igual fueron necesarios para lograr concluir esta carrera.

A Nicolás Martínez, por tu amistad y apoyo y todos esos momentos de locura que hemos tenido.

A Ana Nader, Felipe Aguirre, David Carengo, Armando Lozano, Miky Rodríguez, Arely Cielo, y a todos mis amigos de la carrera con los que compartí momentos buenos y malos gracias!

## INDICE

<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	10
<b>GLOSARIO</b> .....	13
<b>RESUMEN</b> .....	16
<b>ABSTRACT</b> .....	17
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	18
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	21
2.1 Estudios en el Golfo de California .....	23
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	25
<b>4. HIPOTESIS</b> .....	26
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	26
<b>6. MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	27
6.1 Área de estudio .....	27
6.2 Determinación de la abundancia y riqueza de tiburones.....	30
6.2.1 Registro de especies en el ACP .....	30
6.2.2 Censos terrestres .....	31
6.2.3 Censos submarinos.....	33
<b>7. RESULTADOS</b> .....	35
7.1 Registro de especies .....	35
7.2 Riqueza, abundancia, distribución y factores ambientales en el margen costero.....	40
7.2.1 Avistamientos y riqueza de especies .....	40
7.3 Abundancia y distribución de tiburones en el margen costero .....	46
7.4 Abundancia y distribución de tiburones en las áreas arrecifales .....	56
7.4.1 Avistamientos y riqueza de especies .....	56
7.4.2 Efecto de variables ambientales, temporales y espaciales sobre la abundancia de CLE en las áreas arrecifales .....	61
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	66
8.1 Riqueza y composición de especies de tiburones en el ACP.....	66
8.2 Distribución y abundancia de tiburones en el margen costero.....	67
8.3 Distribución y abundancia de los tiburones en áreas arrecifales .....	71
8.4 Importancia de la creación del PNCP para la recuperación de los tiburones .....	73
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	75



<b>11. RECOMENDACIONES</b> .....	76
<b>12. LITERATURA CITADA</b> .....	77

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa del Parque Nacional Cabo Pulmo, B.C.S. ....	27
<b>Figura 2.</b> Batimetría del GC (profundidad en metros). Recuadro: Diagrama de temperatura-Salinidad del GC con datos de 1939-1993. Masas de agua determinadas a partir del diagrama: Agua superficial tropical (TSW), Agua del GC (GCW), Agua de la Corriente de California (CCW), Agua subsuperficial subtropical (S StSsW), agua intermedia del Pacífico (PIW), Agua profunda del Pacífico (PDW) (tomado de Lavín et al., 2003). ....	29
<b>Figura 3.</b> Área de observación El Almirante.....	32
<b>Figura 4.</b> Área de observación Las Tinajitas.....	32
<b>Figura 5.</b> A) Foto de un tiburón puntas negras <i>C. limbatus</i> tomada desde el punto de observación de Tinajitas. B) Foto de un tiburón limón <i>N. brevirostris</i> tomada desde el punto de observación en El Almirante. ....	32
<b>Figura 6.</b> Mapa batimétrico de Cabo Pulmo con los sitios donde se llevaron a cabo los censos submarinos y desde de tierra (con permiso del Laboratorio de Sistemas Arrecifales, UABCS).....	34
<b>Figura 7.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI durante los meses de muestreo en el sitio de observación Tinajitas en 2013. ....	41
<b>Figura 8.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI durante los meses de muestreo en el sitio de observación Almirante en 2013. ....	42
<b>Figura 9.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR durante los meses de muestreo en el sitio de observación Tinajitas en 2013. ....	43
<b>Figura 10.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR durante los meses de muestreo en el sitio de observación Almirante en 2013. ....	44
<b>Figura 11.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE durante los meses de muestreo en el sitio de observación Tinajitas en 2013. ....	45
<b>Figura 12.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero en 2013. ....	48
<b>Figura 13.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero por mes en 2013. Febrero=2, marzo=3, abril=4, mayo=5, junio=6, julio=7, agosto=8, septiembre=9, octubre=10, noviembre=11. ....	50
<b>Figura 14.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero por hora del día en 2013. ....	52
<b>Figura 15.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero por sitio de observación en 2013.....	53
<b>Figura 16.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013.....	55

<b>Figura 17.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal por año durante septiembre-diciembre 2013-2014.....	56
<b>Figura 18.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal por hora del día durante septiembre-diciembre 2013-2014. ....	57
<b>Figura 19.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal por sitio durante septiembre-diciembre 2013-2014. ....	58
<b>Figura 20.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal según la temperatura del agua (°C) durante septiembre-diciembre 2013-2014. ....	59
<b>Figura 21.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal según la intensidad de la corriente durante septiembre-diciembre 2013-2014.....	60
<b>Figura 22.</b> Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal según el tiempo de buceo (min) durante septiembre-diciembre 2013-2014.....	61
<b>Figura 23.</b> Efecto de las variables espaciales y temporales sobre la abundancia relativa de CLE en las áreas arrecifales (Sitio, hora, mes y tiempo-Buceo) en 2013-2014. c) mes 09 = septiembre, mes 10 = octubre, mes 11 = noviembre, mes 12 = diciembre. d) el área sombreada representa el error estándar. ....	65

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Georeferencia, longitud máxima y profundidad mínima y máxima de algunos de los sitios de buceo SCUBA del Parque Nacional Cabo Pulmo (modificado de Álvarez del Castillo, 2012). ....	30
<b>Tabla II.</b> Rango de intensidad de la corriente durante los buceos de los censos submarinos 2013-2014.....	33
<b>Tabla III.</b> Registro de especies dentro del Parque Nacional Cabo Pulmo. *Nuevo registro, ** Se cree que existe dentro de ACP, según reportes de buzos y pescadores locales. ....	36
<b>Tabla IV.</b> Número de avistamientos de las distintas especies de tiburón en los dos sitios de observación en el margen costero para 2013, durante los 38 días y 35 días de censos realizados en Tinajitas y Almirante respectivamente, con un promedio de 255 h de censo para cada sitio.....	40
<b>Tabla V.</b> Prueba de normalidad Shapiro-Wilks para las especies de NBR, CLI, CLE en el margen costero en 2013. ....	46
<b>Tabla VI.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas Flinger-Killeen para las especies de NBR, CLI, CLE en el margen costero en 2013. ....	46
<b>Tabla VII.</b> Kruskal-Wallis de la Abundancia relativa (Tiburones promedio/h) entre especies de tiburones (CLI, NBR y CLE) y Kruskal-Wallis de la Abundancia relativa (tiburones promedio/h) por especie (CLI, NBR y CLE) por mes, hora, sitio e intensidad del viento (escala Beaufort) en el margen costero en 2013. ....	47
<b>Tabla VIII.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR y CLE) observadas en el margen costero en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa. ....	47

<b>Tabla IX.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI entre los meses de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	48
<b>Tabla X.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR entre los meses de observación en 2013. Los números en rojo presentan diferencias significativas...	49
<b>Tabla XI.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE entre los meses de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	49
<b>Tabla XII.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI entre las distintas horas de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	50
<b>Tabla XIII.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR entre las distintas horas de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	51
<b>Tabla XIV.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE entre las distintas horas de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	51
<b>Tabla XV.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI entre los dos sitios de observación (Las Tinajitas y El Almirante) en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa.	52
<b>Tabla XVI.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR entre los dos sitios de observación (Las Tinajitas y El Almirante) en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa.	52
<b>Tabla XVII.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE entre los dos sitios de observación (Las Tinajitas y El Almirante) en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa.	53
<b>Tabla XVIII.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	54
<b>Tabla XIX.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	54
<b>Tabla XX.</b> Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.	55
<b>Tabla XXI.</b> Inicio del método step-wise con AIC = 248.13. Modelo 0= Abundancia ~ sitio + hora + temperatura + año + mes + corriente + tiempo-buceo.	62
<b>Tabla XXII.</b> Paso (step) 1 del método step-wise con AIC = 246.24. Modelo 1 = Abundancia ~ sitio + hora + temperatura + año + mes + tiempo-buceo.	62
<b>Tabla XXIII.</b> Paso (step) 2 del método step-wise con AIC = 244.59. Modelo 2 = Abundancia ~ sitio + hora + año + mes + tiempo-buceo.	62
<b>Tabla XXIV.</b> Paso (step) 3 del método step-wise con AIC = 244.08. Modelo 3 = Abundancia ~ sitio + hora + mes + tiempo-buceo.	63

<b>Tabla XXV.</b> Modelos generados con el método Step-wise para explicar el efecto de las variables espacio-temporales y ambientales de la abundancia relativa de CLE en las áreas arrecifales en 2013-2014.....	63
<b>Tabla XXVI.</b> Modelo 4 de la abundancia de CLE en las áreas arrecifales en 2013-2014.....	63

## GLOSARIO

**Abundancia:** El número total de organismos en una población en un lugar y tiempo determinado o stock pesquero. Puede ser medido en términos absolutos o relativos.

**Ambiente:** El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres vivos.

**Área de crianza primaria:** Zonas donde están presentes las crías de tiburones y rayas, y las hembras adultas aparecen preñadas y con embriones bien formados (terminales) en la época de expulsión de crías.

**Área de crianza secundaria:** Zonas habitadas por tiburones juveniles, tallas mayores a los neonatos pero que todavía no se consideran subadultos (Bass 1978).

**Área marina protegida:** Cualquier zona marina y costera definida bajo legislación para proteger sus ecosistemas, procesos ecológicos, hábitats y especies que pueden contribuir a la recuperación de los recursos sociales, económicos y culturales.

**Arrecife:** características sedimentarias, construidas por la interacción de los organismos y su ambiente, que tienen relieve sinóptico y cuya composición biótica difiere de la que se encuentra en el suelo marino circundante.

**Biomasa:** Cantidad total de materia viva presente en una comunidad o ecosistema.

**Buceo SCUBA:** almacenamiento de aire a presión en una botella que es transportada por el buzo, lo que le permite a este ir respirando el aire almacenado durante un tiempo de autonomía considerable bajo el agua.

**Captura-recaptura:** método de marca-recaptura de Jolly-Seber. Este método consistirá en dos periodos de muestreo: El período 1 consiste en la captura, marcado y liberación. En el período 2 se liberan los organismos marcados y posteriormente se recaptura una muestra observando el porcentaje de individuos marcados recapturados.

**Censo:** al recuento de individuos que conforman una población estadística, definida como un conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones. El censo de una población estadística consiste básicamente, en obtener mediciones del número total de individuos mediante diversas técnicas de recuento.

**CTD:** Se emplean para medir las características del agua tales como la salinidad, temperatura, presión, profundidad y densidad. Las siglas CTD significan; Conductividad-Temperatura-grabador de profundidad.

**Depredador tope:** se les denomina así a los depredadores que no tienen depredadores naturales, situándose en lo alto de su cadena alimentaria.

**Diversidad:** Expresa el número de especies y abundancia relativa de las mismas en una comunidad.

**Ecología:** ciencia que estudia de las interacciones de los organismos y su ambiente (biótico y abiótico).

**Elasmobranquio:** Cualquier especie de pez cartilaginoso ubicada taxonómicamente en la subclase *Elasmobranchii* de la clase *Chondrichthyes*, que abarca a los tiburones y angelitos, mantas, rayas y otros peces planos cartilaginosos.

**Etología/comportamiento:** Rama de la biología y de la psicología experimental que estudia el comportamiento de los animales en sus medios naturales, en situación de libertad o en condiciones de laboratorio, aunque son más conocidos los estudios de campo.

**Etograma:** herramienta de campo útil para analizar y evaluar la conducta de un animal en el momento del estudio u observación. Catálogo exacto de todas las formas de comportamiento propias de una especie.

**Hábitat:** Es un sitio específico en un medio ambiente físico y su comunidad biótica, ocupado por un individuo, especie o comunidades de especies en un tiempo en particular.

**Juvenil:** Estadio en el cual un organismo ha adquirido la morfología del adulto, pero aún no es capaz de reproducirse.

**Medida de manejo:** aquellas acciones orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales generados por el desarrollo de una actividad productiva.

**Morfología:** Parte de la biología que trata de la forma de los seres vivos y de su evolución.

**Migraciones:** es el desplazamiento de población (humana o animal) que se produce desde un lugar de origen a otro destino y lleva consigo un cambio de la residencia habitual.

**Oceanografía:** Ciencia que estudia las aguas y los fondos de los mares y los océanos, desde el punto de vista físico, químico y biológico, así como su fauna y su flora.

**Pesca artesanal:** Está definida como la actividad de extracción de recursos acuáticos, ejecutada con embarcaciones menores que no cuentan con maquinaria de cubierta accionada con fuerza electromotriz para el auxilio de las operaciones de pesca. Además, presenta la característica de utilizar el hielo para la conservación del producto y con una autonomía en tiempo máxima de 3 a 5 días.

**Pesquería:** Es la actividad económica sustentada en el aprovechamiento de un recurso natural cuyo habitat principal sea el agua, constituido por una o varias especies de peces, en la cual intervienen medios, técnicos y procedimientos de producción particulares y diferenciados y mano de obra con calificación específica. Esta actividad presenta

regularidades tecnológicas y se describen de manera integral (extracción, procesamiento y comercialización).

**Población:** La dinámica de los grupos de organismos de la misma especie (reproducción, crecimiento poblacional, mortalidad), y sus interacciones con otras especies (competencia, depredación).

**Raya:** Clase de elasmobranquios también conocidos en el lenguaje común como “mantarrayas” o “mantas”, y que pertenecen taxonómicamente a la subclase Elasmobranchii, cohorte Euselachii, superorden Rajomorphii (Batoidea).

**Residencia:** Se refiere al tiempo de permanencia de una determinada especie o comunidad en un determinado hábitat o sistema ecológico.

**Riqueza:** número de especies de un área determinada.

**Sobreexplotación:** Explotación de un recurso natural de manera abusiva o que excede la capacidad de dicho recurso para recuperarse.

**Telemetría:** es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

**Tiburón:** Especie de elasmobranquio que incluye a los organismos conocidos en el lenguaje común como “tiburones”, “cazones” y “angelitos” y que pertenecen taxonómicamente a la subclase Elasmobranchii, cohorte Euselachii, superórdenes Squalomorphii, Squatinomorphii o Galeomorphii.

**Transecto:** recorrido lineal imaginario o no sobre una parcela o terreno, sobre el cual se realiza un muestreo de algún organismo.

**Zona de refugio:** Las áreas delimitadas en las aguas de jurisdicción federal, con la finalidad primordial de conservar y contribuir, natural o artificialmente, al desarrollo de la flora y fauna acuáticas, así como preservar y proteger el medio ambiente que las rodea. En este caso particular, la superficie delimitada geográficamente corresponde a áreas de reproducción, nacimiento y crianza de tiburones.

## RESUMEN

La sobreexplotación de las especies comerciales de tiburones ha causado una disminución de sus poblaciones a nivel global. El estudio y la protección de los tiburones se ha vuelto un tema esencial en años recientes, no solo para la ciencia, sino para el ecoturismo, el cual crece y se vuelve cada día más importante en la economía local alrededor de todo el mundo, Por lo que medidas de manejo y conservación son necesarias. Una de las maneras más efectivas para la conservación de especies son las áreas marinas protegidas. El arrecife coralino de Cabo Pulmo ha presentado una recuperación de la biomasa de peces desde su nombramiento como área natural protegida en 1995, y el retorno de distintas especies de depredadores tope, particularmente tiburones, desde hace una década. Sin embargo, no existe información acerca de la distribución y abundancia de tiburones en el parque. Se efectuaron los primeros censos terrestres en el margen costero y censos submarinos en los sitios de buceo del arrecife. Se registraron 12 especies de tiburones en Cabo Pulmo, encontrando tres especies más comunes en la zona del margen costero: tiburón limón *Negaprion brevirostris* (NBR), tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (CLI) y tiburón toro *Carcharhinus leucas* (CLE). La especie más común en la zona arrecifal fue CLE (El Vencedor). En el margen costero la especie más abundante en promedio fue NBR (El Almirante). Se observó que la abundancia de estos depredadores presenta una distribución y estacionalidad marcadas en las distintas áreas del parque. Se registró una mayor abundancia de CLI, NBR y CLE durante los meses de invierno. La abundancia de CLE en la zona arrecifal no presentó un efecto por parte de la temperatura. Lo que podría indicar que las necesidades biológicas son las que determinan la presencia-ausencia de los tiburones en la zona.

Tiburón toro, tiburón puntas negras, tiburón limón, censos, estacionalidad



## ABSTRACT

Overfishing and shark finning has depleted the populations of sharks globally. The study and protection of sharks has become essential in the recent years, not just for science but for ecotourism also, which is becoming important in the local economy around the world. Management measures and laws are necessary to help the shark populations recover. A very effective approach for the conservation of species are marine reserves and marine protected areas. Cabo Pulmo reef area has recuperated its fish biomass since it was declared a marine protected area in 1995 and has also recovered many top predators, such as sharks. None the less, information about the abundance and distribution of sharks within the park is lacking. Therefore in this study the first terrestrial census along the coast line and underwater census on the diving spots were carried out. Twelve species of sharks were registered. Finding three main species along the coast line: lemon sharks *Negaprion brevirostris* (NBR), blacktip sharks *Carcharhinus limbatus* (CLI) and bull sharks *Carcharhinus leucas* (CLE). The most common species in the reef zone was CLE (El Vencedor). On the other hand, the most abundant species of sharks on the coast line was NBR (El Almirante). The abundance of sharks within the park showed a marked distribution and seasonality, finding the greatest abundance of CLI, NBR and CLE during the winter months.

The temperature did not show an effect on the abundance of CLE in the reef zone. Which could be indicating that the presence-absence of sharks is determined by their biological needs.

Bull shark, blacktip shark, lemon shark, census, seasonality.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace 400 millones de años los tiburones han formado parte de los ecosistemas marinos y diversas especies se consideran como depredadores tope. Recientemente, se ha sugerido que el papel ecológico de los grandes tiburones en los ecosistemas marinos es de vital importancia, por lo tanto la desaparición de estos depredadores tope podría causar un efecto cascada en los ecosistemas (Myers *et al.*, 2007; Sandin *et al.*, 2008). Hoy en día existen indicios de sobrepesca de estas especies (Ferretti *et al.*, 2008; Baum y Myers 2004; Shepherd y Myers, 2005; Cortés *et al.*, 2007) y la destrucción de sus hábitats costeros (Camhi *et al.*, 1998; García Nuñez, 2008). Aunado a lo anterior, el bajo potencial reproductivo de los tiburones los hace aún más susceptibles a dicha explotación, teniendo como consecuencia una gran disminución de sus poblaciones alrededor del mundo (Walker, 1992; Castro, 1993; Robbins *et al.*, 2006; Sandin *et al.*, 2008).

Cada año alrededor de 1.7 millones de toneladas de tiburones son pescados (IUCN, 2009), con un incremento del 5.4% anual en su pesca (Camhi *et al.*, 2009). Debido a lo anterior, distintas medidas de manejo se han implementado, como el peso máximo de pesca, la talla mínima de captura y vedas en determinadas áreas, con el fin de preservar ciertas especies de tiburón, enfatizando en aquellas altamente comerciales (Fowler y Cavanagh, 2005). Sin embargo, dichas medidas no son suficientes para proteger a estas especies (Camhi *et al.*, 2008).

Estudios sobre la distribución y abundancia de tiburones han demostrado que ciertas especies tienden a agregarse en ciertos sitios, determinados tanto por los factores ambientales (temperatura, salinidad, O<sub>2</sub> disuelto) como por sus necesidades biológicas (alimentación, reproducción, áreas de crianza, etc.; Holzwarth *et al.*, 2006; Drymon *et al.*, 2014; Espinoza *et al.*, 2014; Legare *et al.*, 2015). También se han realizado diversos estudios de los movimientos y patrones migratorios de los tiburones (Klimley y Nelson, 1984; Klimley *et al.*, 1988; Hearn *et al.*, 2010; Meyer *et al.*, 2010; Kessel *et al.*, 2013; Ketchum *et al.*, 2014; Klimley, 2015). Investigaciones recientes para valorar el estado poblacional de los tiburones oceánicos y costeros determinaron que estas poblaciones han disminuido de manera alarmante (Baum *et al.*, 2003; Baum & Myers 2004; Baum *et al.*, 2005; Baum & Worm, 2009). Por ejemplo, Baum *et al.*, (2003) a partir de bases de datos pesqueras de E.U.A. en el Atlántico Noroeste encontraron que especies como el tiburón blanco, el tiburón tigre, el tiburón azul, y un grupo de especies costeras (tiburón piloto, tiburón puntas negras, tiburón oscuro, entre otros) disminuyeron en más del 50% y en el caso más extremo se registró la disminución de las

poblaciones de tiburones zorro (*Alopias vulpinus* y *Alopias superciliosus*) en un 80% y tiburones martillos (principalmente *Sphyrna lewini*) en un 89% en cuestión de 8-15 años. Sin embargo, la información es particularmente escasa en cuanto a los datos pesqueros en aguas mexicanas, debido a la falta de información pesquera por especie, así como por registros de capturas incompletos y de difícil acceso (Salomón-Aguilar, 2012).

México es un país con alta diversidad y abundancia de tiburones con alrededor de 104 especies registradas (SAGARPA, DOF, 2007). La pesquería de tiburones en el país data desde tiempos prehispánicos y en la década de los 80's su demanda y producción alcanzó un auge, convirtiendo a México en el principal productor de elasmobranquios en América, particularmente tiburones (Applegate *et al.*, 1979; Compagno, 1984). Esto causó una disminución drástica de tiburones en la zona costera, por lo que la pesquería se trasladó a zonas más alejadas de la costa, incrementándose el esfuerzo de captura (Villavicencio-Garayzar, 1996a; Sala *et al.*, 2004; SAGARPA, DOF, 2011). Según la Carta Nacional Pesquera (CNP) la información biológica y ecológica de las especies de tiburones explotadas en México es variada y parcial. En el Golfo de California (GC) son 30 las especies de tiburones capturadas por la pesca artesanal, pero únicamente se ofrece cierta información biológica-ecológica de las especies con mayor volumen de producción (CONAPESCA-INP, 2004).

