



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**EFFECTO DEL TIPO DE CARNADA SOBRE LA
PRESENCIA Y COMPORTAMIENTO DEL
TIBURÓN BLANCO *Carcharodon carcharias* EN
ISLA GUADALUPE, MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

EDGAR EDUARDO BECERRIL GARCÍA

LA PAZ, B.C.S., JUNIO DE 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 26 del mes de Mayo del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"EFECTO DEL TIPO DE CARNADA SOBRE LA PRESENCIA Y COMPORTAMIENTO DEL TIBURÓN BLANCO *Carcharodon carcharias* EN ISLA GUADALUPE, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

BECERRIL

GARCÍA

EDGAR EDUARDO

Apellido paterno

materno

nombre(s)

Con registro:

B	1	5	0	2	0	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

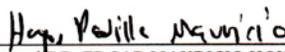
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

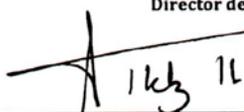
Directores de Tesis



DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA
Director de Tesis



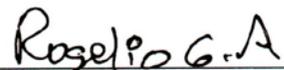
DR. EDGAR MAURICIO HOYOS PADILLA
2º. Director de Tesis



DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

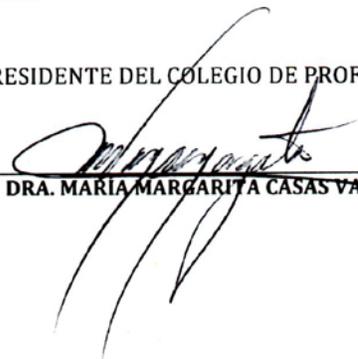


DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN



DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 15 del mes de Junio del año 2017

El (la) que suscribe BM. EDGAR EDUARDO BECERRIL GARCÍA Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro B150205 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA Y DR. EDGAR MAURICIO HOYOS PADILLA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"EFECTO DEL TIPO DE CARNADA SOBRE LA PRESENCIA Y COMPORTAMIENTO

DEL TIBURÓN BLANCO *Carcharodon carcharias* EN ISLA GUADALUPE, MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: edgar-bg@hotmail.com - galvan.felipe@gmail.com - amuakua@gmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BM. EDGAR EDUARDO BECERRIL GARCÍA

Nombre y firma del alumno



A Dios, a mis padres y a mi hermano.

A todos aquellos que hicieron, y hacen posible, el sueño de una vida.

A mi México.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, por otorgarme todas las herramientas necesarias para mi desarrollo como profesional. A los profesores, administrativos, compañeros, directivos y todos aquellos que me apoyaron durante este proceso. Muchas gracias por la oportunidad de aprender de otras culturas, de contribuir al desarrollo científico de nuestro país, y de sentir la fuerza que existe en nuestra sangre guinda.

Al Laboratorio de Ecología de Peces y Proyecto de Tiburones y Rayas del CICIMAR-IPN, muchas gracias por toda su experiencia y por los buenos consejos para esta investigación. Son un gran equipo y me ha dado mucho gusto ser parte de ustedes. Va por el Galván Team.

A Pelagios Kakunjá A.C. y todos sus integrantes, por la oportunidad de ser parte de su equipo y aprender de cada uno de ustedes. Por el apoyo logístico y administrativo durante toda esta investigación y por el financiamiento para dar una conferencia de nuestro trabajo en el viejo continente.

A la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Secretaría de Gobernación (SEGOB) y Secretaría de Marina (SEMAR), por el apoyo otorgado y para el trámite de los permisos necesarios para esta investigación.

A Saúl González Romero, por aceptarme como parte de tu equipo en ese primer viaje que tuvimos, con todo y gato, hacia Ensenada. Por darme la oportunidad de llegar a la Lupita y descubrir este camino que me ha llenado de felicidad. Por abrirme las puertas de tu casa y cuidarnos como parte de la familia. Por todas tus enseñanzas y por ser la pieza clave en esta investigación y en mi vida profesional. Sin tu ayuda nada de esto hubiera sido posible.

A Donaxi Borjes Flores, por ser una gran amiga y compañera durante nuestra aventura hacia Ensenada. Nunca voy a olvidar que me diste tu lugar en ese primer viaje a Isla Guadalupe a bordo del Horizon. Allí me entregaron mis primeras cámaras fotográficas y pude encontrarme con los tiburones blancos, la ciencia y la fotografía.

Pequeñas acciones hacen grandes cambios, y tú me enseñaste de todo eso en cada palabra que compartimos. Isla Guadalupe, y todos los que te conocemos, somos afortunados por contar con personas como tú. Muchísimas gracias, partner.

Al Dr. Felipe Galván Magaña, por aceptarme en su equipo y darme la oportunidad de aprender de usted. Junto con sus estudiantes, me ha brindado los conocimientos esenciales para entender la biología básica de los elasmobranchios y difícilmente olvidaré todo lo que ha hecho por nosotros. Usted es uno de mis principales ejemplos, del investigador científico, que algún día me gustaría llegar a ser. Muchísimas gracias por todo, doc.

Al Dr. Mauricio Hoyos Padilla, por invitarme a cumplir el sueño de mi vida. Por tus enseñanzas, tus consejos y tu paciencia; por ser mi guía durante este trabajo y en mi camino como profesional. Esta tesis es parte del esfuerzo que durante años has realizado en Isla Guadalupe; espero algún día poder regresarte, aunque sea un poquito, algo de todo lo que has hecho por mí y por los tiburones. Es todo un honor aprender de personas como tú. ¡Muchas gracias por todo, máster!

Al comité revisor, por todos sus consejos y contribuciones a esta investigación. Su apoyo ha sido invaluable y siempre estuvieron presentes para brindarme apoyo, asesoría, o resolver cualquiera de mis inquietudes. ¡Muchísimas gracias!

A la Università della Calabria y al Dipartimento Di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra, por todas las facilidades otorgadas para realizar mi estancia de investigación y por otorgarme las herramientas necesarias para el análisis de Etología de los tiburones blancos.

To Dr. Emilio Sperone, Gianni Giglio, and Francesca Romana Reinerio, for all your support and kindness during my internship in Italy. It was an amazing experience to learn from you!! I'm sure that we can do our best for the sharks and rays, and I'm happy to be in this world with people like you. Grazie mille!!

A los tripulantes y dueños de las embarcaciones Sea Escape, Southern Sport, Solmar V, Nautilus Explorer, Islander Charters y Horizon Charters por su confianza y todo el apoyo para permitirme llevar a cabo esta investigación. Especialmente a

Fernando Aguilar Bazúa y Fernando Aguilar Choy de Club Cantamar, por apoyarnos incondicionalmente y en cada oportunidad.

Al capitán Ismael Aguilar, por ser el mejor capitán que he conocido y uno de mis mejores amigos. La estancia en Isla Guadalupe es muy agradable por personas como usted, muchas gracias por apoyarnos siempre. Es una persona increíble.

Al C.P. Eduardo Becerril Jasso, a la Lic. Socorro García Padilla, y al próximo Ing. Enrique E. Becerril García, ustedes son mi principal inspiración y mi mejor apoyo. En cada paso intenté dar mi mejor esfuerzo para honrar su trabajo y todo lo que han hecho por mí. Su fortaleza corre por mis venas y hace latir mi corazón con los valores que me han enseñado. Prometo que siempre tendrán lo mejor de mí.

A Nefertiti T. Roldán Wong, por ser una de las principales asesoras, críticas y apoyo durante este y todos los trabajos, en todas las ideas. Por ayudarme a fortalecer mi identidad como científico y como persona. Por recordarme del rigor científico y estar siempre a mi lado; pero sobre todas las cosas, por tu gran amor. Eres una persona infinitamente superior a mí, en valores, inteligencia, eficiencia y cien valores más. No tienes idea de cuánto he aprendido de ti. Muchas gracias por hacer de mi vida una experiencia inolvidable. Muchas gracias por siempre estar allí.