El GC es un área de vital importancia para la protección y conservación de las especies de tiburones ya que representa una zona importante para la reproducción, encontrando áreas de crianza, donde las hembras grávidas entran para el alumbramiento y donde los neonatos pasan sus primeros años protegidos de depredadores (Villavicencio-Garayzar, 2000; Salomón-Aguilar *et al.*, 2009). Se han definido a las áreas de crianza como hábitats críticos para las poblaciones de tiburones, las cuales ocurren en zonas costeras como humedales, bosques de mangle y estuarios (Branstetter, 1990; Castro, 1993; Heupel *et al.*, 2007). Estas áreas presentan aguas poco profundas, así como un ecosistema con condiciones ambientales altamente dinámicas, donde los neonatos y juveniles evitan la depredación y en ocasiones la competencia con otras especies (Cortés, 1999; Knip *et al.*, 2010).

El arrecife de Cabo Pulmo (ACP) es una de las reservas marinas más exitosas a nivel mundial en cuanto a la recuperación de peces en biomasa, convirtiéndose en 2009 en la única área natural protegida (ANP) dentro del GC que se ha recuperado (Aburto, *et al.* 2011). Este lugar puede ser comparado con ecosistemas prístinos, en donde con la recuperación del ecosistema se ha observado la reaparición de tiburones en el área (Reyes-Bonilla y Alvarez-

Filip 2008; Aburto, *et al.* 2011; Reyes-Bonilla *et al.*, 2016). De tal forma, esta tesis busca conocer la abundancia y distribución de los tiburones en el ACP y determinar su riqueza en esta área protegida. Con esta información se pretende generar una línea base de los tiburones del ACP que sirva para posteriores estudios, así como para apoyar medidas de manejo y conservación de estas especies en el Parque Nacional Cabo Pulmo.

## 2. ANTECEDENTES

Los estudios biológicos y ecológicos de tiburones pueden ser dependientes o independientes de la pesca. Estudios de edad y crecimiento son un ejemplo de una metodología dependiente de la captura de tiburones, como los estudios realizados por Anislado y Robinson (2001) y Natanson *et al.*, (2002). Cortés (1998) menciona la importancia de los datos biológicos al observar el estado de un stock, enfatizando las limitaciones de los datos obtenidos a partir de la pesca para los estudios demográficos. La captura-recaptura es otro método dependiente de la pesca que permite la obtención de datos biológicos y que también puede ser útil para estudios de edad y crecimiento como los realizados por Zanella *et al.*, (2012) y Booth *et al.*, (2011).

Los métodos independientes de la pesca para las especies de tiburones se llevan a cabo principalmente de dos formas: censos visuales y censos con cámaras. Ambos son altamente útiles para estudiar aspectos ecológicos, como la abundancia de organismos en una población. La telemetría que surgió con el avance de la tecnología, es otra herramienta útil para estudios ecológicos y de comportamiento de los tiburones. La telemetría, en conjunto con los censos visuales, han permitido estudiar la fidelidad al sitio, residencia, uso de hábitat y migraciones de varias especies de tiburones con el enfoque cuantitativo para identificar áreas de crianza (Heithaus, 2007; Heupel *et al.*, 2007; Simpfendorfer y Heupel, 2012).

Se realizó un estudio de censos visuales en conjunto con el uso de telemetría acústica, observando grandes agregaciones del tiburón gris de arrecife (*Carcharhinus amblyrhynchos*). Se tomaron en cuenta parámetros ambientales como la temperatura del agua y la intensidad de la luz (Economakis & Lobel, 1998). Ambas resultaron tener un gran efecto sobre la ocurrencia de los tiburones, concluyendo que las agregaciones máximas coincidieron con la máxima temperatura durante el día. Por otra parte, no se observó ninguna agregación durante la noche, lo cual fue corroborado por los organismos marcados con telemetría acústica (Economakis & Lobel, 1998).

Holzwarth *et al.*, (2006) realizaron censos tipo manta (buzos remolcados con una embarcación) para cuantificar tiburones (*Carcharhinidae*) y jureles (*Carangidae*) en las islas del noroeste de Hawái. Durante sus censos observaron principalmente tres especies de tiburones: tiburón Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*), tiburón gris de arrecife (*Carcharhinus amblyrhynchos*) y tiburón puntas blancas de arrecife (*Triaenodon obesus*). Esta

última especie no presentó ninguna preferencia de hábitat, mientras que, el tiburón Galápagos y el tiburón gris de arrecife fueron encontrados con mayor frecuencia en arrecifes expuestos y en hábitats en las pendientes arrecifales. Esta metodología resultó altamente efectiva para áreas extensas, como los atolones y bancos de arena de las islas del noroeste de Hawái.

Otros estudios han determinado la diversidad y abundancia relativa de tiburones y la variación de esta última en distintos hábitats en el Atolón French Frigate Shoals, Hawái (Dale *et al.*, 2011). Estos autores también realizaron una comparación entre los censos visuales submarinos realizados anteriormente en el atolón y los resultados obtenidos a partir de la captura con palangres, determinando una mayor efectividad en el método de pesca, para la realización de los censos. En cuanto a distribución y uso de hábitat encontraron que especies como el tiburón gris de arrecife (*Carcharhinus amblyrhynchos*), el tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*) y el tiburón Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*) además de ser las más abundantes se encontraron en todos los hábitat, tanto someros como profundos, mientras que especies como el tiburón puntas negras de arrecife (*Carcharhinus melanopterus*) únicamente se encontraron dentro de la barrera de arrecifes; mientras que, el tiburón aleta de cartón (*Carcharhinus plumbeus*) únicamente se observó en hábitats profundos.

Heupel y Simpfendorfer (2014) realizaron un estudio con telemetría acústica al sur de la gran barrera arrecifal en Australia, donde analizaron la presencia y movimientos del tiburón gris de arrecife (*Carcharhinus amblyrhynchos*), tomando en cuenta variables ambientales como la temperatura del agua, la presión atmosférica, la intensidad del viento, la lluvia y la temporalidad. Determinaron que los factores ambientales no tuvieron relación con la distribución y movimientos espaciales de los tiburones. Mientras que, la semana, tuvo un efecto importante, observando una mayor actividad en la temporada reproductiva y concluyendo que las necesidades biológicas tuvieron un efecto mayor y sus movimientos en el arrecife se basan en la densidad de alimento, actividades de reproducción, etc (Heupel & Simpfendorfer, 2014).

Sin embargo, existen pocos estudios que utilicen censos visuales para determinar la abundancia y diversidad de tiburones en un área determinada, y la mayoría de estos estudios con censos submarinos son del tipo errante con buceo autónomo, es decir, censando todos los tiburones a su paso a lo largo de un transecto lineal (Robbins *et al.* 2006; Hearn *et al.* 2010). Por otro lado, un estudio realizado por Kessel *et al.*, (2013) determinó la abundancia y la distribución de tiburón limón en la laguna de Bimini a lo largo de un año, realizando censos aéreos.

## 2.1 Estudios en el Golfo de California

Diversas especies de tiburones, principalmente de los géneros *Sphyrna*, *Carcharhinus* y *Alopias*, migran al GC para reproducirse, debido a la alta productividad primaria y gran abundancia de invertebrados y peces que aquí habitan (Villavicencio-Garayzar, 1996b)

Existen diversos estudios de los tiburones en el GC acerca de su biología, edad y crecimiento, reproducción, áreas de crianza (Villavicencio-Garayzar, 2000; Salomón *et al.*, 2009), alimentación, isotopos estables y contenido estomacal (Cabrera 2003; Polo-Silva *et al.*, 2007; Loor, 2013; Rosas *et al.*, 2015), movimientos y comportamiento migratorio (Klimley y Nelson 1981; Klimley y Nelson, 1984; Klimley *et al.* 1988; Klimley y Butler, 1988; Klimley, 1993; Hoyos *et al.*, 2014) y pesquerías (Galván-Magaña *et al.*, 2009). Sin embargo, no existen estudios de estimación de abundancia y diversidad que utilicen censos independientes de la pesca en el GC.

La Bahía de San Gabriel y el ACP son los únicos arrecifes “funcionales” encontrados dentro del GC. El ACP es el más septentrional en el Pacífico Oriental, declarado Parque Nacional en 1995. Thomson y Brusca (1975) encontraron aquí una gran diversidad y abundancia de peces. Los habitantes locales dejaron sus actividades pesqueras y se dedicaron al ecoturismo, actividad que realizan en la actualidad (Arizpe, 2004).

En El ACP se han realizado diversos estudios de la fauna bentónica y la composición ictiológica del arrecife. Villarreal *et al.* (2000) realizaron un estudio con censos de peces de 1986 a 1998 junto con una revisión bibliográfica para determinar el elenco sistemático de los peces arrecifales encontrados dentro del parque. Estos autores concluyeron que la riqueza íctica es notablemente mayor que en cualquier otro arrecife dentro del GC o en el Pacífico Mexicano. Reyes-Bonilla y Alvarez-Filip (2008) midieron los efectos que tuvo la protección del arrecife como Parque Nacional, observando un incremento en la biomasa y en la abundancia de carnívoros. Dichos autores mencionan la aparición de avistamientos de tiburón tigre *Galeocerdo cuvier*, y tiburón toro *Carcharhinus leucas*, como depredadores recientes del arrecife y como indicadores de su recuperación, aunque tuvo como consecuencia una reducción en la complejidad en la estructura de la comunidad, debido al incremento de estos depredadores. Más recientemente, Aburto *et al.* (2011) realizaron una comparación entre la biomasa de peces entre 1999 y 2009, encontrando un incremento del 463%. En el mismo estudio se observó que la biomasa de depredadores tope había incrementado en un 1070%.

En dicho estudio se mencionan avistamientos de tiburón tigre *Galeocerdo cuvier*, tiburón toro *Carcharhinus leucas*, y tiburón puntas blancas de arrecife *Triaenodon obesus*. Reyes-Bonilla et al. (2012) Realizaron un estudio de redes tróficas en ACP encontrando una alta conectividad de los tiburones y rayas con un gran número de especies de peces, de la misma manera, encontraron una biomasa relativamente baja como sería de esperarse según el nivel trófico (5) de este grupo pero una alta biomasa con otros ecosistemas considerando que el flujo de biomasa del sistema de ACP es de 26070 t/Km<sup>2</sup>/año. Posteriormente, el primer listado de peces fue complementado con un estudio cronológico de los tiburones registrados en el ACP, el cual menciona 11 especies de tiburones (Reyes-Bonilla et al., 2016).



### 3. JUSTIFICACIÓN

La pesca excesiva ha provocado que las poblaciones de tiburones como la del martillo común *Sphyrna lewini*, disminuyan drásticamente dentro del GC (Klimley *et al.*, 1993). Esto, además de afectar directamente a las poblaciones, podría estar indicando un estado de degradación de los ecosistemas marinos de esta región (Friedlander & DeMartini, 2002; Robbins *et al.*; 2006). No obstante, el ACP, ha permitido la recuperación de fauna y flora dentro de sus límites. En la última década se ha observado una agregación notable de tiburones dentro del parque, tanto en los sitios de buceo como en la zona costera, lo que indica que el ACP podría ser una zona de alimentación, refugio o área de crianza para estas especies en el GC (Reyes-Bonilla *et al.*, 2016). Debido a lo anterior, es vital conocer la diversidad y abundancia de tiburones en ACP con el fin de estructurar estrategias informadas y efectivas de manejo para la conservación de estos depredadores tope en el ACP y GC.

#### **4. HIPOTESIS**

La protección del arrecife de Cabo Pulmo y su recuperación como ecosistema han permitido el regreso de depredadores tope como los tiburones, por lo que se espera encontrar una alta abundancia y riqueza de estas especies dentro de sus límites.

#### **5. OBJETIVOS**

##### 5.1 Objetivo general

Determinar la distribución, abundancia y riqueza de las especies tiburones en el arrecife de Cabo Pulmo (ACP).

##### 5.2 Objetivos específicos

- Determinar la distribución, abundancia y riqueza de tiburones en el margen costero del ACP.
- Determinar la distribución, abundancia y riqueza de tiburones en los arrecifes del ACP.
- Determinar el efecto de las variables ambientales sobre la distribución y abundancia de los tiburones en los arrecifes y en el margen costero del ACP.

## 6. MATERIAL Y MÉTODO

### 6.1 Área de estudio

El ACP se encuentra entre 23.375° y 23.500° N y entre 109.468° y 109.383° W en la costa sur-occidental del GC, entre la ciudad de La Paz y San José del Cabo, B.C.S. Cuenta con una superficie total de 7,111 hectáreas (CONANP, 2006; Figura 1)



**Figura 1.** Mapa del Parque Nacional Cabo Pulmo, B.C.S.

El ACP presenta aguas cálidas y claras durante buena parte del año, y su fondo marino presenta una pendiente suave. Cuenta con tres principales barras conformadas por basalto, que se encuentran orientadas en forma paralela a la costa, llegando a alcanzar los 15 m de profundidad. Sobre las barras, se asentó el arrecife coralino (CONANP, 2006; Saldívar, 2008).

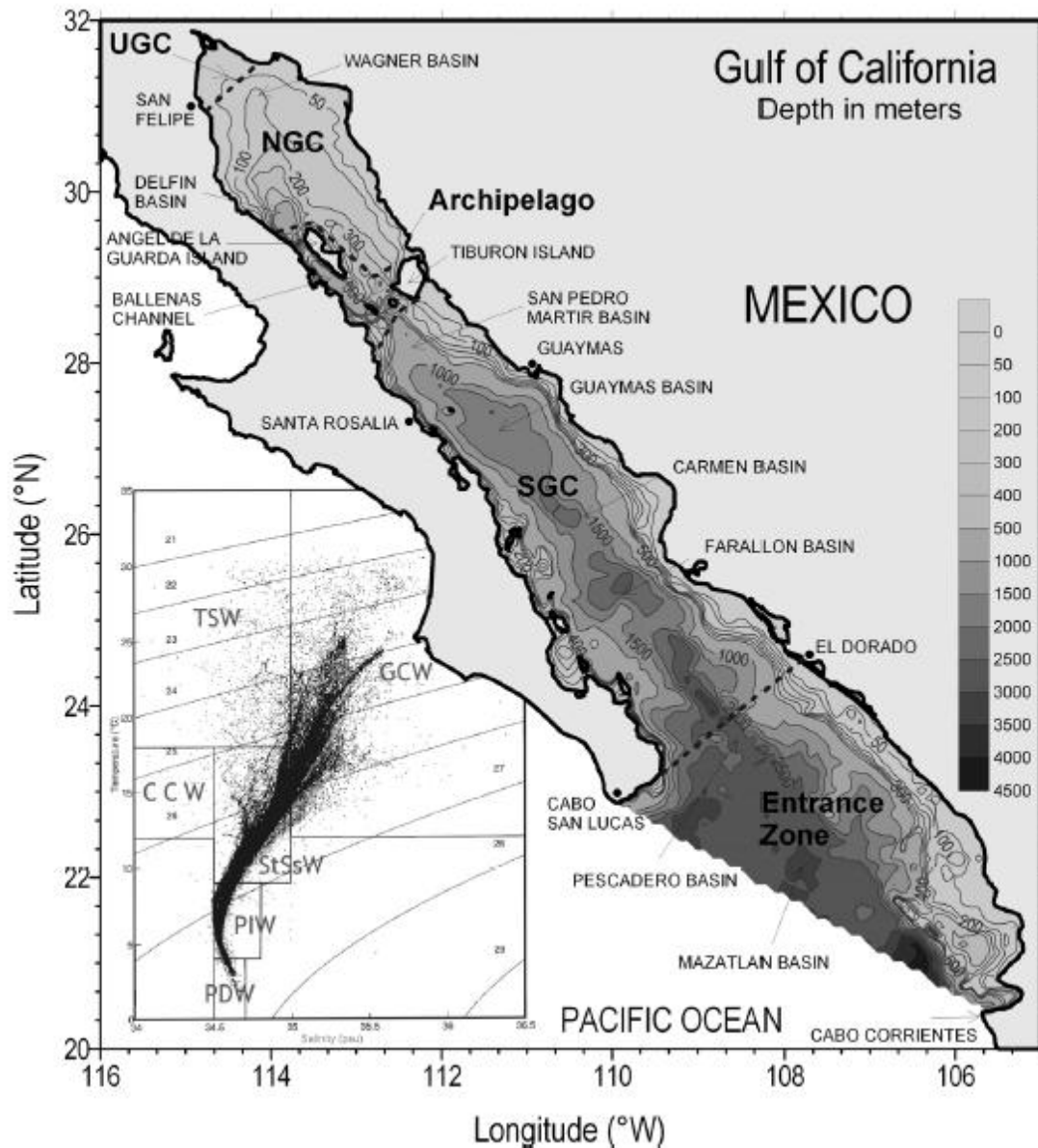
El ACP es el único arrecife coralino dentro del GC y una de las pocas áreas coralinas en el Pacífico oriental tropical, pero su gran importancia se debe a la gran biodiversidad, siendo

una de las más altas del Pacífico mexicano (CONANP, 2011). Su riqueza incluye aproximadamente el 26% de las especies reportadas en el GC, con especies residentes y otras visitantes temporales que llegan con fines de alimentación, reproducción o migración (Villarreal-Cavazos *et al.*, 2000; Reyes-Bonilla, 1997).

### 6.1.1 Oceanografía

El ACP está localizado en una zona muy dinámica desde el punto de vista oceanográfico, ya que se encuentra cerca de la boca del GC. El ACP está influenciado por diversas corrientes. Por ejemplo, en un estudio oceanográfico del GC se definen las masas de agua de esta región (Figura 2): la Corriente Costera de Costa Rica, corriente de agua cálida de  $\geq 18^{\circ}\text{C}$  y  $\leq 35^{\circ}\text{C}$  de temperatura y una salinidad de 34.6-34.8 UPS, la Corriente del GC, agua cálida de  $\geq 12^{\circ}\text{C}$   $\leq 35^{\circ}\text{C}$  de temperatura y una salinidad mayor a 34.9 UPS, y la Corriente de California, agua fría de  $24.9^{\circ}\text{C}$  y una salinidad de 34.6 UPS. También, se observan corrientes de marea fuertes, siendo más fuertes en verano e invierno y más sutiles durante primavera y otoño, teniendo un efecto importante en el transporte de materia en el arrecife (Álvarez Borrego y Lara, 1991; Lavín *et al.*, 2003).

En este estudio la zona de interés se encuentra en la boca del GC, pero debido a la poca profundidad del ACP las únicas masas de agua que son de interés son TSW y GCW, que al presentar una alta temperatura y alta salinidad se encuentran en la zona superficial y subsuperficial. TSW presenta una temperatura de  $\geq 18^{\circ}\text{C}$  y  $\leq 35^{\circ}\text{C}$  y una salinidad de  $\geq 34$  y  $\leq 35$ , mientras, que GCW presenta una temperatura de  $\geq 12^{\circ}\text{C}$   $\leq 35^{\circ}\text{C}$  y una salinidad de  $\geq 35$  y  $\leq 36.5$  (Figura 2; Lavin, *et al.*, 2003).



**Figura 2.** Batimetría del GC (profundidad en metros). Recuadro: Diagrama de temperatura-Salinidad del GC con datos de 1939-1993. Masas de agua determinadas a partir del diagrama: Agua superficial tropical (TSW), Agua del GC (GCW), Agua de la Corriente de California (CCW), Agua subsuperficial subtropical (S StSsW), agua intermedia del Pacífico (PIW), Agua profunda del Pacífico (PDW) (tomado de Lavín *et al.*, 2003).

El ACP presenta una fisiografía y batimetría variada, desde zonas arenosas hasta arrecifes rocosos y coralinos. Los sitios de buceo en el ACP se encuentran distribuidos en zonas someras, como Las Tinajitas y Tachuelas, y zonas profundas como El Bajo 100 (Tabla I).

**Tabla I.** Georeferencia, longitud máxima y profundidad mínima y máxima de algunos de los sitios de buceo SCUBA del Parque Nacional Cabo Pulmo (modificado de Álvarez del Castillo, 2012).

Sitio	Latitud (N)	Longitud (O)	Longitud máxima (m)	Profundidad (m)	Tipo de fondo
Bajo 100	23.4148°	-109.4079°	901	24.4 - 30.5	Rocoso/coralino
Los Frailes	23.3813°	-109.4172°	638	4 - 30.6	Rocoso/coralino
Las Tinajitas	23.4244°	-109.43°	89	2.3 - 9.7	Rocoso/arenoso
Tachuelas	23.4927°	-109.4597°	2669	2.3 - 9.7	Arenoso/rocoso
Los Morros	23.4616°	-109.4082°	631	12.5 - 18.2	Rocoso/arenoso
Bajo Meros	23.4577°	-109.406°	1124	11.1 - 18.6	Arrecife coralino
El Cantil	23.4392°	-109.4123°	1438	5.9 - 15.5	Rocoso/coralino
El Vencedor	23.45516°	-109.41543°	60	14-15.5	Pecio/arenoso

## 6.2 Determinación de la abundancia y riqueza de tiburones

### 6.2.1 Registro de especies en el ACP

El registro de especies de tiburones se llevó a cabo mediante tres metodologías: pesca, censos desde tierra y censos submarinos. En el método de registro por pesca, se capturaron los tiburones con línea y anzuelo a profundidades entre 5 m y 40 m, utilizando pargo coconaco *Hoplopagrus guentheri* y barrilete *Katsuwonus pelamis* como carnada y anzuelos de tipo circular (tamaño # 9). Lo anterior, con el fin de identificarlos y realizar mediciones morfométricas, y eventualmente fueron liberados. Se identificaron a los tiburones a nivel de especie con base en la forma del cuerpo, forma y ubicación de las aletas dorsales (Compagno *et al.*, 2005) y se registraron los siguientes datos: especie, sexo, longitud precaudal (LP), longitud furcal (LF) y longitud total (LT), Durante los censos desde tierra, se identificó a los tiburones a nivel de especie con base en la forma del cuerpo, forma y ubicación de las aletas dorsales y pectorales, coloración, comportamiento y la forma de nado (Compagno *et al.*, 2005; Martínez-Ortiz, 2010). En los casos donde no se tuvo certeza de la especie se registraron como una anotación, pero no fueron considerados dentro de la base de datos. En los censos submarinos, se tomaron fotografías y videos de los tiburones para poder corroborar posteriormente la identificación (Compagno *et al.*, 2005; Martínez-Ortiz, 2010).