ÍNDICE

Lista de tablas.....	1
Lista de figuras	2
GLOSARIO.....	4
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. ANTECEDENTES.....	10
2.1. Consideraciones generales.....	10
2.2. El ecoturismo con tiburón blanco	13
2.3. Problemática	18
2.4. Investigación científica.....	21
3. JUSTIFICACIÓN.....	25
4. OBJETIVOS.....	26
4.1. Objetivo general.....	26
4.2. Objetivos particulares.....	26
5. MATERIALES Y MÉTODO.....	27
5.1. Área de estudio	27
5.2. Muestreo	30
5.3. Estructura de tallas y sexos	32
5.4. Foto identificación	34
5.5. Análisis de presencia	34
5.6. Análisis del comportamiento	35
5.6.1. Conducta con respecto a la carnada.....	36
5.6.1.1. Jerarquía por tamaño.....	37
5.6.2. Condicionamiento.....	38

6. RESULTADOS	40
6.1. Presencia	41
6.2. Comportamiento.....	44
6.2.1. Conducta y tipo de carnada.....	44
6.2.1.1. Unidades de comportamiento	44
6.2.1.2. Etogramas.....	48
6.2.1.3. Talla y número de comportamientos.....	50
6.2.1.4. Efectividad de los ataques	50
6.2.1.5. Matrices transicionales	51
6.2.1.6. Jerarquía por tamaño.....	56
6.2.2. Condicionamiento.....	57
7. DISCUSIÓN.....	60
7.1. Efecto sobre la presencia.....	61
7.2. Efecto sobre el comportamiento	64
7.2.1. Conducta	64
7.2.1.1. Unidades de comportamiento	66
7.2.1.2. Accidentes	69
7.2.1.3. Jerarquía.....	71
7.2.2. Condicionamiento.....	73
8. CONCLUSIONES	76
9. RECOMENDACIONES.....	77
10. BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXO I. Bitácora de muestreo	91

Lista de tablas

Tabla 1. Categorías de condicionamiento utilizados por Robbins (2004) para los tiburones blancos de las Islas Neptuno, Australia.....	22
Tabla 2. Descripción de los tipos de carnada utilizados en Isla Guadalupe.	31
Tabla 3. Categorías de riesgo de condicionamiento para los tiburones blancos en Isla Guadalupe (Modificados de Robbins, 2004).	39
Tabla 4. Número de tiburones (N) y avistamientos de acuerdo al objetivo. NA= “No Analizado”; Adul= Adultos; Juv= Juveniles.....	40
Tabla 5. Unidades de comportamiento del tiburón blanco durante su interacción con el ecoturismo en Isla Guadalupe, México.....	45
Tabla 6. Frecuencia de tiburones blancos de acuerdo al sexo y clase de talla.	49
Tabla 7. Número de etogramas por grupo de tiburones blancos y tipo de carnada.	49
Tabla 8. Efectividad de los ataques a la carnada de acuerdo al grupo analizado.	50
Tabla 9. Frecuencia de las reacciones ejercidas por los tiburones analizados, según el tipo de interferencia.	56
Tabla 10. Frecuencia de tiburones blancos según su categoría de condicionamiento.....	59

Lista de figuras

Figura 1. Tiburón blanco, <i>Carcharodon carcharias</i> . Fotografía de Edgar Becerril.	12
Figura 2. Avistamiento del tiburón blanco mediante el buceo en jaula. Fotografía de Edgar Becerril.....	14
Figura 3. Mordida de tiburón blanco <i>Carcharodon carcharias</i> sobre un atún aleta amarilla <i>Thunnus albacares</i> en Isla Guadalupe, México. Fotografía de Edgar Becerril.	15
Figura 4. Embarcación para el avistamiento de tiburones blancos en Isla Guadalupe. Fotografía de Edgar Becerril.....	17
Figura 5. Atún aleta amarilla, <i>Thunnus albacares</i> , capturado en Isla Guadalupe. Fotografía de Edgar Becerril.....	20
Figura 6. Ubicación de Isla Guadalupe, Baja California, México.	28
Figura 7. Modelo de las zonas utilizadas para el registro de datos.	31
Figura 8. Tipos de carnada utilizados durante el avistamiento del tiburón blanco en Isla Guadalupe: A) Carnada congelada; B) Chum [utilizado junto con carnada congelada]; C) Carnada fresca; D) Tea bag. Fotografías de Edgar Becerril.	32
Figura 9. Perspectiva de la escala utilizada para determinar la LT de los tiburones blancos. Fotografía de Edgar Becerril.....	33
Figura 10. Presencia de gonopterigios en machos (A) y su ausencia en hembras (B). Fotografías donadas por los turistas.	33
Figura 11. Ejemplos de material fotográfico confiable (A) y deficiente (B), correspondientes al mismo individuo. Fotografías donadas por los turistas.....	35
Figura 12. Proporción del número de avistamientos de tiburones blancos por sexo y estadio de madurez.....	41
Figura 13. Presencia del tiburón blanco (avistamientos/h) de acuerdo al mes de observación de los 2012-2014.	42
Figura 14. Mediana, percentiles 25% y 75%, outliers máximos (*), valores mínimo y máximo de los avistamientos por hora según el tipo de carnada utilizado.	42
Figura 15. Mediana, percentiles 25% y 75%, outliers máximos (*), valores mínimo y máximo de los avistamientos por hora según el tipo de carnada utilizado.	43
Figura 16. Unidades de comportamiento registradas en este trabajo: A) Vigilancia; B) Nado de inspección; C) Ataque horizontal; D) Ataque vertical; E) Captura carnada; F) Captura boya; G) Encuentro; H) Resultado del encuentro, ej. un tiburón Permanece y otro comienza la Huida. Fotografías de Edgar Becerril.....	46

Figura 17. Frecuencia de los comportamientos de 121 tiburones identificados (n= 5,783 comportamientos). Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Encuentro (EN); Huida (GO); Permanece (STA); Captura boya (BOY).	47
Figura 18. Accidente registrado en Isla Guadalupe durante agosto del 2014: A) Tiburón blanco macho juvenil se introduce en las jaulas. Fotografía donada por turista; B) Herida accidental ocasionada por el tiburón al buzo; C) Sutura de la herida por parte de los turistas. Fotografías de Edgar Becerril.	48
Figura 19. Transiciones conductuales del tiburón blanco bajo situaciones de cebado (n= 4,099 transiciones). Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Captura boya (BOY).	52
Figura 20. Transiciones significativas en el comportamiento de los tiburones blancos bajo situaciones de cebado (n= 4,099 transiciones). Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Captura boya (BOY).	53
Figura 21. Frecuencia observada de los primeros 15 comportamientos registrados en los etogramas (n= 4,442 comportamientos). Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Captura boya (BOY).	54
Figura 22. Matrices de comportamiento con las transiciones conductuales significativas, según el estímulo ofrecido y número de transiciones registradas. Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Captura boya (BOY);	55
Figura 23. Proporción de tiburones blancos, por sexo y estadio de madurez, utilizados en el análisis de condicionamiento (n= 69 tiburones).	57
Figura 24. Frecuencia de las visitas de tiburones blancos a las embarcaciones durante 2012-2014 (n= 69 individuos).	58
Figura 25. Proporción de los tiburones identificados de acuerdo a su grado de condicionamiento (n= 69 individuos).	60

GLOSARIO

Aprendizaje. Adquisición por la práctica de una conducta duradera.

Carnada. Cebo animal (pescado) para atraer a los tiburones blancos hacia las embarcaciones turísticas.

Categoría. Conjunto de observaciones clasificadas de acuerdo a ciertas características como el sexo y estadio de madurez, etc.

Chum. Vertimiento orgánico compuesto por una mezcla de agua salada con partes de pescado tales como sangre, carne, grasa, escamas, etc.

Comportamiento. *Sin. Conducta.* Conjunto de acciones definidas con las que un ser vivo responde a un estímulo.

Condicionamiento. Tipo de aprendizaje asociativo, en el cual se relaciona un estímulo nuevo a un comportamiento específico.

Conservación. Mantener o cuidar de la permanencia de los recursos naturales.

Ecoturismo. Turismo con el que se pretende hacer compatibles el disfrute de la naturaleza y el respeto al equilibrio del medio ambiente.

Especie pelágica costera. Taxón que se distribuye principalmente sobre la plataforma continental.

Especie pelágica oceánica. Taxón que se distribuye principalmente fuera de la plataforma continental.

Etograma. Catálogo con las descripciones sistemáticas de los patrones conductuales típicos de una población animal.