### 6.2.2 Censos terrestres

Se realizaron censos quincenales desde tierra de las 7:00 a las 17:00 hrs, mientras las condiciones climáticas lo permitieron. Las observaciones se realizaron durante los meses de febrero a noviembre del 2013. Los censos se llevaron a cabo desde dos puntos de observación: Las Tinajitas y El Almirante (23.42200°, -109.43220° y 23.41452°, -109.43229°, respectivamente; Figura 3 y 4), localizados al sur del poblado de Cabo Pulmo y al norte de la playa turística Los Arbolitos, respectivamente. Ambos se encuentran a una altitud aproximada de 8 m y a una distancia de entre 5-10 m de la línea de costa.

Un observador se colocó en cada uno de los sitios, con binoculares (Nikon 7 x 50 7.2° CF WP), posicionándose en un punto alto del médano, donde se tuvo un campo de visión de 180°. Se realizó un barrido constante cada 15 min registrando especie, que se identificó con base en las guías de identificación de tiburones (Compagno *et al.*, 2005; Martínez-Ortiz, 2010; Figura 5), y el número de individuos. También se registró la intensidad del viento con base en la escala de Beaufort (Anexos, Tabla I) y la nubosidad (escala de cobertura en octas). La metodología que se empleó en esta investigación es parecida al trabajo realizado por Speed y colaboradores (2011) en el arrecife de Ningaloo al Noroeste de Australia. Donde desde una duna de arena cercana a la costa contaron el número de tiburones cada hora para estudiar las agregaciones de tiburones en las zonas aledañas a la costa (Speed *et al.*, 2011).



**Figura 3.** Área de observación El Almirante.



**Figura 4.** Área de observación Las Tinajitas.



**Figura 5.** A) Foto de un tiburón puntas negras *C. limbatus* tomada desde el punto de observación de Tinajitas. B) Foto de un tiburón limón *N. brevirostris* tomada desde el punto de observación en El Almirante.

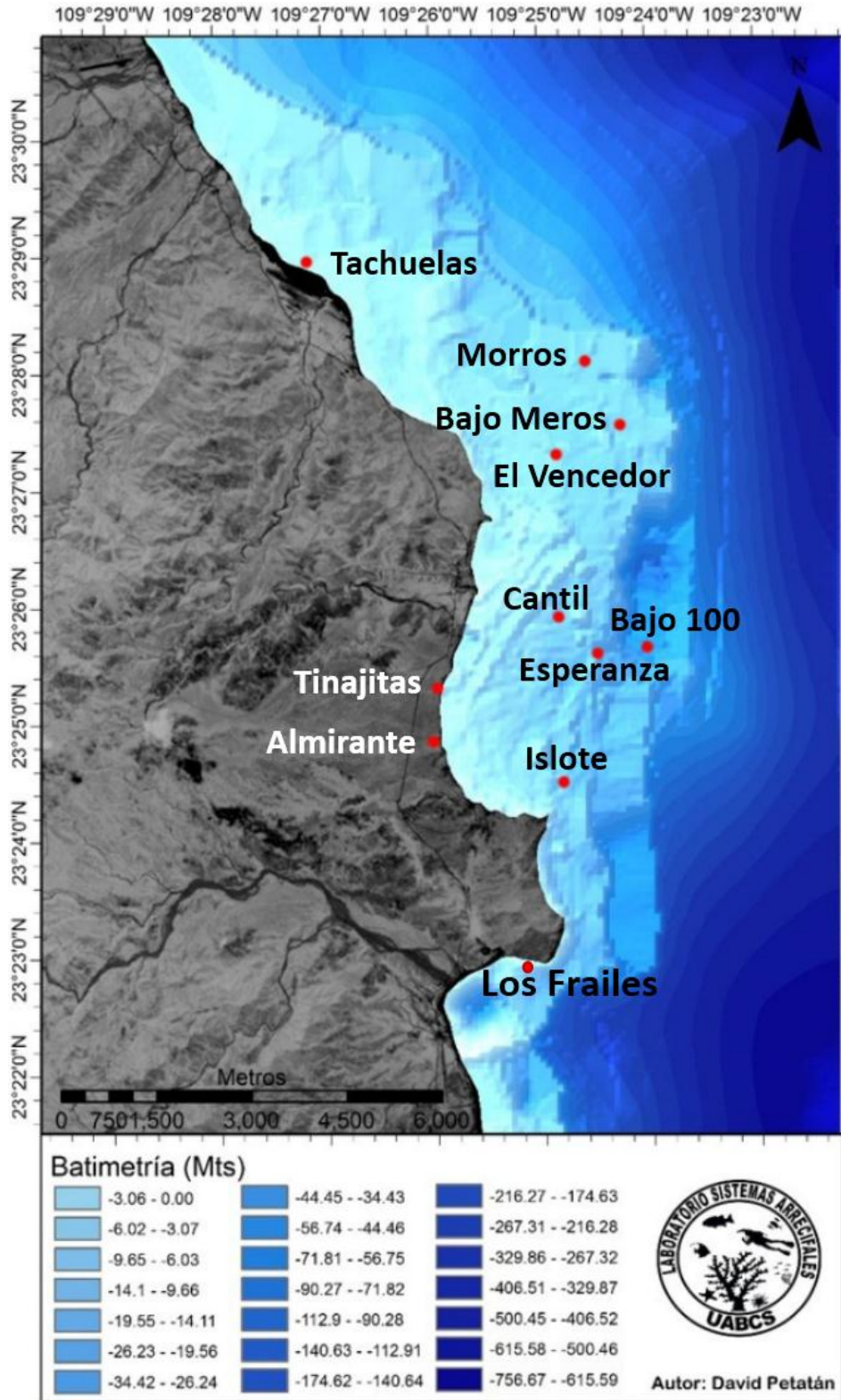


### 6.2.3 Censos submarinos

Se llevaron a cabo los censos submarinos en sitios donde la posibilidad de encontrar tiburones era mayor con base en información anecdótica proporcionada por guías de buceo y capitanes de embarcaciones locales, durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2013-2014. Estos sitios fueron El Vencedor, El Bajo 100, La Esperanza, El Bajo, Los Morros, Las Tachuelas, El Cantil, Los Frailes y El Islote (Figura 6). Se realizaron transectos lineales y censos de barrido, utilizando buceo autónomo en estos nueve sitios. Se empleó la metodología de censos de Hearn *et al.* (2010) y de la red Migramar ([www.migramar.org](http://www.migramar.org)) para censos de tiburones y peces pelágicos en el Pacífico este tropical. Realizando censos errantes durante todo el buceo. Se realizaron inmersiones con una duración entre 30 y 60 minutos. En cada buceo participaron de dos a tres buzos, quienes llevaron consigo una bitácora adaptada al antebrazo. Se registraron la especie, se identificó con base en las guías de identificación de tiburones (Compagno *et al.*, 2005; Martínez-Ortiz, 2010), número de individuos, profundidad de avistamiento, sexo, talla (estimación visual error  $\pm 0.5$  m; Hearn *et al.*, 2010), así como parámetros físicos como la temperatura (se midió con el termómetro en la computadora de buceo Sunto D4I resolución 1°C y exactitud  $\pm 2^\circ\text{C}$ ), visibilidad (rangos: 0-3 m, 3-10 m, 10-20 m, 20+ m) e intensidad de la corriente (Tabla II). Los buzos nadaron cerca del fondo con la corriente, en línea recta y siguiendo el arrecife o dejando al mismo a sus espaldas.

**Tabla II.** Rango de intensidad de la corriente durante los buceos de los censos submarinos 2013-2014.

Nada	No hay corriente
Poca	se puede nadar en contra de sin esfuerzo
Regular	se puede nadar con esfuerzo
Mucha	no se puede nadar en contra de la corriente



**Figura 6.** Mapa batimétrico de Cabo Pulmo con los sitios donde se llevaron a cabo los censos submarinos y desde de tierra (con permiso del Laboratorio de Sistemas Arrecifales, UABCS).

#### 6.4 Análisis de datos

Se determinó la riqueza total (# total de especies en el ACP). Por otro lado, se estimó la abundancia relativa (tiburones promedio/h) para los datos obtenidos durante los censos terrestres. Por consiguiente se realizaron gráficas tipo barplot para la abundancia relativa de CLI por mes y hora para cada uno de los sitios de observación (Las Tinajitas y El Almirante), realizando lo mismo para NBR y CLE. Mientras que, para los censos submarinos se calculó la abundancia relativa con el # tiburones/tiempo total de buceo (Hearn *et al.*, 2010).

Los análisis de datos se realizaron con el software R i386 3.0.3. Para los censos terrestres se analizó si existían diferencias significativas con un análisis Kruskal-Wallis de la abundancia relativa entre especies (CLI, NBR, CLE). Por otra parte, se analizó si existían diferencias significativas en la abundancia relativa por especie para las variables: mes, hora, sitio e intensidad del viento (escala Beaufort). Se procedió a realizar una prueba post-hoc (paquete Dunn.test) para comprobar en donde se encontraron dichas diferencias (en caso de haberse encontrado) las cuales a su vez, se representaron con gráficas boxplot.




Para los censos submarinos se construyó un modelo con el método step-wise, para definir las variables con las que se realizó el análisis GLM en R i386 3.0.3. Posteriormente se procedió a realizar un gráfico (paquete all.effects) para representar la relativa significancia de las variables incluidas en el modelo.

## **7. RESULTADOS**

### 7.1 Registro de especies

Durante el presente estudio se observaron 11 especies de tiburones en ACP (Tabla III). Dentro de las especies registradas en este estudio, hubo 3 nuevos registros (*N. velox*, *C. galapagensis* y *C. obscurus*) para el ACP.

**Tabla III.** Registro de especies dentro del Parque Nacional Cabo Pulmo. \*Nuevo registro.

<b>Especie</b>	<b>Fecha de registro para este estudio</b>	<b>Sitio</b>	<b>Tipo de avistamiento</b>	<b>Referencias</b>	<b>Imagen</b>
<i>C. limbatus</i>	Enero 2013	Las Tinajitas, El Almirante, Los Morros, Tachuelas, Barracas	Censo terrestre/ submarino y pesca	Brusca & Thomson, 1995; Villarreal Cavazos <i>et al.</i> , (2000); este estudio	 <p>Foto: Abel Trejo</p>
<i>C. leucas</i>	2008	Las Tinajitas, El Vencedor, El Cantil, Bajo 100	Pesca, Censo terrestre/ Submarino	Reyes-Bonilla y Alvarez-Filip (2008); Aburto <i>et al.</i> , (2011); este estudio	 <p>Foto: Juan Pedro Rodríguez-A</p>
<i>N. brevirostris</i>	Febrero 2013	Las Tinajitas y El Almirante	Censo terrestre	Brusca & Thomson, 1995; Villarreal Cavazos <i>et al.</i> , (2000); este estudio	 <p>Foto: Andrea Asúnsolo</p>

<i>R. typus</i>	Octubre 2014	Los Morros	Censo submarino	Villarreal Cavazos <i>et al.</i> , (2000); este estudio	
					Foto: Edgar Becerril
<i>G. cuvier</i>	2014	Punta Norte	Censo terrestre	Reyes-Bonilla y Alvarez-Filip (2008); Aburto <i>et al.</i> , (2011); este estudio	
					Foto: Frida Lara
<i>T. obesus</i>	Julio 2013	El Almirante y El Cantil	Censo terrestre/ Submarino	Aburto <i>et al.</i> , (2011); este estudio	
					Foto: Edgar Becerril

---

*N. velox*\*

Abril 2013

Las Tachuelas

Pesca

Este estudio



Foto: Carmen Pasos

*C. galapagensis*\*

Enero 2013

Las Tinajitas

Pesca

Este estudio



Foto: Frida Lara

*C. obscurus*\*

Enero 2013

Las Tinajitas

Pesca



Este estudio



Foto: Frida Lara

---

---

<i>G. cirratum</i>	2010	Esperanza	SCUBA	Este estudio	
<i>C. falciformis</i>			telemetría	Registrada en receptores dentro del ACP	

---

Foto: Tania Pelamatti

Foto: Andrea Asúnsolo

## 7.2 Riqueza, abundancia, distribución y factores ambientales en el margen costero

### 7.2.1 Avistamientos y riqueza de especies

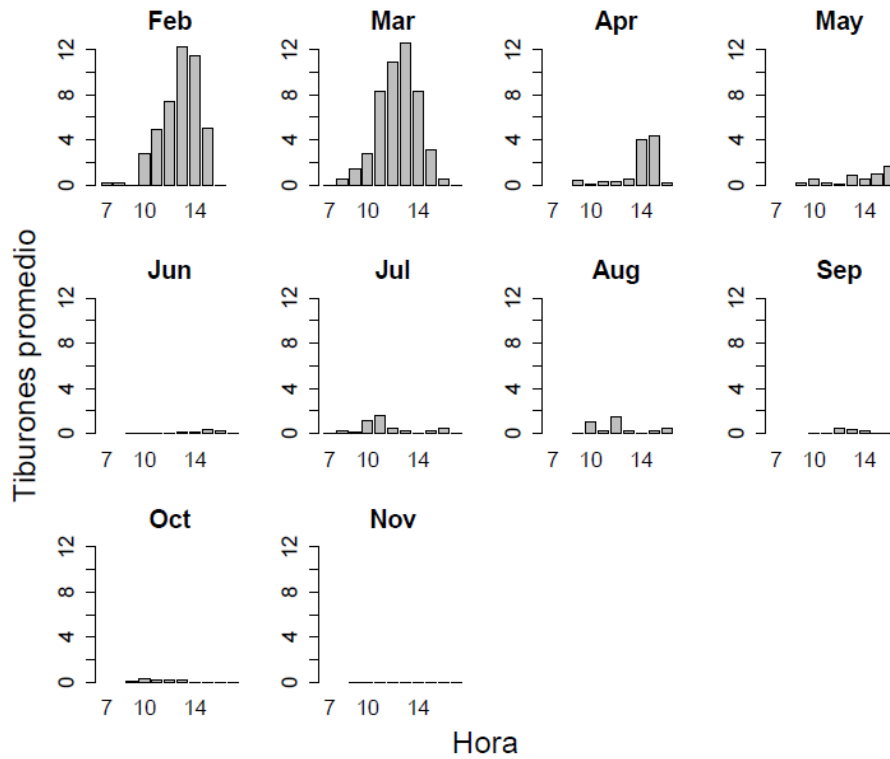
Se observaron cinco especies durante los censos en la zona del margen costero: tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (CLI), tiburón limón *Negaprion brevirostris* (NBR), tiburón toro *Carcharhinus leucas* (CLE), tiburón tigre *Galeocerdo cuvier* (GCU) y tiburón puntas blancas de arrecife *Triaenodon obesus* (TOB). Las últimas dos especies mencionadas únicamente presentan un avistamiento durante el mes de abril y julio del 2013 respectivamente, por lo que únicamente CLI, NBR y CLE fueron las especies que se consideraron representativas durante los censos. Se observaron dos especies dominantes para la zona del margen costero: CLI y NBR (Tabla IV).

**Tabla IV.** Número de avistamientos de las distintas especies de tiburón en los dos sitios de observación en el margen costero para 2013, durante los 38 días y 35 días de censos realizados en Tinajitas y Almirante respectivamente, con un promedio de 255 h de censo para cada sitio.

	El Almirante	Las Tinajitas
<b>CLI</b>	<b>373</b>	<b>2308</b>
<b>NBR</b>	<b>878</b>	<b>367</b>
<b>CLE</b>	-	<b>83</b>
<b>GCU</b>	-	<b>1</b>
<b>TOB</b>	-	<b>1</b>

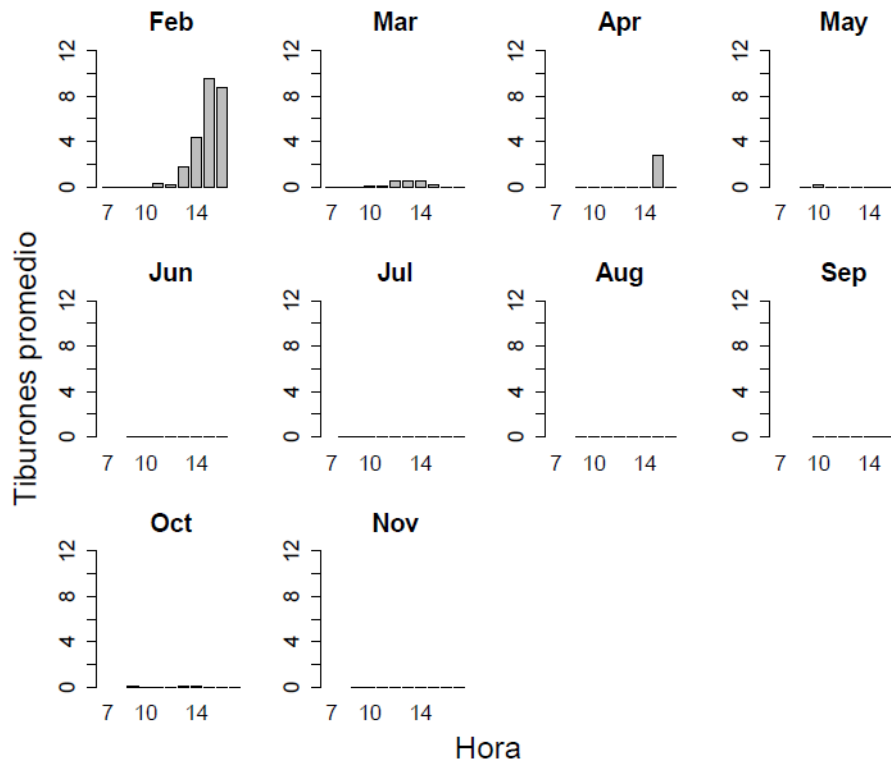
La abundancia relativa de CLI observada en el área de Tinajitas para el año 2013 mostró el predominio de individuos de esta especie en febrero y marzo, observando una mayor abundancia relativa de hasta 12 tiburones/h entre las 11:00 y 14:00 h, cifra que para abril y mayo mostró una disminución considerable, con hasta 4 tiburones/h y 2 tiburones/h, respectivamente, observando sus mayores abundancias entre las 14:00 y 16:00 h (Figura 7). Para junio, septiembre y octubre la abundancia relativa decreció a sus valores mínimos, mientras que en julio y agosto hubo un leve incremento en la abundancia relativa con hasta 2 tiburones/h entre las 10:00 y las 11:00 h, finalmente la abundancia relativa en el mes de noviembre fue nula (ver Figura 7).





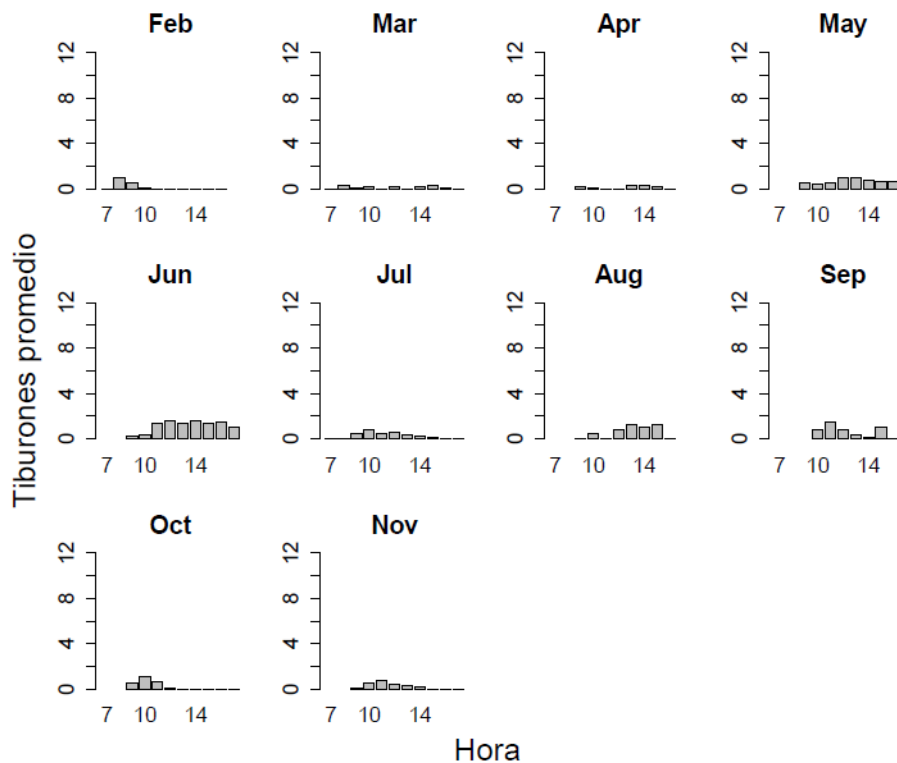
**Figura 7.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI durante los meses de muestreo en el sitio de observación Tinajitas en 2013.

La abundancia relativa de CLI, en Almirante en el año 2013 fue predominante en febrero entre las 13:00 y 16:00 h con un pico máximo de 10 tiburones/h a las 15:00 h, para marzo los valores disminuyeron a un tiburón/h entre las 11 y 14 h, mientras que, en abril la abundancia relativa se incrementó a 3 tiburones/h a las 15:00 h (Figura 8). En mayo y octubre se observó una abundancia relativa mínima a las 10:00 h y entre las 7:00 y 14:00 h, respectivamente, Por último en junio, julio, agosto, septiembre y noviembre la abundancia relativa fue cero (ver Figura 8).



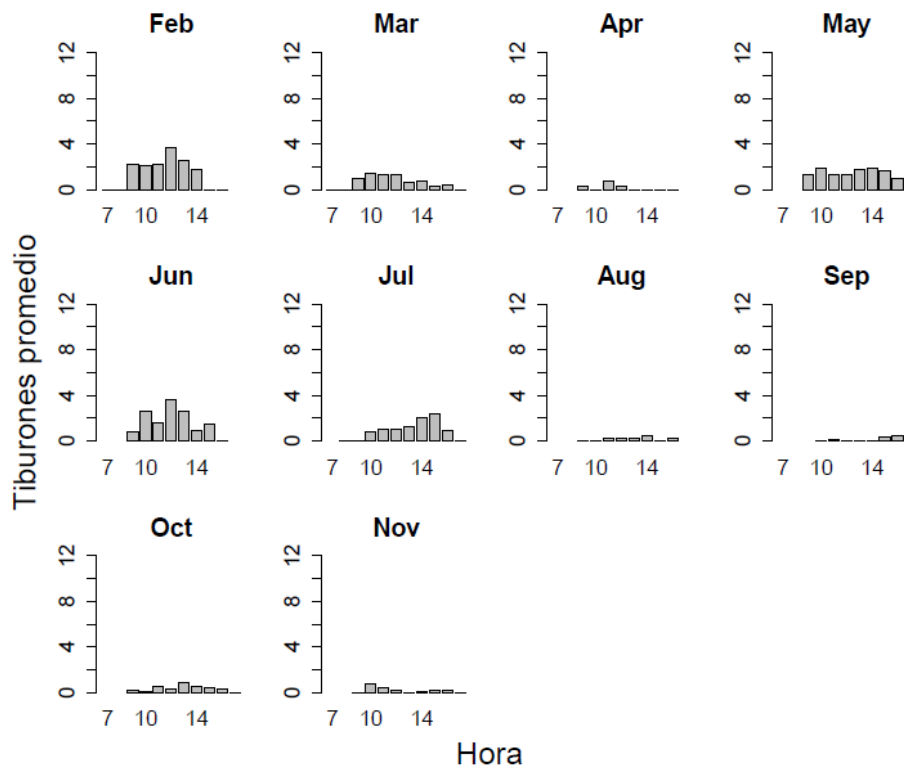
**Figura 8.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI durante los meses de muestreo en el sitio de observación Almirante en 2013.

La abundancia relativa de NBR en Tinajitas en el año 2013 mostró valores mayores a cero a lo largo de todos los meses de observación. Durante febrero, se observó una abundancia relativa de hasta un tiburón/h entre las 8:00 y las 9:00 h, mientras que en marzo y abril hubo avistamientos de las 7:00 a las 15:00 h (Figura 9). En mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre se observó una abundancia relativa de hasta 2 tiburones/h desde las 7:00 a las 18:00 h. La mayor abundancia relativa correspondió al mes de junio de las 11:00 a las 16:00 h con tres picos de abundancia a las 12:00, 14:00 y 16:00 h. En contraparte los valores mínimos correspondieron a marzo y abril entre las 7:00 y las 15:00 h (ver Figura 9).



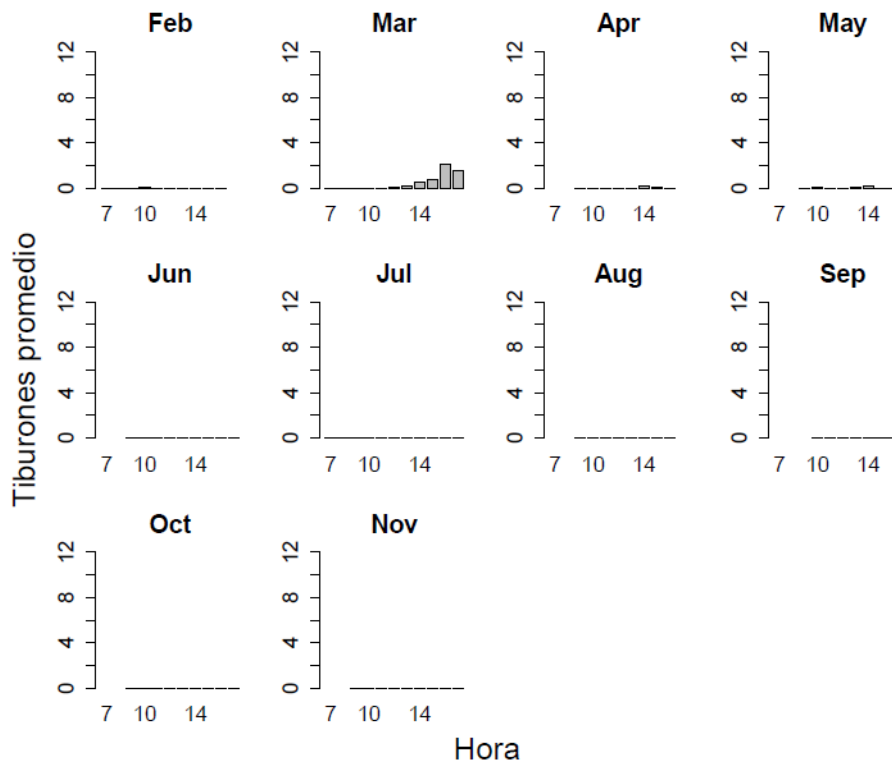
**Figura 9.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR durante los meses de muestreo en el sitio de observación Tinajitas en 2013.

La abundancia relativa de NBR en el sitio de observación Almirante en el año 2013 presentó la mayor abundancia relativa durante febrero y junio con hasta 4 tiburones/h entre las 9:00 y las 14:00 h; se observó el pico de abundancia a las 12:00 h para ambos meses (Figura 10). Para marzo, la abundancia relativa no superó los 2 tiburones/h y se observó una disminución en la abundancia a partir de las 13:00 h. Durante mayo la abundancia relativa fue constante con hasta 2 tiburones/h entre las 9:00 y las 16:00 h. En julio se observó una abundancia relativa de uno hasta 3 tiburones/h entre las 10:00 y las 16:00 h, observando el pico de abundancia a las 14:00 y 15:00 h. Durante agosto y septiembre, se observó la abundancia mínima, mientras que, para abril, octubre y noviembre se observaron abundancias un poco mayores, pero aun así fueron abundancias relativas muy bajas (ver Figura 10).



**Figura 10.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR durante los meses de muestreo en el sitio de observación Almirante en 2013.

La abundancia relativa de CLE en el sitio de observación Tinajitas en el año 2013 se observó de los meses febrero a mayo. Presentando abundancias relativas mínimas en febrero, abril y mayo con < 1 tiburón/h (Figura 11). Mientras que en marzo se observó una abundancia relativa de hasta 2 tiburones/h entre las 13:00 y las 17:00 h, presentando su pico máximo a las 16:00 horas (ver Figura 11).



**Figura 11.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE durante los meses de muestreo en el sitio de observación Tinajitas en 2013.

### 7.3 Abundancia y distribución de tiburones en el margen costero

La prueba de normalidad Shapiro-Wilks mostró que los datos de abundancia para NBR, CLI y CLE en el margen costero no son normales ( $p > 0.001$ ; Tabla V).

**Tabla V.** Prueba de normalidad Shapiro-Wilks para las especies de NBR, CLI, CLE en el margen costero en 2013.

<b>Especie</b>	<b>W</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Valor de P</b>
NBR	0.5628	555	> 0.001
CLI	0.3225	555	> 0.001
CLE	0.1003	555	> 0.001

La prueba de homogeneidad Flinger-Killeen mostró valores de  $p < 0.001$ , por lo que no se encontró homogeneidad de varianzas para las abundancias de NBR, CLI y CLE en el margen costero (Tabla VI).

**Tabla VI.** Prueba de homogeneidad de varianzas Flinger-Killeen para las especies de NBR, CLI, CLE en el margen costero en 2013.

<b>Especie</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Valor de P</b>
NBR	60.8106	9	> 0.001
CLI	145.2341	9	> 0.001
CLE	42.7768	9	> 0.001

Dada la no normalidad y no homoscedasticidad de los datos de abundancia de los tiburones, procedimos a utilizar un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis). La abundancia entre las especies de tiburones (CLI, NBR y CLE) mostró ser significativamente diferente ( $p > 0.001$ ; Tabla VII). Por otro lado, la abundancia de tiburones CLI mostró diferencias significativas por mes, sitio, Beaufort ( $p > 0.001$ ) y hora ( $p = 0.01$ ). La abundancia de NBR presentó una diferencia significativa por mes, sitio ( $p > 0.001$ ), hora ( $p > 0.01$ ) y Beaufort ( $p > 0.05$ ). Mientras que, la abundancia de CLE mostró diferencias significativas por mes, sitio y Beaufort ( $p > 0.001$ ; ver Tabla VII).

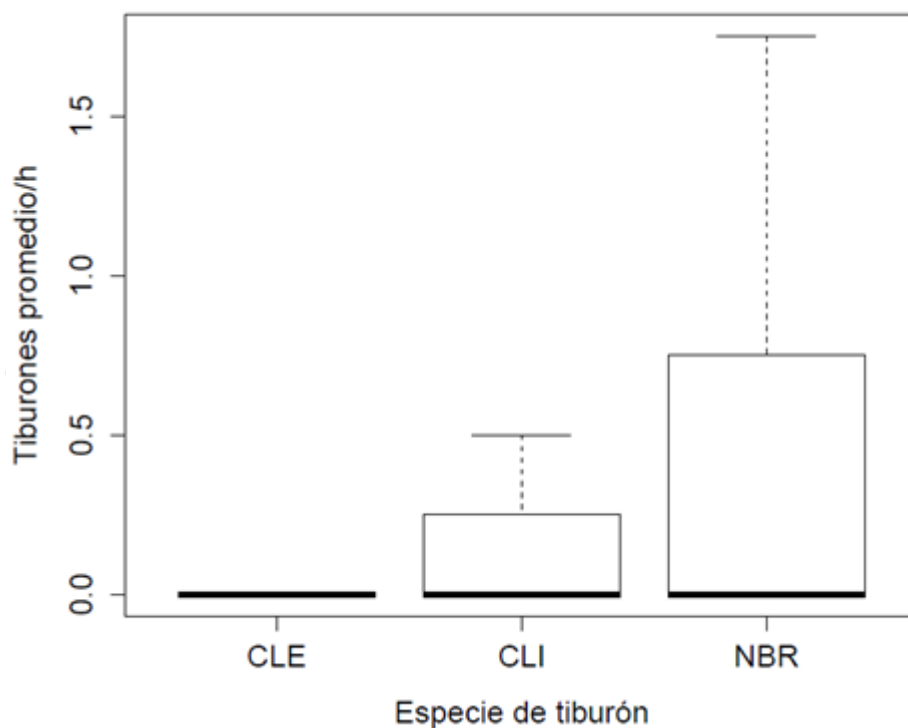
**Tabla VII.** Kruskal-Wallis de la Abundancia relativa (Tiburones promedio/h) entre especies de tiburones (CLI, NBR y CLE) y Kruskal-Wallis de la Abundancia relativa (tiburones promedio/h) por especie (CLI, NBR y CLE) por mes, hora, sitio e intensidad del viento (escala Beaufort) en el margen costero en 2013.

<b>Kruskal-Wallis</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>Df</b>	<b>p</b>
Abundancia de CLI, NBR y CLE	229.7462	2	< 2.2e-16***
Abundancia de CLI por mes	83.6069	9	3.094e-14***
Abundancia de CLI por hora	22.1735	10	0.01424*
Abundancia de CLI por sitio	74.0662	1	< 2.2e-16***
Abundancia de CLI por Beaufort	46.666	5	6.646e-09***
Abundancia de NBR por mes	41.2221	9	4.557e-06***
Abundancia de NBR por hora	23.4454	10	0.009217*
Abundancia de NBR por sitio	15.902	1	6.671e-05***
Abundancia de NBR por Beaufort	12.7684	5	0.02565*
Abundancia de CLE por mes	41.2518	9	4.501e-06***
Abundancia de CLE por hora	13.024	10	0.2223
Abundancia de CLE por sitio	20.7877	1	5.131e-06***
Abundancia de CLE por Beaufort	22.0767	5	0.0005063***

Las abundancias relativas (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones tuvieron diferencias significativas (Tabla VII; Figura 12). NBR fue el tiburón más abundante, seguido por CLI y por último, CLE presentó la menor abundancia relativa de las tres especies observadas en el margen costero en 2013 (ver Tabla VIII; Figura 12).

**Tabla VIII.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR y CLE) observadas en el margen costero en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa.

	<b>CLE</b>	<b>CLI</b>
<b>CLI</b>	10.6797	
<b>NBR</b>	14.6547	3.9749



**Figura 12.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero en 2013.

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI en el margen costero en 2013 resultó ser significativamente mayor durante los meses de febrero y marzo, seguido por abril (Figura 13). Mientras que, septiembre, octubre y noviembre mostraron una abundancia relativa significativamente menor (Tabla IX; ver Figura 13).

**Tabla IX.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI entre los meses de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	febrero	marzo	abril	Mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre
<b>febrero</b>									
<b>marzo</b>	0.4996								
<b>abril</b>	-1.3689	-2.1616							
<b>mayo</b>	-1.7885	-2.7379	-0.1501						
<b>junio</b>	-2.8237	-3.2263	0.6107	-1.4393					
<b>julio</b>	-3.4130	-1.1050	2.1703	0.4461	-2.9393				
<b>agosto</b>	-0.9630	-0.2506	0.7607	-1.1292	-2.2500	-0.2281			
<b>septiembre</b>	-4.7916	1.7415	-3.6797	-1.6548	0.3129	-6.1405	-3.1988		
<b>octubre</b>	-5.3615	-1.2383	-4.1185	-5.5948	-1.7105	-6.8400	-0.8023	-2.8838	
<b>noviembre</b>	-2.8113	-1.5497	-2.1136	-6.4403	-2.1428	-3.7444	-2.6401	-1.1843	-1.2884



La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR en el margen costero en 2013 fue significativamente mayor durante mayo, junio y julio, seguido por febrero y marzo. Siendo septiembre, octubre y noviembre los meses con una abundancia significativamente menor (Tabla X; Figura 13).

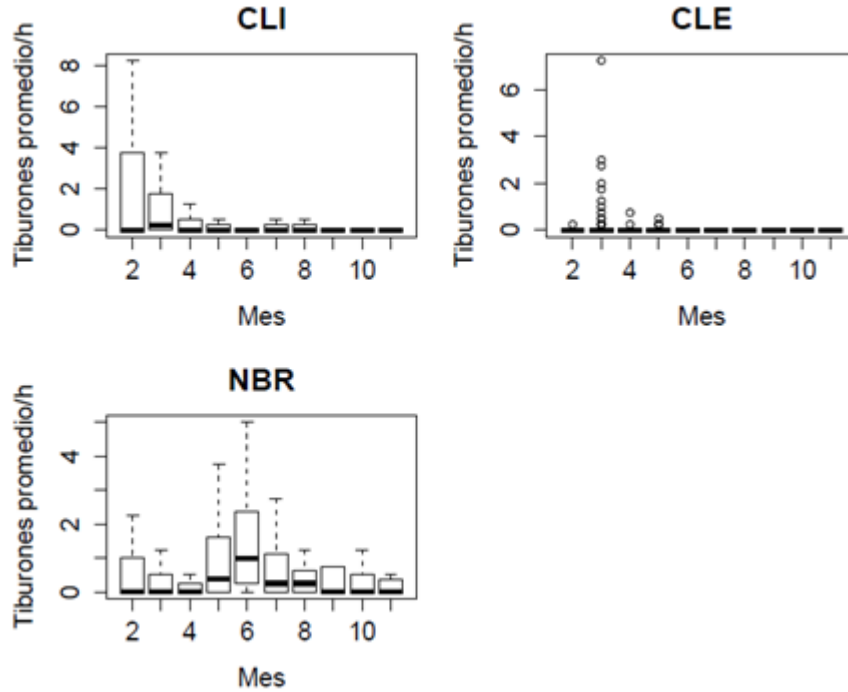
**Tabla X.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR entre los meses de observación en 2013. Los números en rojo presentan diferencias significativas.

	febrero	marzo	abril	Mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre
<b>febrero</b>									
<b>marzo</b>	0.0132								
<b>abril</b>	-1.1798	2.1749							
<b>mayo</b>	-1.2337	2.3006	2.0275						
<b>junio</b>	3.2091	2.3819	-0.7463	-1.7825					
<b>julio</b>	3.3673	2.9198	-2.3080	-3.4470	1.2548				
<b>agosto</b>	3.6494	-0.4699	-0.3571	-1.2669	-3.0408	-0.4783			
<b>septiembre</b>	5.1428	-2.4102	0.5672	-0.7256	-4.9732	0.1517	-2.6478		
<b>octubre</b>	5.3369	1.3528	0.5755	0.1192	-2.1728	0.1480	-4.4764	-1.1652	
<b>noviembre</b>	5.2813	1.3756	1.4048	0.1141	-1.2694	1.1846	-1.9330	-0.4073	0.0480

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE en el margen costero en 2013 fue significativamente mayor en marzo, únicamente observando presencia de tiburón toro durante febrero, marzo, abril y mayo (Tabla XI; Figura 13).

**Tabla XI.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE entre los meses de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre
<b>febrero</b>									
<b>marzo</b>	4.6941								
<b>abril</b>	1.0966	-1.5877							
<b>mayo</b>	-2.3236	-0.2798	-0.9533						
<b>junio</b>	1.6316	-3.8589	-1.2421	-1.4102					
<b>julio</b>	-2.4152	-1.1696	0.0000	0.0000	-1.3496				
<b>agosto</b>	0.2710	-1.5877	0.0000	0.0000	-1.9143	0.0000			
<b>septiembre</b>	-0.2798	0.0000	-0.2446	0.0000	0.0000	-0.3020	-1.6952		
<b>octubre</b>	-3.8589	-0.2126	-3.3410	-0.3499	0.0000	-4.1939	0.0000	0.0000	
<b>noviembre</b>	-1.1696	-2.8834	-1.0618	-4.9397	0.0000	-1.2315	0.0000	0.0000	0.0000



**Figura 13.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero por mes en 2013. Febrero=2, marzo=3, abril=4, mayo=5, junio=6, julio=7, agosto=8, septiembre=9, octubre=10, noviembre=11.

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI en el margen costero en 2013 fue significativamente mayor a medio día, a partir de las 11:00 hasta las 15:00 h, es decir, que hubo una abundancia relativa significativamente menor durante la mañana y la tarde (Tabla XII; Figura 14).

**Tabla XII.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI entre las distintas horas de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
07:00										
08:00	0.9447									
09:00	0.1277	1.3049								
10:00	-1.2320	0.2137	1.4947							
11:00	1.1337	2.5107	1.4348	-1.4554						
12:00	0.0004	0.3991	1.2849	1.2266	-1.5110					
13:00	2.1224	0.0505	0.1915	0.1274	-0.1119	-1.4149				
14:00	1.2856	1.8978	2.4477	2.2693	0.6113	-1.4520	-0.4615			
15:00	0.1877	0.9673	0.3541	0.2289	-0.6257	-2.7196	-1.6382	-2.3426		
16:00	2.4789	3.7782	0.0091	-0.1052	0.9586	-1.4005	-0.8401	-2.3647	-2.3342	
17:00	0.3520	1.8089	-0.0404	-0.1521	-1.0783	-1.2551	-2.1409	-3.1183	-2.2451	-1.4464

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR en el margen costero en 2013 fue alta de las 9:00 a las 15:00 h, observando un pico de abundancia a las 11:00 y 12:00 h (Tabla XIII; Figura 14).

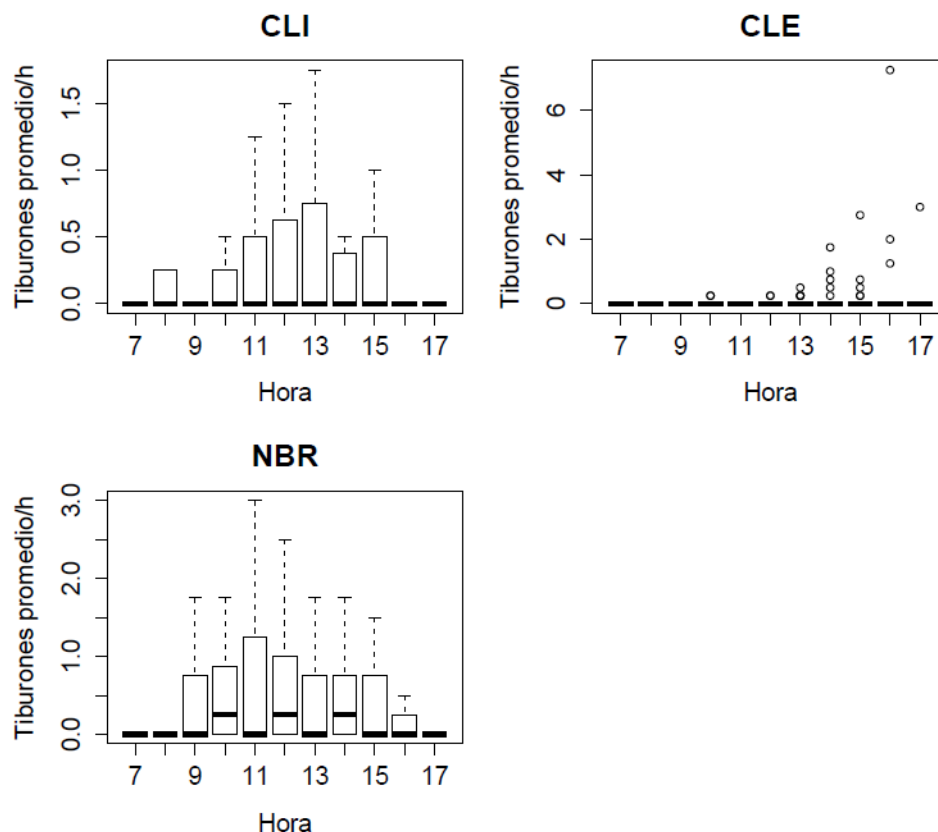
**Tabla XIII.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR entre las distintas horas de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
<b>07:00</b>										
<b>08:00</b>	0.6884									
<b>09:00</b>	1.9242	2.3766								
<b>10:00</b>	1.3976	1.9679	-0.0600							
<b>11:00</b>	2.5218	0.8697	-0.0584	-0.0981						
<b>12:00</b>	2.1516	-0.3634	2.3059	2.1988	-0.3032					
<b>13:00</b>	1.1801	-0.0013	1.8777	1.7418	-0.2063	-2.0099				
<b>14:00</b>	2.3798	2.3525	0.7224	0.5129	1.4085	-1.9986	0.3475			
<b>15:00</b>	1.9721	1.9373	-0.5116	-0.6977	0.7511	-1.9470	-0.3972	-2.4945		
<b>16:00</b>	0.8753	0.8182	-0.1579	-0.3618	-1.0222	-1.8390	-1.9000	-2.4894	-2.3972	
<b>17:00</b>	-0.3645	-0.4208	-0.1557	-0.3584	-2.2936	-1.5944	-2.6705	-2.4588	-2.2552	-1.2535

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE en el margen costero en 2013 fue significativamente mayor a partir de las 14:00 a 17:00 h. Ningún tiburón toro fue observado antes de las 10:00 h (Tabla XIV; Figura 14).