Etología. Rama de la biología que se encarga del estudio del comportamiento animal.

Foto identificación. Proceso para la diferenciación de individuos en una población mediante el análisis de fotografías.

Isla Continental. Porción de tierra firme rodeada completamente por masas de agua, con una plataforma y de origen continental.

Isla Oceánica. Porción de tierra firme rodeada completamente por masas de agua, fuera de la plataforma continental y con origen volcánico o coralino.

Legislación. Conjunto o cuerpo de leyes por las cuales se gobierna un Estado, o una materia determinada.

Madurez sexual. Edad en la que un organismo es capaz de reproducirse.

Matriz transicional. Gráfico que representa la secuencia de comportamiento de una especie en respuesta a una actividad específica.

Población. Conjunto de individuos de la misma especie que ocupan un espacio y tiempo determinado, con descendencia fértil.

Presencia. Aparición de un organismo en un espacio y tiempo determinado.

Prestador de servicios turísticos. Persona física o moral que organice, promueva y comercialice actividades relacionadas al turismo.

Sitio de agregación. Espacio donde se congregan individuos de una misma especie de manera estacional, con fines alimenticios o reproductivos y mostrando una fidelidad al sitio.

Unidad de comportamiento. Acción determinada de un organismo ante un estímulo.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue conocer el efecto de cuatro tipos de carnada sobre la presencia y comportamiento del tiburón blanco, *Carcharodon carcharias*, en Isla Guadalupe, México. Para ello, se registró el tipo de carnada, avistamientos de los tiburones, comportamiento y la foto identificación de cada individuo. El estudio se realizó a bordo de embarcaciones turísticas que utilizaron carnadas permitidas y no permitidas durante agosto-noviembre del 2012-2014. Los datos fueron analizados de acuerdo al sexo, estadio de madurez y número total de tiburones, obteniendo un total de 6,145 avistamientos correspondientes a 121 tiburones blancos. En el caso de la presencia del tiburón blanco, no se observaron diferencias significativas en los avistamientos con relación al tipo de carnada, por lo que se observó una efectividad similar para atraer a los tiburones blancos hacia las embarcaciones. En cuanto al comportamiento, se definieron ocho conductas del tiburón durante su interacción con las carnadas en superficie y, adicionalmente, se presenta evidencia de una jerarquía por tamaño del tiburón para la adquisición del cebo. Aunque todas las carnadas mostraron una efectividad similar, el análisis etológico mostró que el tipo de carnada tiene un efecto en la conducta del tiburón durante su interacción con embarcaciones. Las carnadas no permitidas generaron patrones conductuales con comportamientos agresivos dirigidos a la alimentación; mientras que la carnada legal no generó un patrón de comportamiento definido. Asimismo, fue posible determinar el grado de condicionamiento individual, con base en tiempos de interacción y consumo de carnadas. De los cuatro niveles de condicionamiento, el 5% (n= 3) se encontró dentro de las dos categorías con mayor riesgo y el 36% (n= 25) fue incluido dentro de las categorías de riesgo bajo. No obstante, el 59% (n= 41) de los individuos no presentaron signos de condicionamiento. Esto sugiere que el esfuerzo actual del ecoturismo no ha generado un condicionamiento en la mayoría de los tiburones blancos que interactúan con las embarcaciones; que las carnadas tienen una efectividad similar y que no existe beneficio alguno para los prestadores de servicio al utilizar carnadas no permitidas en la reserva, ya que, por el contrario, los estímulos frescos generan una conducta agresiva y aumentan el potencial de ocasionar accidentes relacionados con las jaulas.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of four types of bait on the presence and behavior of white sharks, *Carcharodon carcharias*, in Guadalupe Island, Mexico. The type of bait, sightings, behavior, and pictures for Photo ID were recorded aboard tourist boats that used legal or illegal baits during August-November 2012-2014. The data were analyzed according to sex, maturity and the total of sharks, in relation to the type of bait, with 6,145 sightings of 121 white sharks. The type of bait shows no significant effect on the presence of the white sharks, thus, a similar effectiveness to attract the sharks was observed. Regarding to the surface behavior, eight types of behavioral units were described. In addition, the evidence of a hierarchy based on size is also presented. Although all the baits had a similar effectiveness, the ethological analysis showed that the type of bait has a different effect on the behavior of the sharks during their interaction with the boats. The illegal baits generate behavioral patterns constituted by aggressive behaviors related to feeding, whereas the legal bait did not generate a defined behavioral pattern. The conditioning of white sharks was determined by the times of interaction and the consumption of baits. The 59% of sharks (n= 41) showed no conditioning related to the baits, 36% (n= 25) showed a low risk and just the 5% (n= 3) was determined under a high risk of conditioning. The results suggest that the actual effort on the use of baits have no effect on the conditioning of the white sharks, that all baits have a similar effectiveness and that there is no benefit in the use of illegal bait in the reserve; since, on the contrary, the fresh stimuli generates an aggressive behavior and increase the potential of accidents related to the divers in the cages.