**Tabla XIV.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE entre las distintas horas de observación en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
<b>07:00</b>										
<b>08:00</b>	0.0000									
<b>09:00</b>	0.0000	0.3295								
<b>10:00</b>	0.0000	0.4189	1.5822							
<b>11:00</b>	0.3447	0.7046	0.7744	0.9738						
<b>12:00</b>	0.4373	-0.0385	1.0550	1.0058	0.8392					
<b>13:00</b>	0.7291	0.8027	1.3390	1.2710	-0.0948	2.2811				
<b>14:00</b>	0.0000	0.6495	2.2366	2.0804	1.0368	1.5649	0.8890			
<b>15:00</b>	0.0000	0.8256	1.6701	1.5116	1.2998	0.8808	1.0357	1.3623		
<b>16:00</b>	0.0000	1.3887	2.5401	2.3417	2.0551	0.0084	1.3100	0.9410	0.0156	
<b>17:00</b>	-0.8273	0.7224	1.7375	1.5727	1.5094	0.0938	0.9160	0.5343	0.0678	0.0103



**Figura 14.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero por hora del día en 2013.

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI en el margen costero en 2013 fue significativamente mayor en Tinajitas en comparación con Almirante (Tabla XV; Figura 15).

**Tabla XV.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI entre los dos sitios de observación (Las Tinajitas y El Almirante) en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa.

	<b>Almirante</b>
<b>Tinajitas</b>	<b>8.5996</b>

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR en el margen costero en 2013 fue significativamente mayor en Almirante en comparación con Tinajitas (Tabla XVI; Figura 15).

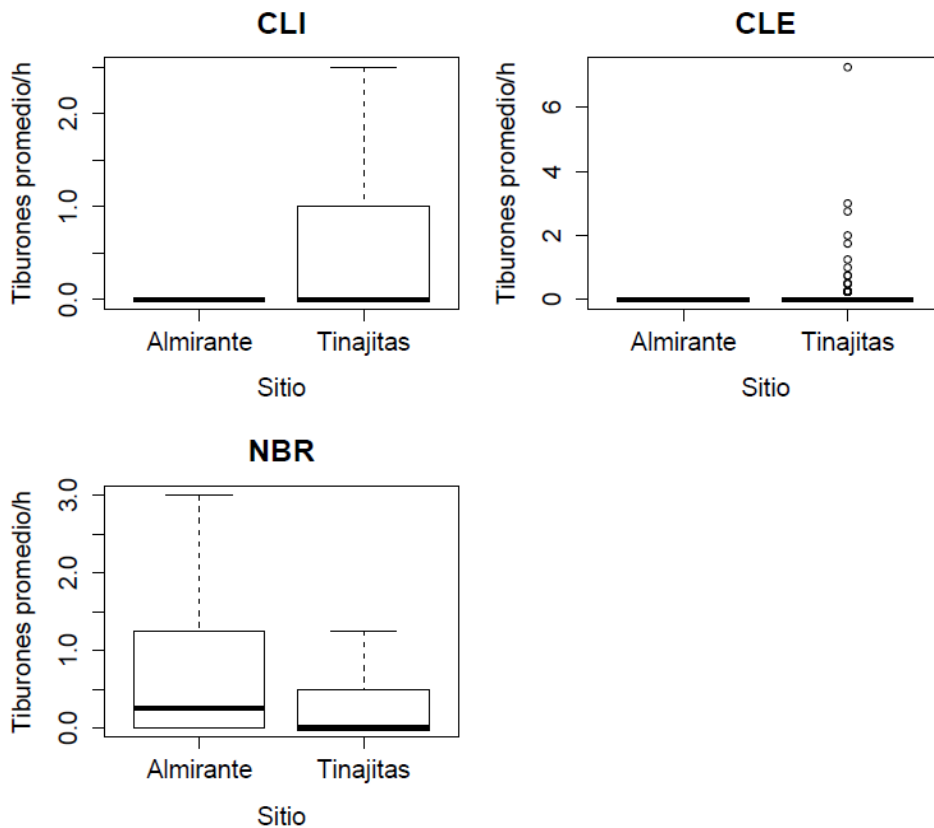
**Tabla XVI.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR entre los dos sitios de observación (Las Tinajitas y El Almirante) en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa.

	<b>Almirante</b>
<b>Tinajitas</b>	<b>-4.2874</b>

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE en el margen costero en 2013 fue significativamente mayor en Tinajitas, siendo el único sitio de las dos áreas de observación en el margen costero donde esta especie fue vista (Tabla XVII; Figura 15).

**Tabla XVII.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE entre los dos sitios de observación (Las Tinajitas y El Almirante) en 2013. Los números en rojo representan diferencia significativa.

	<b>Almirante</b>
<b>Tinajitas</b>	<b>4.3914</b>



**Figura 15.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero por sitio de observación en 2013.

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI en el margen costero en 2013 mostró diferencias significativas entre la escala Beaufort 1 y 2, observando una abundancia mayor bajo condiciones de la escala 1. También se encontró que con Beaufort 0 se observó una mayor abundancia relativa que con Beaufort 3, mientras que con Beaufort 4 se observó una mayor abundancia que con Beaufort 0 (Tabla XVIII; Figura 16).

**Tabla XVIII.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLI según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	0	1	2	3	4
<b>0</b>					
<b>1</b>	1.3986				
<b>2</b>	0.2736	5.9039			
<b>3</b>	-3.9349	1.0061	-1.1693		
<b>4</b>	1.9458	-0.3614	1.1071	1.2329	
<b>5</b>	1.4531	1.4078	0.1816	-0.3097	0.3588

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR en el margen costero en 2013 mostró diferencias significativas entre la escala Beaufort 0 y 3, observando una abundancia mayor bajo condiciones 3. También se observó una diferencia significativa en condiciones Beaufort 5, donde se observó que bajo dicha condición se observó una mayor abundancia relativa que con un Beaufort 0, mientras que se observó una menor abundancia relativa en comparación con un Beaufort 1 (Tabla XIX; Figura 16).

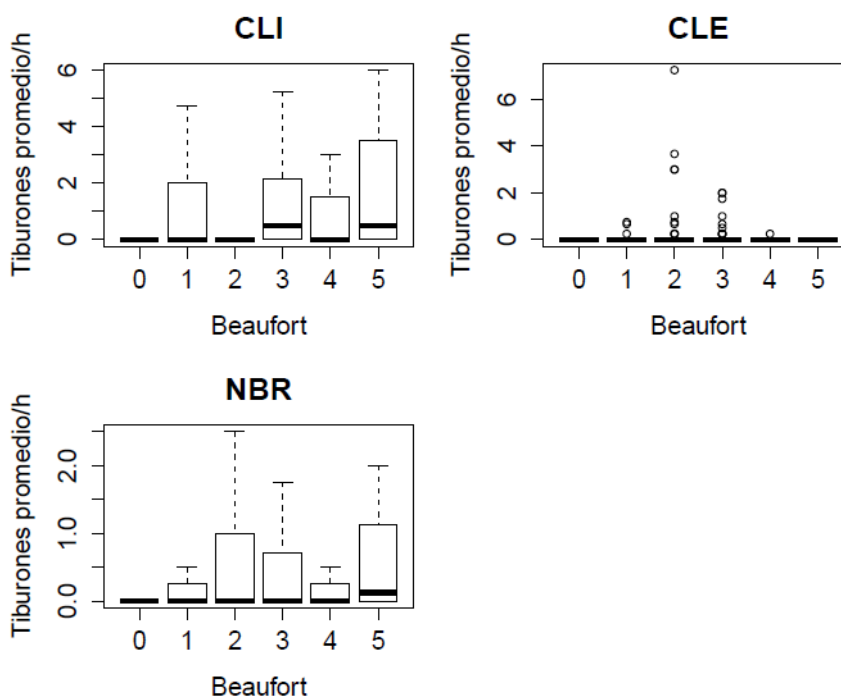
**Tabla XIX.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de NBR según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	0	1	2	3	4
<b>0</b>					
<b>1</b>	0.2301				
<b>2</b>	1.1683	-0.6625			
<b>3</b>	3.1341	0.1237	-1.1883		
<b>4</b>	0.9454	-0.1304	0.7468	-0.0493	
<b>5</b>	1.9042	-1.5699	0.7651	0.1217	0.7537

La abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE en el margen costero en 2013 mostró diferencias significativas bajo condiciones Beaufort 0 con respecto a Beaufort 4 y 5. En Beaufort 0 se observó una menor abundancia. Por otro lado, con Beaufort 2 se observó una mayor abundancia relativa que con Beaufort 1 (Tabla XX; Figura 16).

**Tabla XX.** Prueba Dunn para la abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013. Los números en rojo representan diferencias significativas.

	0	1	2	3	4
0					
1	0.4852				
2	0.2733	4.6088			
3	-0.7649	0.7487	-1.0608		
4	1.5768	0.5516	0.0000	-0.2447	
5	2.9054	0.9406	-0.4371	-1.4203	-0.6902



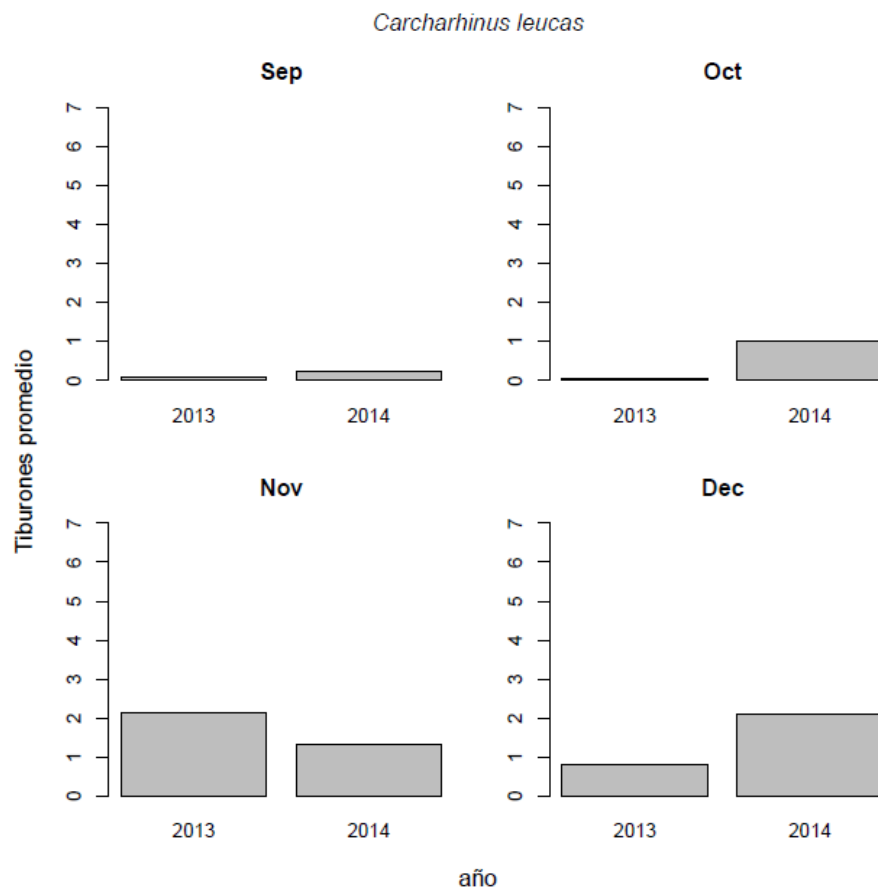
**Figura 16.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de las especies de tiburones (CLI, NBR, CLE) observadas en el margen costero según la intensidad del viento (Escala Beaufort) en 2013.

## 7.4 Abundancia y distribución de tiburones en las áreas arrecifales

### 7.4.1 Avistamientos y riqueza de especies

Durante los censos submarinos se observaron únicamente dos especies de tiburón: CLE y CLI. Éste último únicamente se observó una vez, por lo que se considera que los censos en las áreas arrecifales son mono-específicos.

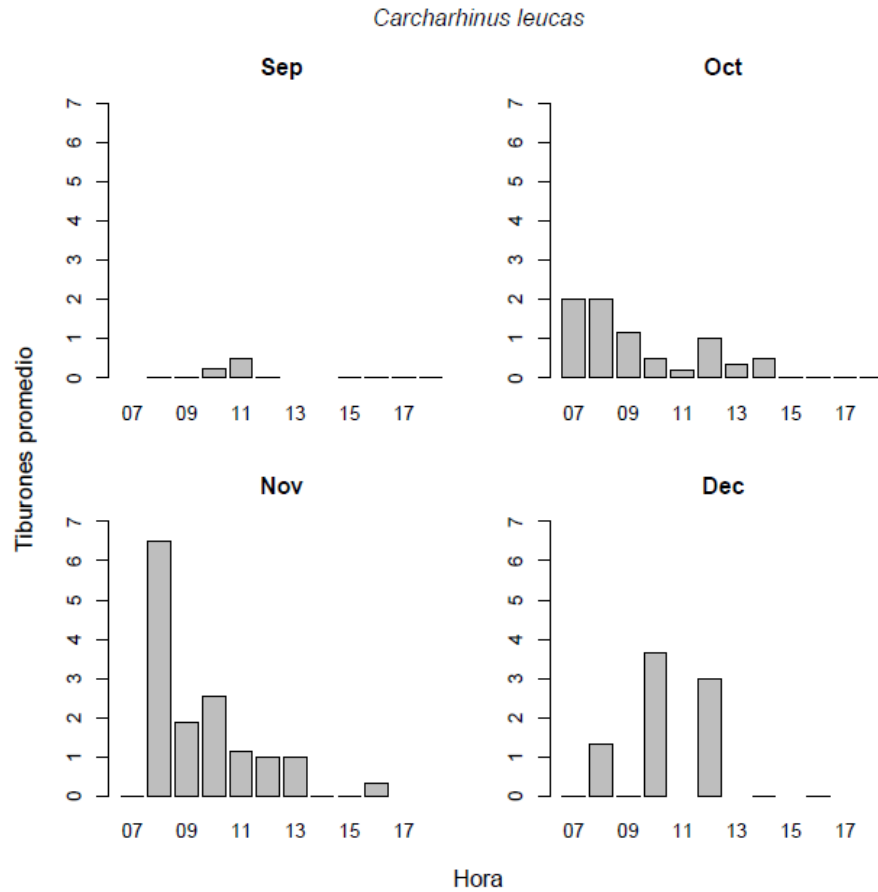
Durante el mes de septiembre se observó la menor abundancia relativa de tiburones para ambos años, mientras que, durante octubre y diciembre se observó una mayor abundancia relativa de CLE en 2014. Por lo contrario, durante noviembre hubo una mayor abundancia relativa de CLE en 2013. La mayor abundancia relativa fue observada durante los meses de noviembre y diciembre (Figura 17).



**Figura 17.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal por año durante septiembre-diciembre 2013-2014.

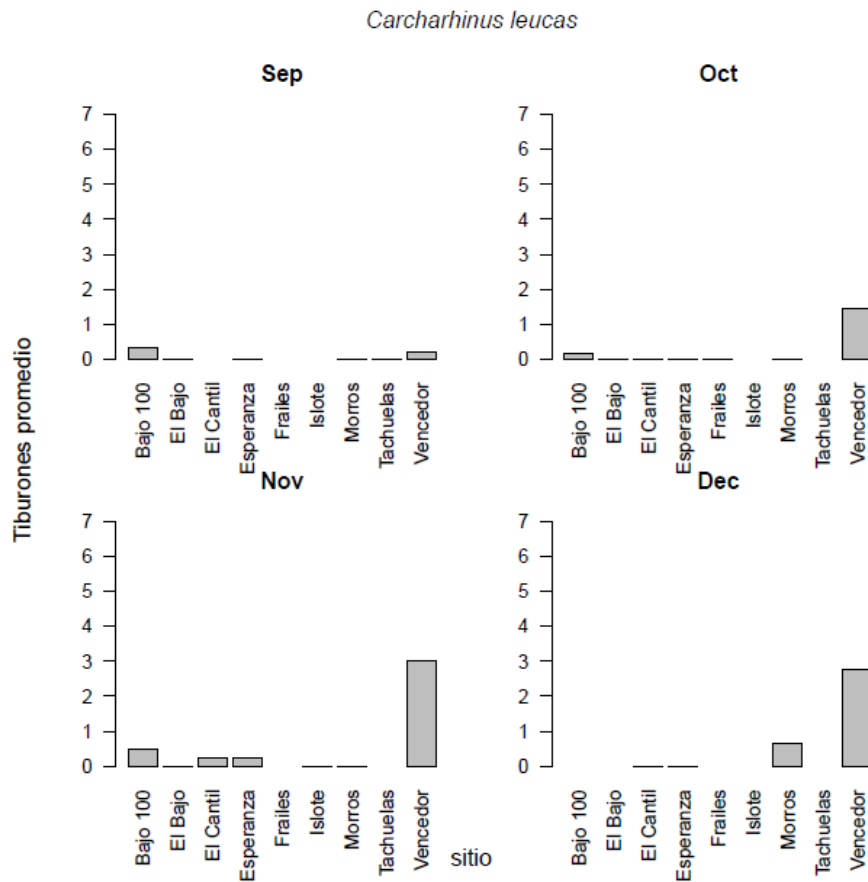


La mayor abundancia relativa de CLE en ACP se observó durante la mañana en todos los meses. Durante septiembre únicamente se observaron tiburones entre las 10:00 y las 11:00 h. Mientras que, durante octubre se observaron tiburones de las 7:00 a las 14:00 h, registrando la mayor abundancia relativa entre las 7:00 y las 8:00 h. Por otra parte, durante noviembre la hora con mayor abundancia relativa fue a las 8:00 h y por último, durante diciembre se observaron CLE a las 8:00, 10:00 y 12:00 h (Figura 18).



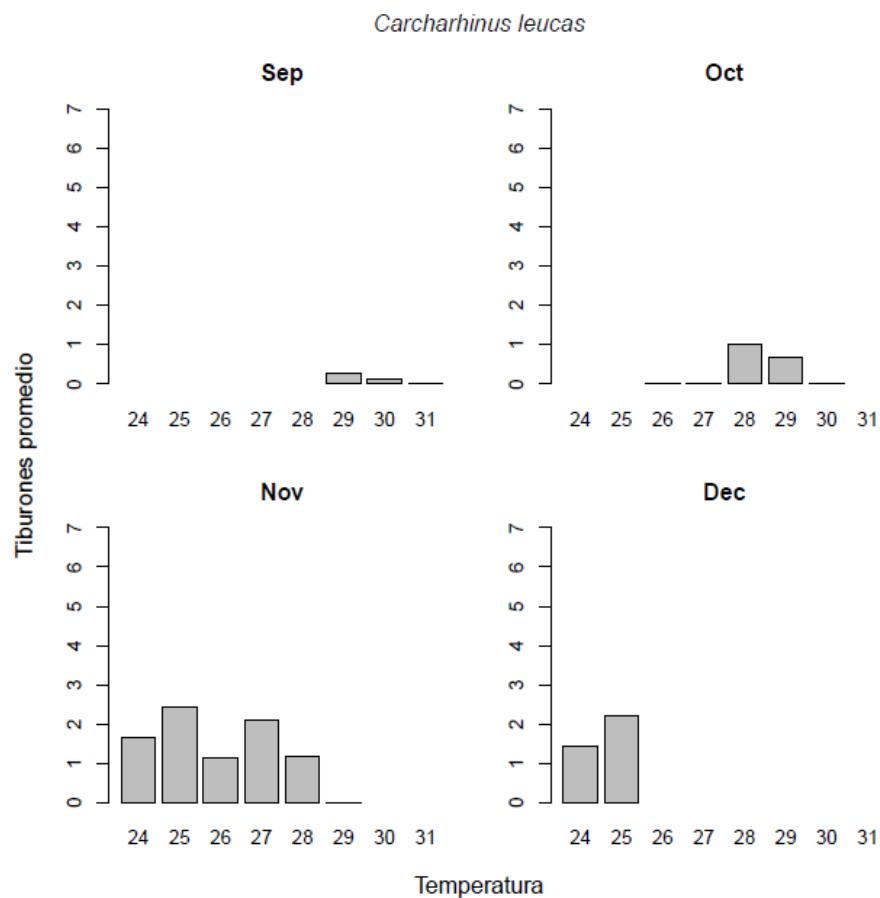
**Figura 18.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal por hora del día durante septiembre-diciembre 2013-2014.

Únicamente se observaron tiburones en cinco de los nueve sitios en los que se realizaron los censos. Se observó una abundancia relativa de CLE en Bajo 100 y El Vencedor durante todos los meses de observación, siendo este último en el que se registró la mayor abundancia relativa con hasta 3 tiburones/h. Por otro lado, durante noviembre también se observaron tiburones en El Cantil y La Esperanza, mientras que, durante diciembre se observaron tiburones en Los Morros (Figura 19).



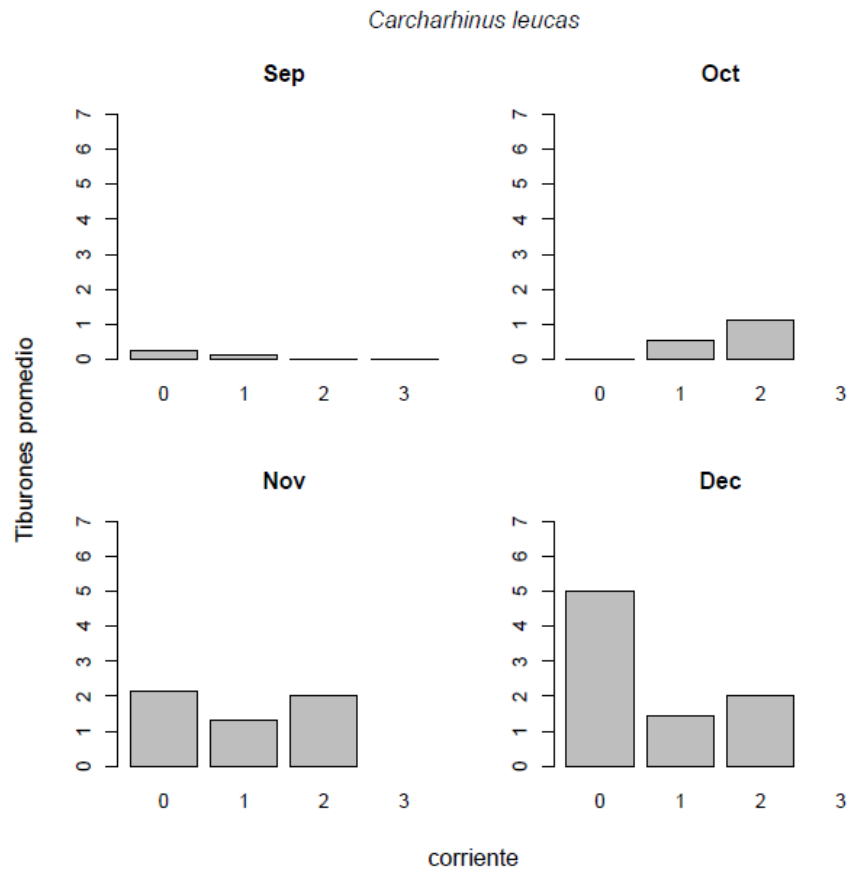
**Figura 19.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal por sitio durante septiembre-diciembre 2013-2014.

La abundancia relativa de CLE en la zona arrecifal fue mayor en temperaturas por debajo de los 28°C. Durante noviembre se observó la mayor abundancia relativa a los 25°C y a los 27°C, mientras que, durante diciembre la temperatura disminuyó por debajo de los 25°C, pero la abundancia relativa permaneció constante (Figura 20).



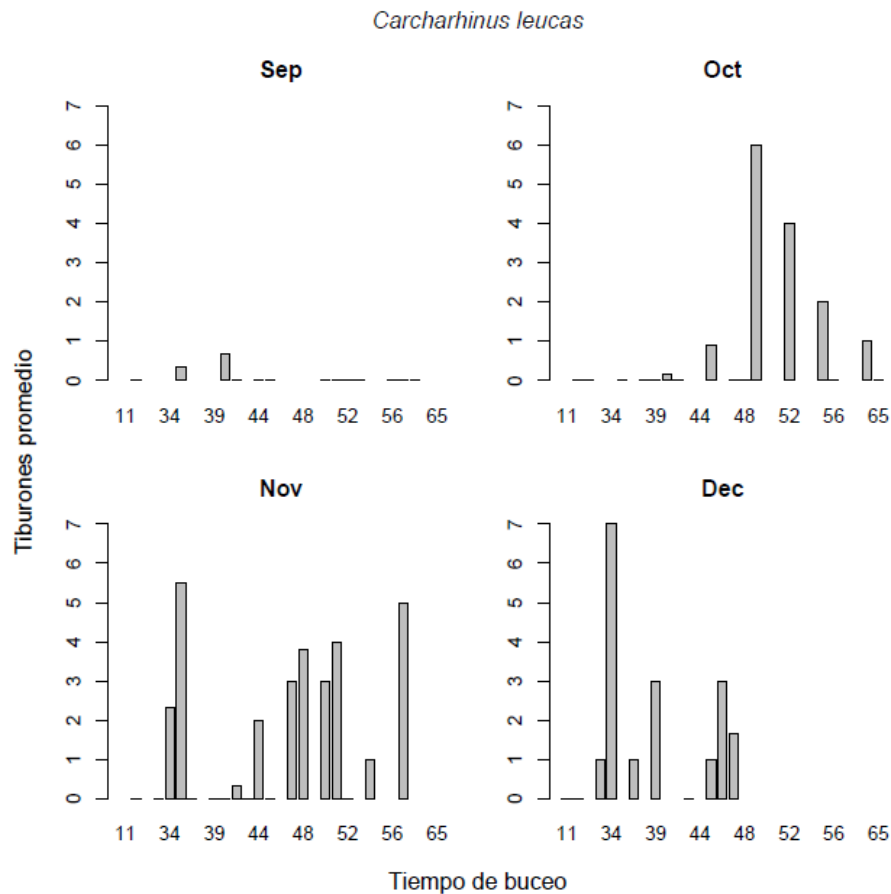
**Figura 20.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal según la temperatura del agua (°C) durante septiembre-diciembre 2013-2014.

La abundancia relativa de CLE en la zona arrecifal según la corriente presentó sus máximos valores durante diciembre con condiciones de cero corriente, mientras que, durante noviembre la abundancia relativa fue mayor en condiciones sin corriente al igual que en condiciones de corriente regular. Por otra parte, la abundancia relativa de CLE durante octubre fue mayor en condiciones de corriente regular (Figura 21).



**Figura 21.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal según la intensidad de la corriente durante septiembre-diciembre 2013-2014.

La abundancia relativa de CLE en la zona arrecifal según el tiempo de buceo fue mayor entre los 40 y los 50 minutos de buceo, con excepción de noviembre donde se observó una mayor abundancia relativa a los 35 minutos de buceo (Figura 22).



**Figura 22.** Abundancia relativa (tiburones promedio/h) de CLE observada en el área arrecifal según el tiempo de buceo (min) durante septiembre-diciembre 2013-2014.

7.4.2 Efecto de variables ambientales, temporales y espaciales sobre la abundancia de CLE en las áreas arrecifales

Se construyeron cuatro modelos lineares generalizados para explicar el efecto de las variables ambientales, temporales y espaciales sobre la abundancia relativa (Tiburones/buceo) de CLE en las áreas arrecifales con base en el método “step-wise” (Tablas XXI- XXIV).

**Tabla XXI.** Inicio del método step-wise con AIC = 248.13. Modelo 0= Abundancia ~ sitio + hora + temperatura + año + mes + corriente + tiempo-buceo.

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Devianza</b>	<b>AIC</b>
<b>Corriente</b>	1	103.58	246.24
<b>Temperatura</b>	1	103.69	246.34
<b>Año</b>	1	104.61	247.27
<b>Tiempo de buceo</b>	1	104.74	247.40
<b>Mes</b>	3	125.15	263.81
<b>Hora</b>	8	158.59	287.24
<b>Sitio</b>	4	190.59	327.25

**Tabla XXII.** Paso (step) 1 del método step-wise con AIC = 246.24. Modelo 1 = Abundancia ~ sitio + hora + temperatura + año + mes + tiempo-buceo.

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Devianza</b>	<b>AIC</b>
<b>Temperatura</b>	1	103.93	244.59
<b>Año</b>	1	104.74	245.40
<b>Tiempo de buceo</b>	1	105.23	245.88
<b>Mes</b>	3	128.34	265.00
<b>Hora</b>	8	158.61	285.27
<b>Sitio</b>	4	190.63	325.29

**Tabla XXIII.** Paso (step) 2 del método step-wise con AIC = 244.59. Modelo 2 = Abundancia ~ sitio + hora + año + mes + tiempo-buceo.

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Devianza</b>	<b>AIC</b>
<b>Año</b>	1	105.42	244.08
<b>Tiempo de buceo</b>	1	106.62	245.28
<b>Mes</b>	3	142.20	276.85
<b>Hora</b>	8	160.76	285.41
<b>Sitio</b>	4	192.52	325.18

**Tabla XXIV.** Paso (step) 3 del método step-wise con AIC = 244.08. Modelo 3 = Abundancia ~ sitio + hora + mes + tiempo-buceo.

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Devianza</b>	<b>AIC</b>
<b>Tiempo de buceo</b>	1	109.80	246.45
<b>Mes</b>	3	146.07	278.73
<b>Hora</b>	8	160.88	283.54
<b>Sitio</b>	4	192.72	323.37

Con base en el valor del criterio de información Akaike (AIC), se seleccionó el modelo 3, que mejor explica el efecto de las variables espaciales, temporales y ambientales sobre la abundancia relativa (Tiburones/buceo) de CLE en las áreas arrecifales (Tabla XXV).

**Modelo 3 =** Abundancia ~ sitio + hora + mes + tiempo-Buceo.

**Tabla XXV.** Modelos generados con el método step-wise para explicar el efecto de las variables espacio-temporales y ambientales de la abundancia relativa de CLE en las áreas arrecifales en 2013-2014.

<b>Modelo</b>	<b>Variabes</b>	<b>AIC</b>
0	Abundancia ~ sitio + hora + temperatura + año + mes + corriente + tiempo-buceo.	248.13
1	Abundancia ~ sitio + hora + temperatura + año + mes + tiempo-buceo.	246.24
2	Abundancia ~ sitio + hora + año + mes + tiempo-buceo.	244.59
3	Abundancia ~ sitio + hora + mes + tiempo-buceo.	244.08

El Vencedor fue el sitio que mostró significativamente una mayor abundancia relativa (Tiburones/buceo;  $p < 0.001$ ) comparado al resto de los sitios de buceo, seguido por El Bajo 100 (Tabla XXVI, Figura 23). Por otro lado, la hora del día con mayor número de CLE fue las 08:00 horas ( $p < 0.01$ ). La abundancia se mantuvo relativamente constante de las 09:00 a las 12:00 h, mostrando un declive durante la tarde (ver Figura 23). El mes del año también tuvo un efecto significativo siendo octubre, noviembre y diciembre los meses con mayor abundancia relativa ( $p < 0.001$ ). Mientras que, el tiempo de buceo fue significativo ( $p < 0.05$ ), presentando una relación directamente proporcional entre el tiempo de buceo y el número de CLE (Tabla XXVI). Es decir, a mayor tiempo de buceo se observaron un mayor número de CLE, el área

sombreada muestra el error. El valor mínimo del error se observa entre los 40 y 50 min de buceo (ver Figura 23).

**Tabla XXVI.** Modelo 3 de la abundancia de CLE en las áreas arrecifales en 2013-2014.

<b>Variables</b>	<b>Estimate</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Valor de Z</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Intercepto</b>	<b>-5.11423</b>	<b>1.07635</b>	<b>-4.751</b>	<b>2.02e-06 ***</b>
El Cantil	-1.17979	1.13371	-1.041	0.29804
La Esperanza	-1.33744	0.87817	-1.523	0.12776
Los Morros	-0.88772	0.87955	-1.009	0.31283
<b>El Vencedor</b>	<b>1.73561</b>	<b>0.52858</b>	<b>3.284</b>	<b>0.00103 **</b>
<b>08:00</b>	<b>1.44865</b>	<b>0.55143</b>	<b>2.627</b>	<b>0.00861 **</b>
09:00	0.59375	0.55649	1.067	0.28600
10:00	0.57145	0.54627	1.046	0.29552
11:00	0.91586	0.59604	1.537	0.12439
12:00	1.00583	0.56928	1.767	0.07725 .
13:00	-0.63167	0.69419	-0.910	0.36286
14:00	-2.03603	1.12626	-1.808	0.07064 .
16:00	-1.60744	1.12450	-1.429	0.15287
<b>Mes 10 (octubre)</b>	<b>2.02486</b>	<b>0.61969</b>	<b>3.268</b>	<b>0.00108 **</b>
<b>Mes 11 (noviembre)</b>	<b>2.67084</b>	<b>0.60787</b>	<b>4.394</b>	<b>1.11e-05 ***</b>
<b>Mes 12 (diciembre)</b>	<b>2.60544</b>	<b>0.64113</b>	<b>4.064</b>	<b>4.83e-05 ***</b>
<b>Tiempo de buceo</b>	<b>0.03059</b>	<b>0.01488</b>	<b>2.055</b>	<b>0.03985 *</b>

Código de significancia: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Parámetro de dispersión para la familia Poisson asumido como 1)

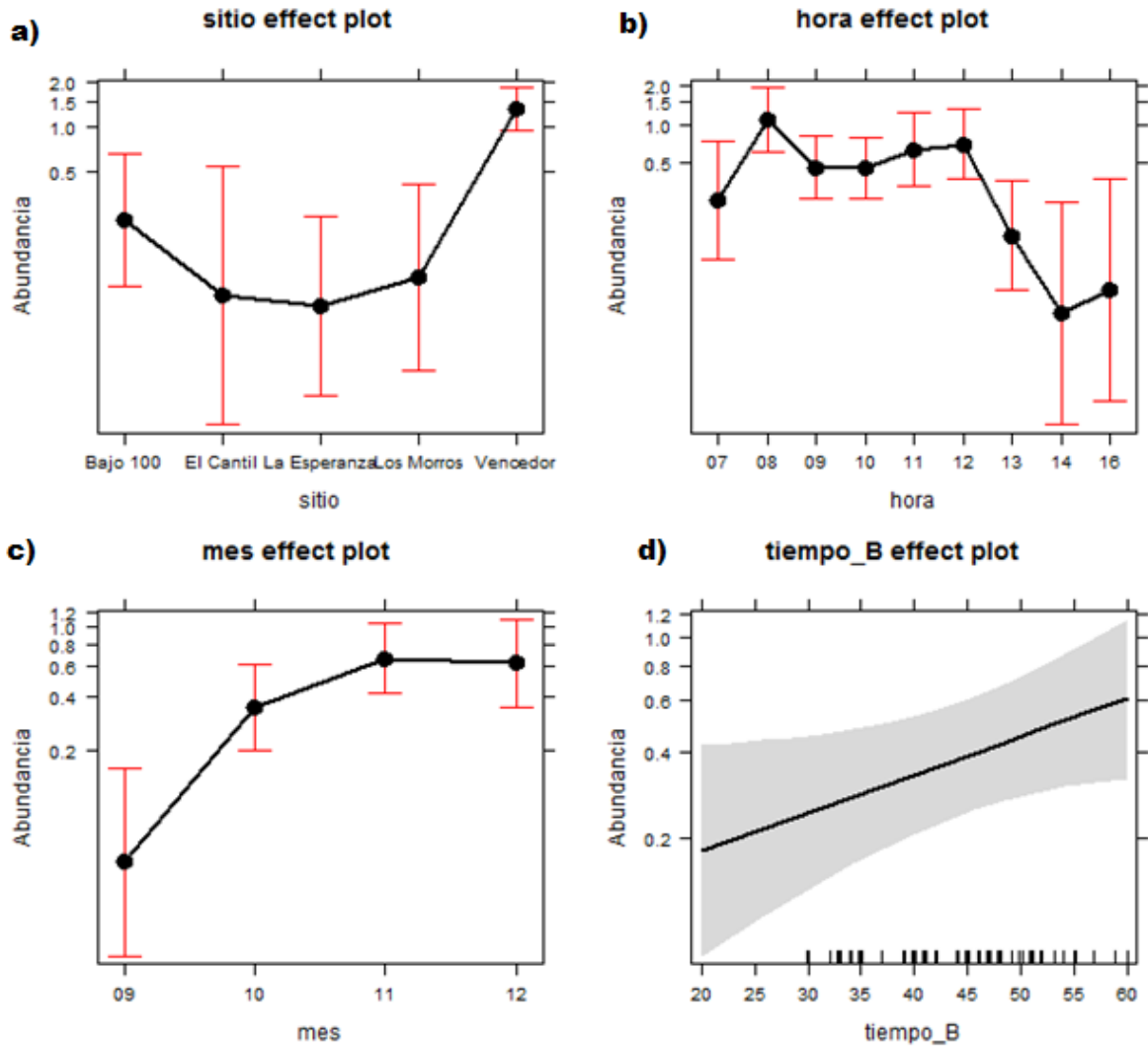
**Devianza nula:** 299.51 sobre 99 grados de libertad

**Devianza residual:** 105.42 on 83 grados de libertad

**AIC:** 244.08

**Devianza explicada = 0.64**





**Figura 23.** Efecto de las variables espaciales y temporales sobre la abundancia relativa de CLE en las áreas arrecifales (Sitio, hora, mes y tiempo-Buceo) en 2013-2014. c) mes 09 = septiembre, mes 10 = octubre, mes 11 = noviembre, mes 12 = diciembre. d) el área sombreada representa el error estándar.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 Riqueza y composición de especies de tiburones en el ACP

Este es el primer estudio sistemático enfocado en la distribución y abundancia de los tiburones en el ACP. Se registraron 12 especies de tiburones de las cuales tres fueron dominantes en cuanto a abundancia: CLI, CLE y NBR. La recuperación de los tiburones en Cabo Pulmo después de 10 años de protección (El-Saleh 2016) es el resultado de grandes esfuerzos de conservación y manejo como la protección del ACP como Parque Nacional y zona de No Pesca. Lo que resultó en el incremento de la biomasa de depredadores tope (Aburto-Oropeza, 2011). Por otro lado, la implementación de la veda de pesca de tiburón en todo el Pacífico Mexicano desde 2012 (DOF, 2012) ha mostrado un aparente incremento de tiburones en muchas partes del Golfo de California (J Ketchum, datos no publicados), particularmente durante los meses de mayo a julio (sensu Hernández & Kempton, 2003). Todo esto ha permitido el retorno de grandes agregaciones de tiburones y la presencia de distintas especies de estos depredadores en Cabo Pulmo desde 2009 a la fecha (El-Saleh, 2016).

Las comunidades de tiburones en hábitats costeros suelen ser multiespecíficas (Knip et al., 2010). La diversidad de especies de tiburones potencialmente beneficia a la resiliencia y sustentabilidad de sus poblaciones a largo plazo (Yates et al., 2015a). De la misma manera, se ha observado que la estructura comunitaria de tiburones está compuesta por algunas especies dominantes, las cuales constituyen el mayor porcentaje en un área específica, otras especies moderadamente abundantes (Holzwarth et al., 2006), y las que tienen una presencia esporádica (Yates et al., 2015a; Klimley, 2015). A esta última categoría se le puede atribuir la presencia de los tiburones Galápagos, oscuro y tigre en el ACP. Estas son especies comúnmente distribuidas en isla oceánicas (Dale et al., 2011; Klimley, 2015), pero que presentan grandes migraciones, visitando ocasionalmente el margen costero para alimentarse, donde aprovechan la alta densidad de alimento, y posteriormente migran hacia aguas más profundas (Heithaus et. al., 2002). Prueba de ello fue el registro de un tiburón tigre observado en un evento de depredación a un lobo marino de california (*Zalophus Californianus*) en abril del 2013. Por otro lado, un individuo de la misma especie fue

marcado con telemetría acústica en el Archipiélago de Revillagigedo y registrado en el ACP (Ketchum et al., datos no publicados).

La composición de especies de tiburones en hábitats costeros ha sido estudiada en diversas áreas del mundo, particularmente en zonas tropicales y subtropicales, donde diversas especies de las familias Sphyrnidae y Carcharhinidae son muy comunes (Compagno, 1984; Last & Stevens, 2009; Yates et al., 2015a). Por ejemplo, en la costa oriental de Australia las especies dominantes son *Rhizoprionodon taylori*, *Carcharhinus Tilstoni* y *Carcharhinus limbatus* (Yates et al., 2015a), mientras que en la costa occidental son *Carcharhinus caudatus*, *Negaprion acutidens*, *Carcharhinus brevipinna* y *C. limbatus* (White & Potter, 2004). Por otro lado, Dale y colaboradores (2011) encontraron que las especies dominantes en French Frigate Shoals, Hawaii son *G. cuvier*, *C. galapagensis* y *C. amblyrhynchos*. En el presente estudio las especies dominantes del ACP fueron *C. limbatus*, *C. leucas* y *Negaprion brevirostris*, las cuales son reportadas en distintas regiones y océanos (White & potter, 2004; Knip et al., 2010; Dale et al., 2011), lo que indica que la riqueza dentro de ACP incluye especies con una distribución circumglobal en aguas tropicales a templadas (Froese & Pauly, 2016). La riqueza de especies en el ACP, aunque resultó ser alta, podría incrementar si se utiliza un rango más amplio de métodos de captura. En algunos estudios se ha visto un aumento en el número de especies en un área específica, al utilizar un mayor número de métodos de captura (Yates et al., 2015b). El-Saleh (2016) menciona el avistamiento de otras especies de tiburones en el ACP por buzos y pescadores de la zona. Por ejemplo, el tiburón azul (*Prionace glauca*), el tiburón martillo gigante (*Sphyrna mokarran*) y el tiburón angelito (*Squatina californica*), lo que apoya la idea de que con una mayor esfuerzo de muestreo por pesca la composición de tiburones en ACP podría presentar una mayor riqueza de especies.

## 8.2 Distribución y abundancia de tiburones en el margen costero

Debido a la fluctuación y alta dinámica de los hábitats costeros, la presencia de tiburones y su uso del hábitat varía en una escala espacio-temporal (Knip et al., 2010; Speed et al., 2010; Heupel & Simpfendorfer, 2014). El estudio ecológico de estos patrones de distribución y abundancia en la ocurrencia de los tiburones es de vital

importancia para comprender el nivel de vulnerabilidad y la afectación que las actividades antropogénicas tienen sobre las poblaciones de los tiburones costeros (Chin *et al.*, 2010; Yates *et al.*, 2015b).