1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento del tiburón blanco, *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758), en la Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe, es una actividad turística que surgió en México a finales del año 2001. La presencia de esta especie durante los meses de agosto a febrero de cada año, han permitido el desarrollo de una industria ecoturística basada en el avistamiento del tiburón blanco mediante el buceo en jaula (Iñiguez-Hernández, 2008; Torres-Aguilar *et al.*, 2015). Esta actividad, representa la principal forma de aprovechamiento legal de este recurso, debido a que es una especie protegida por autoridades tanto nacionales como internacionales, al ser considerado un taxón vulnerable a la extinción (Iñiguez-Hernández, 2008; Fergusson *et al.*, 2009).

En el aspecto socioeconómico, esta actividad genera un aproximado de \$ 4,500,000 dólares americanos, considerando únicamente las ventas del viaje a los turistas. No obstante, dicho cálculo no contempla otros beneficios, como la derrama económica en el municipio de Ensenada o el aporte por impuestos gubernamentales (Iñiguez-Hernández, 2008; Omar Santana-Morales, *com. pers.*, 2017). De igual forma, la presencia de las embarcaciones funciona como vigilancia extra contra la pesca ilegal que pudiera ocurrir en la reserva, por lo que sus beneficios junto con la educación ambiental están relacionados con el potencial económico (Iñiguez-Hernández, 2008). Adicionalmente, dichas embarcaciones actúan como plataforma para la investigación científica en zonas remotas como Isla Guadalupe (Torres-Aguilar *et al.*, 2015); por lo que su actividad en la zona es clave para el aprovechamiento sustentable y conservación del tiburón blanco en México.

En el ámbito científico, la mayoría de los prestadores de servicios turísticos han facilitado las labores de investigación con el tiburón blanco alrededor de la isla, ya que han apoyado estudios demográficos (Domeier & Nasby-Lucas, 2007, 2008, 2013; Sosa-Nishizaki *et al.*, 2012; Hoyos-Padilla *et al.*, 2016), ecológicos (Jaime-Rivera *et al.*, 2013; Becerril-García *et al.*, 2015), conductuales (Guerrero-Ávila, 2011; Skomal *et al.*, 2015), toxicológicos (Aquino-Baleyto, 2016) y también, a los monitoreos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) a través del Programa

de Monitoreo Biológico (PROMOBI) y el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER). Estas acciones de investigación han desembocado en la colaboración de instituciones educativas y/o de investigación, como el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Centro de Investigación Biológicas del Noroeste (CIBNOR), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y de asociaciones civiles que realizan investigación científica con el tiburón blanco, como Pelagios Kakunjá y ECOCIMATI.

El uso de carnadas para atraer a los tiburones blancos hacia las embarcaciones se realiza en actividades turísticas y de investigación. Es una de las estrategias utilizadas para la obtención de material biológico en el caso de los científicos, o para generar una interacción adecuada entre los tiburones y los turistas que se encuentran dentro de las jaulas en las embarcaciones recreativas. Esta práctica, requiere de un permiso especial para su implementación (Iñiguez-Hernández, 2008; Torres-Aguilar *et al.*, 2015),

La problemática de las carnadas se constituye en la hipótesis de que su utilización puede generar alteraciones negativas en el comportamiento y la presencia del tiburón blanco en la zona (Johnson & Kock, 2006; Laroche *et al.*, 2007; Iñiguez-Hernández, 2008; Bruce & Bradford, 2013), por lo que la evaluación de esta relación es necesaria para favorecer el manejo de este recurso en la Reserva. Adicionalmente, algunos pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Participación Estatal Abuloneros y Langosteros, han expresado su preocupación ante un posible cambio en el comportamiento del tiburón blanco a partir de un condicionamiento con las carnadas (Iñiguez-Hernández, 2008; Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Participación Estatal Abuloneros y Langosteros SCL, 2016), por lo que dicha problemática puede ser abordada mediante una evaluación del comportamiento del tiburón.