Las especies de tiburones más frecuentes en el margen costero fueron CLI y NBR. Esta última, resultó ser la especie más abundante, teniendo registros durante todos los meses de observación (febrero-noviembre), aunque mayo, junio y julio fueron los meses de mayor abundancia registrados para esta especie. Lo anterior, coincide con los estudios realizados por Kessel *et al.*, (2013) en la Isla Bimini, Bahamas y por Legare *et al.*, (2015) en las Islas Virgenes, E.U.A., quienes también encontraron mayores abundancias de NBR durante los meses cálidos (verano). NBR tuvo un segundo pico de abundancia en el ACP durante febrero y marzo, el cual podría deberse a razones de reproducción, ya que durante estos meses fueron observadas agregaciones de individuos de gran talla (obs. pers.). Lo anterior, concuerda con lo mencionado en diversos estudios en donde tiburones adultos entran a zonas someras a dar a luz para que pasen sus primeros años de vida y eventualmente abandonan la zona hacia aguas más profundas (Reyier *et al.*, 2008; Knip *et al.*, 2010), lo que por definición se conoce como un área de crianza primaria (Bass, 1978). Sin embargo, es necesario corroborar con un estudio más detallado para poder concluir lo mencionado. NBR tuvo una abundancia constante en el margen costero y una clara preferencia por El Almirante (hacia el sur de la bahía de Cabo Pulmo), lo cual indica preferencia por este tipo de hábitat costero. Otros estudios han encontrado que NBR presenta fidelidad al sitio a lo largo del año (Holzwarth *et al.*, 2006; Dale *et al.*, 2011; Legare, *et al.*, 2015).

Por otra parte, CLI tuvo una presencia de manera fluctuante en el margen costero, siendo altamente abundante durante los meses de febrero, marzo y abril, y disminuyendo su abundancia significativamente para el resto de los meses. Sin embargo, a pesar del decremento de su abundancia a partir de mayo CLI estuvo presente en el margen costero a lo largo de los meses de observación con excepción de noviembre. La baja abundancia de CLI después de abril puede deberse al incremento en la temperatura durante meses más cálidos (mayo-noviembre), lo que sugiere una preferencia por aguas templadas (19-22°C; Castro, 1996; Knip *et al.*, 2010) y una posible emigración a otras zonas. Además de la temperatura existen otros factores ambientales que han resultado tener un efecto significativo en la temporalidad de los tiburones en una zona costera (Knip *et al.*, 2010; Speed *et al.*, 2010; Legare *et*

*al.*, 2015). La salinidad, el O<sub>2</sub> disuelto, la marea y la luz han sido mencionados como posibles causantes de la presencia-ausencia de tiburones en un área determinado (Ackerman *et al.*, 2000; Sims, 2003; White & Potter, 2004; Froeschke *et al.*, 2010; Speed *et al.*, 2010). Por lo que recabar dicha información en la zona podría proporcionar información útil para entender la temporalidad de los tiburones en el margen costero de ACP. Además de los factores ambientales las necesidades biológicas como el forrajeo, reproducción (cortejo, cópula y alumbramiento) y la protección son factores que se ha observado tienen un efecto en la temporalidad de las especies en determinadas zonas (Heupel & Simpfendorfer, 2005; Dudgeon *et al.*, 2008; Speed *et al.*, 2011; Whitney *et al.*, 2012; Heupel & Simpfendorfer, 2014).

Se observaron grandes agregaciones de CLI (hasta 50 individuos) durante febrero y marzo, y como se mencionó previamente podría deberse a actividades de forrajeo, protección y reproductivas (Economakis & Lobel, 1998; Heupel & Simpfendorfer, 2014). Por ejemplo, McKibben y Nelson (1986) observaron a los tiburones grises de arrecife agruparse durante el día, concluyendo que podría ser por cuestiones de protección. Aunque CLI son considerados depredadores tope, los juveniles aun corren riesgo de ser depredados por tiburones de mayor tamaño, como CLE, el cual resultó altamente abundante dentro de ACP. En la zona también fueron capturadas hembras de CLI con marcas recientes de cópula (obs. pers.), lo que sugiere que estas agregaciones podrían estar facilitando actividades reproductivas como el cortejo y la cópula (McKibben y Nelson, 1986; Speed *et al.*, 2011).

NBR también mostró comportamientos de agregación. Esta especie es considerada como una especie social y poco territorial (Guttridge *et al.*, 2009). En este estudio agregaciones de hasta 13 individuos fueron reportados, desplazándose por el área como un solo grupo. Lo que coincide con otros estudios en donde agrupaciones de hasta 12 individuos han sido observados (Gruber *et al.*, 1988; Kessel *et al.*, 2013). Dentro de estos grupos se observaron formaciones de seguimientos “following formations” las cuales fueron observadas por primera vez en Bimini Bahamas (Gruber *et al.*, 1988; Guttridge *et al.*, 2009). Guttridge *et al.* (2013) inclusive concluyó que NBR es capaz de tener aprendizaje social el cual se lleva a cabo por imitación.

CLI mostró preferencia por un sitio específico en el margen costero (Tinajitas) presentando máxima abundancia de febrero a abril. La presencia de tiburones en un sitio específico puede ocurrir por una alta densidad de presas (Torres *et al.*, 2006;

Heupel *et al.*, 2007; Knip *et al.*, 2010; Yates *et al.*, 2015c), lo que explicaría las grandes agregaciones y los frenesís alimenticios de CLI en Tinajitas.

Se observó una clara dominancia por parte de CLI sobre NBR, lo que explica que cada una de las especies tenga fidelidad a sitios distintos (Speed *et al.*, 2011). Legare y colaboradores (2015) encontraron que estas dos especies mostraron preferencia por distintas profundidades en las Islas Vírgenes, CLI se distribuyó en aguas más profundas, mientras que NBR se distribuyó principalmente en aguas someras, tal y como se observó en este estudio. En ocasiones la competencia inter-específica provoca una mayor dispersión y movimiento de los tiburones en el área (Sims, 2003; Speed *et al.*, 2011; Espinoza *et al.*, 2015; Legare *et al.*, 2015), como es el caso de NBR que evita la competencia con CLI. Esta relación inter-específica entre CLI y NBR también explica la mayor abundancia de NBR durante horas más tempranas del día con respecto a las mayores abundancias de CLI durante los censos, lo que sugiere un desplazamiento de NBR por parte de CLI (Dale *et al.*, 2011; Espinoza *et al.*, 2015; Legare *et al.*, 2015).

Las horas del día con las mayores abundancias para CLI y NBR en el margen costero fueron las horas cercanas al medio día, con una clara disminución hacia las horas de la tarde, lo que podría sugerir un posible desplazamiento de los tiburones hacia aguas más profundas (Mckibben y Nelson, 1986). De manera similar, Economakis y Lobel (1998), con ayuda de la telemetría acústica, comprobaron que en el caso del tiburón gris de arrecife no hay actividad ni agregaciones cerca de la costa durante la noche. El desplazamiento de los tiburones hacia aguas profundas podría deberse a comportamientos de forrajeo (Klimley, 2015).

En general, los censos costeros sólo se realizan durante las horas del día por obvias razones. Sin embargo, para conocer la actividad de CLI y NBR en el margen costero durante la noche sería necesario utilizar la telemetría acústica. Existen muchos estudios que han utilizado la telemetría acústica para conocer el comportamiento y movimientos diarios de los tiburones en zonas costeras (Nelson, 1990; Morrissey y Gruber, 1993; Economakis y Lobel, 1998; Heupel *et al.*, 2004; Espinoza *et al.*, 2015).

CLE fue otra especie de tiburón observada en la zona del margen costero. A diferencia de las otras especies mencionadas, CLE únicamente apareció durante algunos meses de observación, principalmente durante marzo. La presencia de CLE

en esta zona somera esta potencialmente asociada a la reproducción, en particular al alumbramiento (Castro, 1993). Diversas especies de tiburones utilizan estos ambientes someros como área de crianza primaria (Legare et al., 2015; Munroe *et al.*, 2016). Por otro lado, se ha registrado que diversas poblaciones de CLE utilizan estuarios y desembocaduras de ríos como área de crianza (Drymon et al., 2014). Debido a la falta de afluencia de ríos en la zona, es posible que la población de CLE encontrada en este estudio utilice zonas someras como área de crianza en busca de un área segura y con alimento para sus crías (Heupel *et al.*, 2007)

Igualmente, CLI puede estar utilizando estas zonas como área de crianza primaria. Una hembra capturada en el margen costero por pescadores furtivos estaba a punto de dar a luz con 8 embriones vivos, los cuales fueron liberados (A. Trejo, comunicación personal, 2013). De igual forma, CLI utiliza aguas someras al noreste de Florida E.U.A. como área de crianza primaria (McCallister *et al.*, 2013).

### 8.3 Distribución y abundancia de los tiburones en áreas arrecifales

Se ha comprobado que distintos factores ambientales como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y turbidez del agua tienen efecto sobre la ocurrencia, distribución y uso de hábitat de los tiburones en las zonas costeras (Yates et al., 2015c). Sin embargo, en este estudio los factores ambientales (temperatura y velocidad de la corriente) tuvieron una devianza residual muy baja (no significativa), por lo que no fueron incluidos en el modelo final. Esto quiere decir que no se encontró un efecto importante de los factores ambientales sobre la abundancia de los tiburones a diferencia de otros estudios (e.g. Castro, 1993; Grubbs y Musick 2007; Heupel 2007). Lo anterior podría deberse a que lo que limita la abundancia de CLE son factores biológicos (Heupel y Simpfendorfer, 2014). Tal es el caso del tiburón gris de arrecife en la parte sur de la Gran Barrera de Arrecife en Australia, donde se observó que eran la reproducción y alimentación los factores que delimitaban principalmente la presencia-ausencia de los tiburones (Heupel & Simpfendorfer, 2014). Muchos estudios indican que los factores ambientales si tienen un efecto en la presencia-ausencia de los tiburones en determinadas zonas (e.g. Klimley y Butler, 1988; Ackerman *et al.*, 2000; Grubbs & Musick 2007; Heupel 2007; Knip *et al.*, 2010; Drymon *et al.*, 2014; Ketchum et al. 2014). No obstante, en este estudio no se encontró dicho efecto. Lo cual podría

deberse al corto periodo de observación continua (4 meses) para la realización de los censos. Espinoza *et al.*, 2016 sugiere a este respecto que el tiempo de monitoreo debe ser considerado en el caso de su estudio al comparar presencia-ausencia y fidelidad al sitio de CLE en distintas zonas arrecifales alrededor del mundo. Esto también podría explicar que no hubo ningún cambio significativo en la abundancia de CLE a lo largo de los cuatro meses de observación.

El sitio principal de abundancia máxima fue el Vencedor. Esto podría explicarse debido a la condiciones del sitio, las cuales podrían estar favoreciendo a los tiburones para cumplir con sus necesidades biológicas, tales como la alimentación y posiblemente la reproducción (Munroe *et al.*, 2016). Los otros sitios con mayor abundancia de CLE fueron Bajo 100, Esperanza, Cantil y Morros. En estudios previos se ha observado que los tiburones se trasladan de un sitio a otro dentro de un hábitat (Heupel *et al.*, 2006; Munroe *et al.* 2014). Este movimiento entre sitios podría deberse a diferentes motivos, como el incrementar el acceso a distintas presas (Klimley, 1987), así como el disminuir la competencia intra-específica (Heupel & Simpfendorfer, 2014; Munroe *et al.*, 2014; Munroe *et al.*, 2016).

La hora en la que más tiburones fueron observados durante los censos submarinos fue a las 8:00 h. Según un estudio realizado con telemetría acústica, los tiburones toro y puntas negras visitaron mayor número de veces sitios dentro del parque durante la noche y disminuyendo durante el amanecer (EL-Saleh 2016). Lo anterior refleja los movimientos diarios de pocos tiburones cercanos a diferentes sitios del ACP. Por otro lado, en el presente estudio se observó un pico de abundancia de las 7:00 h a las 8:00 h. Esto podría deberse a que los tiburones presentan curiosidad hacia los buzos acercándose a ellos a temprana hora de la mañana, pero eventualmente abandonando la zona al encontrarse con más buzos en el día por causa del flash, ruido y burbujas (Lobel, 2001; Cubero *et al.*, 2011).

Los censos submarinos se han realizados desde los años 50´S y han resultado efectivos para censar las comunidades de peces (Ward-Paige & Lotze, 2011b). Un tipo de censo submarino es el censo errante, el cuál es el método más efectivo para detectar peces a cualquier nivel de la columna de agua (Ward-Paige *et al.*, 2010; Ward-Paige *et al.*, 2011a). También este método es el mejor para censar a los tiburones, ya que permite censar áreas mayores e incrementa la posibilidad de ver a los tiburones en áreas con baja densidad de escaulos (Ward-Paige & Lotze, 2011a). En el presente



estudio, el tiempo de buceo resultó ser un factor significativo para determinar la abundancia de CLE en las zonas arrecifales, siendo 40-50 minutos el tiempo más efectivo. Lo que indica que un alto esfuerzo es necesario para observar especies como los elasmobranquios (Ward-Paige & Lotze, 2011a). Lo que podría deberse a que los buzos causan una alteración al llegar al sitio y toma dicho tiempo para que los tiburones regresen al lugar ya sea para continuar con su comportamiento previo o por que se sientan atraídos por los buzos como se mencionó previamente. El error en la estimación de la abundancia incrementa después de 50 minutos, lo que podría deberse a una tendencia a recontar individuos, disminuyendo la precisión del censo (Samoilys & Carlos, 2000).

#### 8.4 Importancia de la creación del PNCP para la recuperación de los tiburones

El estudio y la protección de los tiburones se ha vuelto un tema esencial en años recientes, no solo para la ciencia, sino para el ecoturismo, el cual crece y se vuelve cada día más importante en la economía local alrededor de todo el mundo (Topelko & Dearden, 2005) y específicamente para el pacífico oriental tropical en sitios como el Archipiélago de Revillagigedo, Isla Malpelo, Islas Galápagos, así como en el Bajo de Espíritu Santo y Cabo Pulmo en el Golfo de California (Klimley, 2015).

Diversos estudios han demostrado que las poblaciones de tiburones se ven altamente afectadas por las actividades humanas como la pesca e inclusive el tráfico de barcos (Chin *et al.*, 2010; Chin *et al.*, 2012; Yates *et al.*, 2015b). Estas actividades afectan las actividades biológicas de los tiburones, al grado de que abandonen la zona en busca de un refugio a esta explotación (Ward-Paige *et al.*, 2010; Espinoza *et al.*, 2014).

Las ANPs han logrado que diversas poblaciones de depredadores tope se recuperen (Reyes-Bonilla y Alvarez-Filip, 2008; Aburto *et al.*, 2011). Lo que permite que poblaciones de tiburones proliferen en una zona segura, fomentando así el retorno o incremento de las poblaciones (Espinoza *et al.*, 2014). Este mismo autor, menciona un efecto de la salud del ecosistema arrecifal sobre la abundancia de las especies de tiburones arrecifales. Lo que recalca la importancia del buen manejo del ACP para la conservación de los tiburones. Por lo que es de gran importancia incrementar el

conocimiento sobre la ecología de los tiburones (Yates *et al.*, 2015a; Espinoza *et al.*, 2016).

En ACP particularmente la recuperación e incremento de la abundancia de los tiburones ha sido notable en los últimos 10 años (El-Saleh, 2016). Lo cual se debe a la recuperación de ecosistema (Reyes-Bonilla y Alvarez-Filip 2008; Aburto, *et al.* 2011; Reyes-Bonilla *et al.*, 2016). Reyes-Bonilla y Alvarez-Filip (2008) mencionan la recuperación de los depredadores tope en el sistema arrecifal, incluyendo la reaparición de los tiburones. En este estudio se corrobora lo mencionado por los autores y se demuestra la alta abundancia de tiburones y por ende el incremento de estos en el ACP en los últimos años y lo atribuimos no solo a la salud del ecosistema de ACP, sino a la protección que el parque como ANP proporciona para los tiburones.

## 9. CONCLUSIONES

El ACP presentó una alta riqueza de especies (12), siendo las principales CLI, CLE y NBR. Se observó una preferencia por ciertos sitios: Tinajitas el área de preferencia para CLI, Almirante la zona con mayor abundancia de NBR y El Vencedor el sitio donde más CLE fueron registrados. Esta zonificación podría estar determinada por las interacciones inter-específicas.

Por otro lado, la temporalidad varió entre especies encontrándose que NBR fue más abundante durante los meses cálidos (mayo, junio y julio), mientras que, CLI fue más abundante durante meses con menores temperaturas (febrero-marzo). En el caso de CLE la temporalidad resultó no deberse a factores ambientales, sino a posibles necesidades biológicas como la alimentación y potencialmente la reproducción.

Se observó que existe un efecto en la abundancia observada debido a la duración de los censos submarinos, siendo el tiempo ideal de buceo entre los 40 y los 50 minutos.

La creación del Parque Nacional Cabo Pulmo y su protección durante los últimos 20 años han propiciado la recuperación de depredadores tope, en este caso los tiburones. Durante este estudio esto se corroboró con el registro de una gran abundancia y alta riqueza de tiburones.

Este trabajo constituye una línea base de la distribución, abundancia y riqueza de tiburones, la cual es importante para el manejo y conservación de los tiburones en el ACP.

## 11. RECOMENDACIONES

- Es de gran importancia mantener e incrementar la vigilancia y la protección del PNCP, ya que se considera que es un área vital para las poblaciones de tiburones costeros en el sur del GC.
- Es necesario realizar más estudios biológico-ecológicos (BRUVS, seguimiento continuo con telemetría acústica, por ejemplo) para entender el uso de hábitat, residencia, utilización espacial y la temporalidad de las distintas especies de tiburones que habitan el PNCP.
- Se necesitan más estudios de comportamiento, para conocer si existe realmente competencia entre las distintas especies de tiburón, así como el nivel de interacción intra e interespecífico.
- Es indispensable realizar un estudio de capacidad de carga en el buceo con tiburones dentro del PNCP.

## 12. LITERATURA CITADA

- Ackerman, J. T., Kondratieff, M. C., Matern, S. A., & Cech, J. J. 2000. Tidal influence on spatial dynamics of leopard sharks, *Triakis semifasciata*, in Tomales Bay, California. *Environmental Biology of Fishes*, 58:33-43.
- Aburto-Oropeza O. Erisman B. Galland G. Mas careña-Osorio I. Sala E. y E. Ezcurra. 2011. Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *Plos One*. 6(8):E23601.
- Álvarez-Borrego S. & Lara-Lara J. R. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. *The Gulf and peninsular province of the Californias*, 47: 555-567.
- Álvarez del Castillo P.A. 2012. Capacidad de carga de buceo del Parque Nacional Cabo Pulmo. Tesis de Maestría. La Paz, B.C.S. México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional.108p.
- Anislado-Tolentino V. y C. Robinson-Mendoza. 2001. Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico Central de México. *Ciencias Marinas*, 27:501-520.
- Applegate S. P. Espinoza L. & Sotelo F. 1979. Tiburones mexicanos. Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas, Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar.
- Arizpe O. 2004. El turismo como alternativa a la pesca en el manejo de un arrecife coralino. Caso Cabo Pulmo, Golfo de California. En Rivera E., Villalobos I., Azuz I. y Rosado M (eds.), 2004. El manejo costero en México. Universidad Autónoma de Campeche. SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 p..
- Bass, A.J. 1978. Problems in studies of sharks in the southwest Indian Ocean. 545-594. En: E.S. Hodgson y R.F. Mathewson (eds). *Sensory Biology of Sharks, Skates and Rays*, Office of Naval Research, Department of the Navy, Arlington.
- Baum, J. K., Myers, R. A., Kehler, D. G., Worm, B., Harley, S. J., & Doherty, P. A. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science*, 299: 389-392.
- Baum, J. K., & Myers, R. A. 2004. Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecology Letters*, 7:135-145.
- Baum, J. K., Kehler, D., & Myers, R. A. 2005. Robust estimates of decline for pelagic shark populations in the northwest Atlantic and Gulf of Mexico. *Fisheries*, 30: 27p.
- Baum, J. K., & Worm, B. 2009. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal of Animal Ecology*, 78:699-714.

- Branstetter S. 1990. Early life-history implications of selected carcharhinoid and lamnoid sharks of the northwest Atlantic. 17–28. En: Pratt HL Jr, Gruber SH, Taniuchi T (eds) Elasmobranchs as living resources: advances in biology, ecology, systematics and the status of the fisheries. NOAA Tech Rep 90, National Marine Fisheries Service.
- Brusca RC y DA. Thomson. 1975. Pulmo reef: the only coral reef in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 1:37-53.
- Cabrera Chávez-Costa A. A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, 95p.
- Castro, J. I. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. En: The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes. Springer Netherlands, 37-48.
- Camhi M, Fowler S, Musick J, Bräutigam A, Fordham S. 1998. Shark and their Relatives: Ecology and Conservation. IUCN Species Survival Commission, Occ. Pap. 20: 39p.
- Camhi M.D. Pikitch E.K. Babcock E.A. 2008. Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation. Blackwell, Oxford. 493p.
- Camhi M.D. Valenti S.V. Fordham S.V. Fowler S.L. & Gibson C. 2009. The Conservation Status of Pelagic Sharks and Rays: Report of the IUCN Shark Specialist Group Pelagic Shark Red List Workshop. IUCN Species Survival Commission Shark Specialist Group. Newbury, UK. 78p.
- Chin, A., Kyne, P. M., Walker, T. I., & McAuley, R.. 2010. An integrated risk assessment for climate change: analysing the vulnerability of sharks and rays on Australia's Great Barrier Reef. *Global Change Biology*, 16:1936-1953.
- Chin, A., Tobin, A., Simpfendorfer, C., & Heupel, M. 2012. Reef sharks and inshore habitats: patterns of occurrence and implications for vulnerability. *Marine Ecology Progress Series*, 460: 115-125.
- CONAPESCA-INP, 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80p.
- Compagno L.J.V. 1984. FAO Species Catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish. Synop, 4: 249p.

- Compagno, L. J. V., M. Dando and S. Fowler. 2005. Sharks of the world. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 368p.
- CONANP. 2006. Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Cabo Pulmo. México. 128p.
- CONANP. 2011. Recuperado el 25 de Junio del 2013 de <http://pncabopulmo.conanp.gob.mx/index.php>
- CONANP. 2010. Recuperado el 25 de Junio del 2013 de <http://pncabopulmo.conanp.gob.mx/ubicacion.php>
- Cortés E. 1998. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. Fisheries Research, 39:199-208.
- Cortés E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES Journal of Marine Science, 56:707-717.
- Cortés, E., Brown, C. A., & Beerkircher, L. R. 2007. Relative abundance of pelagic sharks in the western North Atlantic Ocean, including the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Gulf and Caribbean Research, 19:37-52.
- Cubero-Pardo, P., Herrón, P., & González-Pérez, F. 2011. Shark reactions to scuba divers in two marine protected areas of the Eastern Tropical Pacific. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 21:239-246.
- Dale J. A. Stankus. M. Burns y C Meyer. 2011. The Shark Assemblage at French Shoals Atoll, Hawaii: Species Composition, Abundance and Habitat use. Plos one: 6(2):e16962
- DOF, D. O. D. L. F. 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Secretaría de Agricultura, Ganadería. Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, México), 14:60-102.
- DOF, 2012. Diario Oficial de la Federación. SAGARPA. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera.
- Drymon, J. M., Ajemian, M. J., & Powers, S. P. 2014. Distribution and dynamic habitat use of young bull sharks *Carcharhinus leucas* in a highly stratified northern Gulf of Mexico estuary. PloS one, 9: e97124.
- Dudgeon, C. L., Noad, M. J., & Lanyon, J. M. 2008. Abundance and demography of a seasonal aggregation of zebra sharks *Stegostoma fasciatum*. Marine Ecology Progress Series, 368: 269-281.

- Economakis, A. E., & Lobel, P. S. 1998. Aggregation behavior of the grey reef shark, *Carcharhinus amblyrhynchos*, at Johnston Atoll, Central Pacific Ocean. *Environmental Biology of Fishes*, 51:129-139.
- El-Saleh, S. 2016. The Unforeseen recovery of a marine reserve: Abundance, residency, and site fidelity of sharks in Cabo Pulmo National Park, Mexico. Tesis de maestría. Universidad de Lisboa. Portugal. 83p.
- Espinoza, M., Cappo, M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. 2014. Quantifying shark distribution patterns and species-habitat associations: implications of marine park zoning. *PloS one*, 9: e106885.
- Espinoza, M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. 2015. Residency patterns and movements of grey reef sharks *Carcharhinus amblyrhynchos* in semi-isolated coral reef habitats. *Marine Biology*, 162:343-358.
- Espinoza, M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. 2016. Evidence of Partial Migration in a Large Coastal Predator: Opportunistic Foraging and Reproduction as Key Drivers? *PloS one*, 11(2):e0147608.
- Ferretti, F., Myers, R. A., Serena, F., & Lotze, H. K. 2008. Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, 22:952-964.
- Fowler, S.L. and Cavanagh, R.D. 2005. International Conservation and Management Initiatives for Chondrichthyan Fish. 58–69. En: Fowler, S.L., Cavanagh, R.D., Camhi, M., Burgess, G.H., Cailliet, G.M., Fordham, S. V., Simpfendorfer, C.A. and Musick, J.A. (eds). *Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan Fishes*. IUCN SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Friedlander, A. M., & DeMartini, E. E. 2002. Contrasts in density, size, and biomass of reef fishes between the northwestern and the main Hawaiian islands: the effects of fishing down apex predators. *Marine Ecology Progress Series*, 230: 253-264.
- Froeschke, J., Stunz, G. W., & Wildhaber, M. L. 2010. Environmental influences on the occurrence of coastal sharks in estuarine waters. *Marine Ecology Progress Series*, 407: 279-292.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2016. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (06/2016).
- Galván, M. F. 2009. La pesquería de tiburones en Baja California Sur. Pags. 227-244. En: Urciaga G.J, Beltrán M.L.F y Lluch B.D. (Eds.). *Recursos marinos y servicios ambientales en el desarrollo regional*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México.



- García Nuñez Norma. 2008. Tiburones: conservación, pesca y comercio internacional. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 236p.
- Grubbs R. D, Musick J. D 2007. Spatial delineation of summer nursery areas for juvenile sandbar sharks in Chesapeake Bay, Virginia. American Fisheries Society Symposium, 50:63–86.
- Gruber, S. H., Nelson, D. R., & Morrissey, J. F. 1988. Patterns of activity and space utilization of lemon sharks, *Negaprion brevirostris*, in a shallow Bahamian lagoon. Bulletin of Marine Science, 43:61-76.
- Guttridge T. L, Myrberg A. A, Porcher I. F, Sims D. W, Krause J. 2009. The role of learning in shark behaviour. Fish and Fisheries 10:450–469.
- Guttridge, T. L., van Dijk, S., Stamhuis, E. J., Krause, J., Gruber, S. H., & Brown, C. 2013. Social learning in juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. Animal cognition, 16: 55-64.
- Hearn A. J. Ketchum. P. Klimley. E. Espinoza y C. Peñaherrera. 2010. Hotspots within Hotspots? Hammerhead shark movements around Wolf Island, Galapagos Marine Reserve. Marine Biology 157:1899–1915.
- Heithaus, M., Dill, L., Marshall, G., & Buhleier, B. 2002. Habitat use and foraging behavior of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in a seagrass ecosystem. Marine Biology, 140:237-248.
- Heupel, M. R., & Simpfendorfer, C. A. 2005. Quantitative analysis of aggregation behavior in juvenile blacktip sharks. *Marine Biology*, 147: 1239-1249.
- Heupel, M. R., Simpfendorfer, C. A., & Hueter, R. E. 2004. Estimation of shark home ranges using passive monitoring techniques. Environmental Biology of Fishes, 71: 135-142.
- Heupel MR, Simpfendorfer C. A, Collins A. B, Tyminski J. P. 2006. Residency and movement patterns of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, in a large Florida estuary. Environmental Biology of Fishes, 76:47–67.
- Heupel M. R. 2007. Exiting Terra Ceia Bay: examination of cues stimulating migration from a summer nursery area. American Fisheries Society Symposium, 50:265–280.
- Heupel M. R. Carlson J. K. & Simpfendorfer C. A. 2007. Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions. Marine Ecology Progress Series, 337:287-297.
- Heupel, M. R., & Simpfendorfer, C. A. 2014. Importance of environmental and biological drivers in the presence and space use of a reef-associated shark. Marine Ecology Progress Series, 496:47-57.

- Holzwarth, S. R., DeMartini, E. E., Schroeder, R. E., Zgliczynski, B. J., & Laughlin, J. L. 2006. Sharks and jacks in the Northwestern Hawaiian Islands from towed-diver surveys 2000-2003. *Atoll Research Bulletin*, 543:257-303.
- Hoyos-Padilla E.M. Ketchum J.T. Klimley A.P. & Galván-Magaña F. 2014. Ontogenetic migration of a female scalloped hammerhead shark *Sphyrna lewini* in the Gulf of California. *Animal Biotelemetry*, 2:17p.
- Kessel S. T. Gruber, S. H. Gledhill K. S. Bond M. E. & Perkins R. G. 2013. Aerial Survey as a Tool to Estimate Abundance and Describe Distribution of a Carcharhinid Species, the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris*. *Journal of Marine Biology*, 59: 73-83.
- Ketchum J. T. Hearn A. Klimley A. P. Peñaherrera C. Espinoza E. Bessudo S. Soler G. & Arauz R. 2014. Inter-island movements of scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) and seasonal connectivity in a marine protected area of the eastern tropical Pacific. *Marine Biology*, 161:939–951.
- Klimley, A. P., & Nelson, D. R. 1981. Schooling of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in the Gulf of California. *Fishery bulletin-United States, National Marine Fisheries Service (USA)*, 79: 356-360.
- Klimley, A. P., & Nelson, D. R. 1984. Diel movement patterns of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) in relation to El Bajo Espiritu Santo: a refuging central-position social system. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 15: 45-54.
- Klimley, A. P. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Environmental Biology of Fishes*, 18: 27-40.
- Klimley A.P y S.B Butler. 1988. Immigration and emigration of a pelagic fish assemblage to seamounts in the Gulf of California related to water mass movements using satellite imagery. *Marine Ecology Progress Series*, 49:11-20.
- Klimley, A. P., Butler, S. B., Nelson, D. R., & Stull, A. T. 1988. Diel movements of scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini* Griffith and Smith, to and from a seamount in the Gulf of California. *Journal of fish biology*, 33: 751-761.
- Klimley A.P. 1993. Highly directional swimming by scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, and subsurface irradiance, temperature, bathymetry and geomagnetic field. *Marine Biology*. 117: 1-22.
- Klimley A. P. 2015. Shark Trails of the Eastern Pacific. *American Scientist*, 103: 273-283.
- Knip D. M. Heupel M. R. & Simpfendorfer C. A. 2010. Sharks in nearshore environments: models, importance, and consequences. *Marine Ecology Progress Series*. 402: 1-11.

- Last, P. R., & Stevens, J. D. 2009. Sharks and rays of Australia. CSIRO. Melbourne. 656p.
- Lavín M.F. & S.G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*, 173-204.
- Legare, B., Kneebone, J., DeAngelis, B., & Skomal, G. 2015. The spatiotemporal dynamics of habitat use by blacktip (*Carcharhinus limbatus*) and lemon (*Negaprion brevirostris*) sharks in nurseries of St. John, United States Virgin Islands. *Marine Biology*, 162: 699-716.
- Lobel, P. S. 2001. Fish bioacoustics and behavior: passive acoustic detection and the application of a closed-circuit rebreather for field study. *Marine Technology Society Journal*, 35: 19-28.
- Martínez-Ortíz J. 2010. Guía de Campo para la Identificación de los Principales Tiburones del Océano Pacífico Oriental. Proyecto APEC FWG 01/2001 T. Primera edición. Guayaquil, Ecuador. 20p.
- McCallister, M., Ford, R., & Gelsleichter, J. 2013. Abundance and distribution of sharks in northeast Florida waters and identification of potential nursery habitat. *Marine and Coastal Fisheries*, 5: 200-210.
- Meyer, C. G., Papastamatiou, Y. P., & Holland, K. N. 2010. A multiple instrument approach to quantifying the movement patterns and habitat use of tiger (*Galeocerdo cuvier*) and Galapagos sharks (*Carcharhinus galapagensis*) at French Frigate Shoals, Hawaii. *Marine Biology*, 157:1857-1868.
- Morrissey, J. F., & Gruber, S. H. 1993. Home range of juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Copeia*, 425-434.
- Munroe, S. E. M., Simpfendorfer, C. A., & Heupel, M. R. 2014. Defining shark ecological specialisation: concepts, context, and examples. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24: 317-331.
- Munroe, S. E. M., Simpfendorfer, C. A., & Heupel, M. R. 2016. Variation in blacktip shark movement patterns in a tropical coastal bay. *Environmental Biology of Fishes*, 99: 377-389.
- Myers R. Baum J. Shepherd T. Powers S y C. Peterson. 2007. Cascading effect of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, 315: 1846-1850.

- Natanson L. J. Mello J. J. & Campana S. E. 2002. Validated age and growth of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*, 100: 266-278.
- Nelson, D. R. 1990. Telemetry studies of sharks: a review, with applications in resource management. NOAA Tech Rep NMFS, 90: 239-256.
- Polo-Silva C. Baigorri-Santacruz Á. Galván-Magaña F. Grijalba-Bendeck M. & Sanjuan-Muñoz A. 2007. Hábitos alimentarios del tiburón zorro *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839), en el Pacífico Ecuatoriano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 42: 59-69.
- Reyes-Bonilla H y Alvarez-Filip. 2008. Long-term changes in taxonomic distinctness and trophic structure of reef fishes at Cabo Pulmo reef, Gulf of California. 11<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium. Session number 18. Florida, 790-794.
- Reyes Bonilla, H., del Castillo Cárdenas, A., Calderón Aguilera, L. E., Erosa Ricárdez, C. E., Frausto, T. C., Luna Salguero, B. M., ... & Petatán Ramírez, D. 2014. Servicios ambientales de arrecifes coralinos: el caso del Parque Nacional Cabo Pulmo, BCS En: Urciaga García JI (ed) Desarrollo regional en Baja California Sur. Una perspectiva de los servicios ecosistémicos. UABCS, La Paz, 38-63.
- Reyes-Bonilla H. Ayala-Bocos A. Fernández-Rivera F.J. Zepeta-Vilchis R. Asúnsolo-Rivera A. & Ketchum J.T. 2016. Cronología de tiburones del Parque Nacional Cabo Pulmo, Golfo de California; registros bibliográficos y de campo. *Oceánides*, 31: 35-38.
- Reyier, E. A., Adams, D. H., & Lowers, R. H. 2008. First evidence of a high density nursery ground for the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, near Cape Canaveral, Florida. *Florida Scientist*, 71: 134-148.
- Robbins WD. Hisano H. Connolly SR y JH. Choat. 2006. Ongoing collapse of coral-reef shark populations. *Current Biology*, 16: 2314–2319.
- Rosas-Luis R. Loo-Andrade P. Carrera-Fernández M. Pincay-Espinoza J. E. Vences-Ortega C. & Chompoy-Salazar L. 2015. Cephalopod species in the diet of large pelagic fish (sharks and billfishes) in Ecuadorian waters. *Fisheries Research*, 173: 159-168.
- SAGARPA, S. 2011. Servicio de información agroalimentaria y pesquera.
- Samoilys, M. A., & Carlos, G. 2000. Determining methods of underwater visual census for estimating the abundance of coral reef fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 289-304.
- Sala E. Aburto-Oropeza O. Reza M. Paredes G. & López-Lemus L. G. 2004. Fishing down coastal food webs in the Gulf of California. *Fisheries*, 29: 19-25.

- Saldivar R. 2008. Los peces como bioindicadores del estado de conservación en el arrecife coralino de Cabo Pulmo, B.C.S., México. Tesis de licenciatura. La Paz, B.C.S. México. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 114p.
- Salomón-Aguilar CA. CJ. Villavicencio-Garayzar y H. Reyes-Bonilla. 2009. Zonas y temporadas de reproducción y crianza de tiburones en el Golfo de California: Estrategia para su conservación y manejo pesquero. *Ciencias Marinas*, 35:369–388.
- Sandín SA. Smith JE. DeMartin EE. Dinsdale EA y SD. Donner. 2008. Baselines and degradation of coral reefs in the Northern Line Islands. *Plos one*, 3: e1548.
- Shepherd, T. D., & Myers, R. A. 2005. Direct and indirect fishery effects on small coastal elasmobranchs in the northern Gulf of Mexico. *Ecology Letters*, 8: 1095-1104.
- Sims, D. W. 2003. Tractable models for testing theories about natural strategies: foraging behaviour and habitat selection of free-ranging sharks. *Journal of Fish Biology*, 63: 53-73.
- Speed CW. Field IC. Meekan MG.y CJA. Bradshaw. 2010. Complexities of coastal shark movements and their implications for management, 408: 275-293.
- Speed, C. W., Meekan, M. G., Field, I. C., McMahon, C. R., Stevens, J. D., McGregor, F., y Bradshaw, C. J. 2011. Spatial and temporal movement patterns of a multi-species coastal reef shark aggregation. *Marine Ecology Progress Series*, 429: 261-275.
- Topelko, K. N., & Dearden, P. 2005. The shark watching industry and its potential contribution to shark conservation. *Journal of Ecotourism*, 4: 108-128.
- Torres, L. G., Heithaus, M. R., & Delius, B. 2006. Influence of teleost abundance on the distribution and abundance of sharks in Florida Bay, USA. *Hydrobiologia*, 569: 449-455.
- Villarreal-Cavazos A. Reyes-Bonilla H. Bermúdez-Almada B. y O. Arizpe-Covarrubias. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 48: 413-424.
- Villavicencio-Garayzar C.J. 1996a. Pesquería de tiburón y cazón. 305-316. En: Casas Valdez M. y G. Ponce-Díaz (Eds), *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola en Baja California Sur*. Baja California Sur.
- Villavicencio-Garayzar C.J. 1996b. Aspectos poblacionales del angelito, *Squatina californica* Ayres, en Baja California, México. *Revista de Investigación Científica Ser. Ciencias del Mar*, 7:15–21.
- Villavicencio-Garáyzar C.J. 2000. Áreas de crianza de tiburones en el Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar Informe final. México D.F. SNIB-CONABIO.

- Walker T.I. 1992. Fisheries simulation model for sharks applied to the gummy shark, *Mustelus antarticus*, from Southern Australian Waters. Australia. Marine and Freshwater Research, 43:195-212.
- Ward-Paige C. A, Mora C, Lotze H. K, Pattengill-Semmens C.V, McClenachan L. 2010. Large-scale absence of sharks on reefs in the greater-Caribbean: A footprint of human pressures. Plos One 5: e11968.
- Ward-Paige, C. A., & Lotze, H. K. 2011a. Assessing the value of recreational divers for censusing elasmobranchs. PLoS One, 6: e25609.
- Ward-Paige C, Pattengill-Semmens C, Myers RA, Lotze H. K. 2011b. Spatial and temporal trends in yellow stingray abundance: evidence from diver surveys. Environmental Biology of Fishes, 90: 263–276.
- White, W. T., & Potter, I. C. 2004. Habitat partitioning among four elasmobranch species in nearshore, shallow waters of a subtropical embayment in Western Australia. Marine Biology, 145: 1023-1032.
- Whitney, N. M., Pyle, R. L., Holland, K. N., & Barcz, J. T. 2012. Movements, reproductive seasonality, and fisheries interactions in the whitetip reef shark (*Triaenodon obesus*) from community-contributed photographs. Environmental Biology of Fishes, 93: 121-136.
- Yates, P. M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., Moore, S. K., & Simpfendorfer, C. A. 2015a. Diversity in immature-shark communities along a tropical coastline. Marine and Freshwater Research, 66: 399-410.
- Yates, P. M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. 2015b. Spatio-temporal occurrence patterns of young sharks in tropical coastal waters. Estuaries and Coasts, 38: 2019-2030.
- Yates, P. M., Heupel, M. R., Tobin, A. J., & Simpfendorfer, C. A. 2015c. Ecological drivers of shark distributions along a tropical coastline. PloS one, 10: e0121346.
- Zanella I. López-Garro A. Golfín-Duarte G. & Saenz J. C. 2012. Abundancia, tamaño y estructura poblacional del tiburón punta blanca de arrecife, *Triaenodon obesus* (*Carcharhiniformes: Carcharhinidae*), en Bahía Chatham, Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 60: 339-346.
- Zuur A, Ieno E, Walker N, Saveliev A y G Smith. 2009. Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Springer. USA. 574p.

## ANEXOS

**Tabla II.** Escala Beaufort.

<b>Fuerza beaufort</b>	<b>Velocidad del viento (nudos)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Condición del mar</b>
0	0	calma	La mar está como un espejo.
1	1-3	Ventolina	Se riza la mar, sin crestas de espuma.
2	4-6	Flojito	Olas pequeñas que no rompen.
3	7-10	Flojo	Olas algo mayores con borregos dispersos.
4	11-16	Bonancible	Olas pequeñas. Borregos bastante frecuentes
5	17-21	Fresquito	Olas moderadas, abundancia de borregos.
6	22-27	Fresco	Empiezan a formarse olas grandes, crestas de espuma blanca, probablemente rocío.
7	28-33	Frescachón	La mar se vuelve gruesa. La espuma es arrastrada en dirección del viento.
8	34-40	Temporal	Olas de altura moderada. De la parte alta de las crestas empiezan a desprenderse rociones en forma de remolinos.

**Tabla II.** Días de censo en El almirante y Las Tinajitas.

<b>Día</b>	<b>Sitio(s)</b>
06 febrero 2013	El Almirante y Las Tinajitas
07 febrero 2013	El Almirante y Las Tinajitas
08 febrero 2013	El Almirante y Las Tinajitas
09 febrero 2013	El Almirante y Las Tinajitas
10 febrero 2013	El Almirante y Las Tinajitas
23 febrero 2013	El Almirante y Las Tinajitas
24 febrero 2013	El Almirante y Las Tinajitas
16 marzo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
17 marzo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
18 marzo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
19 marzo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
20 marzo 2013	El Almirante y Las Tinajitas

---

21 marzo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
22 marzo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
04 abril 2013	Las Tinajitas
06 abril 2013	Las Tinajitas
13 abril 2013	El Almirante y Las Tinajitas
14 abril 2013	El Almirante y Las Tinajitas
04 mayo 2013	Las Tinajitas
05 mayo 2013	Las Tinajitas
11 mayo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
17 mayo 2013	Las Tinajitas
18 mayo 2013	El Almirante y Las Tinajitas
08 junio 2013	Las Tinajitas
09 junio 2013	El Almirante y Las Tinajitas
23 junio 2013	El Almirante y Las Tinajitas
13 julio 2013	El Almirante y Las Tinajitas
14 julio 2013	El Almirante y Las Tinajitas
31 agosto 2013	El Almirante y Las Tinajitas
01 septiembre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
02 septiembre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
12 octubre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
13 octubre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
26 octubre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
27 octubre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
28 octubre 2013	El Almirante
29 octubre 2013	El Almirante
30 octubre 2013	El Almirante
09 noviembre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
10 noviembre 2013	El Almirante y Las Tinajitas
23 noviembre 2013	El Almirante
24 noviembre 2013	Las Tinajitas

---