Esta investigación describe la relación entre la carnada con la presencia y el comportamiento del tiburón blanco. La decisión de trabajar ambas perspectivas,

responde a la necesidad de generar información útil para los sectores involucrados en la conservación del tiburón blanco, los cuales, se representan en las autoridades de la reserva, los pescadores de abulón y langosta, prestadores de servicios turísticos, y la comunidad científica. El conocer la efectividad de las carnadas permitidas y no permitidas, abordadas en el apartado de la presencia, puede favorecer el manejo desde los sectores gubernamentales y empresariales; mientras que los resultados referentes al comportamiento, son de especial interés para la comunidad de pescadores, autoridades, empresarios y científicos.

2. ANTECEDENTES

2.1. Consideraciones generales

El tiburón blanco es una de las cinco especies incluidas en la familia Lamnidae (Compagno *et al.*, 2005). Es reconocido como uno de los tiburones de mayor tamaño al ser capaz de superar los 6 m de longitud total (LT) y como un depredador tope en los ecosistemas donde se distribuye (Compagno *et al.*, 2005; Castro-Aguirre, 2012). Se caracteriza por un cuerpo robusto con una coloración oscura en el dorso y blanca en el vientre (Fig. 1), además de contar con dientes aserrados y triangulares, que forman parte de un cambio ontogénico en su dentición al momento de alcanzar la madurez sexual (Compagno *et al.*, 2005). Esta característica les permite alimentarse de animales de gran tamaño y alto contenido energético, como cetáceos y pinnípedos (Estrada *et al.*, 2006). Los cefalópodos, peces óseos y otros elasmobranquios, también son presas importantes a lo largo de toda su vida (Estrada *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2012)

Tradicionalmente, el tiburón blanco ha sido considerado como una especie longeva, capaz de superar los 38 años de edad (Natanson & Skomal, 2015; Christiansen *et al.*, 2016). Sin embargo, los estudios mediante el análisis de la bomba de radiocarbono han sugerido que el tiburón blanco puede vivir más de 73 años (Hamady *et al.*, 2014), por lo que la memoria y aprendizaje pueden ser fundamentales para el desarrollo de su comportamiento, hábitos alimenticios y reproducción (Myrberg, 1991; Bres, 1993).

La información referente a su biología reproductiva puede ser considerada escasa. Aunque existen registros de tiburones blancos capturados incidentalmente en diferentes partes del mundo (Soldo & Dulcic, 2005; Galván-Magaña *et al.*, 2010; Castro, 2012; Amorim *et al.*, 2017), las investigaciones que exploran aspectos reproductivos son insuficientes y no permiten el desarrollo de estudios integrales sobre la reproducción de esta especie. No obstante, se sabe que el tiburón blanco es un vivíparo aplacentario que nutre a sus embriones mediante ovocitos sin fecundar, otorgados después del consumo del vitelo, en una estrategia conocida como oofagia (Gilmore, 1993; Francis, 1996). Uno de los pocos registros de una hembra preñada fue publicado por Francis (1996), quien sugiere que esta especie puede tener entre 2-15 crías, que miden cerca de 120-150 cm al momento del alumbramiento, y que nacen después de un periodo de gestación que podría durar 18 meses, de acuerdo con la hipótesis de Domeier (2012) con base en telemetría satelital.

El tiburón blanco se encuentra distribuido principalmente en zonas templadas o subtropicales alrededor del mundo (Compagno *et al.*, 2005). Sin embargo, se le considera tradicionalmente como una especie cosmopolita, debido a su baja presencia en zonas tropicales como el Pacífico Central Tropical (Madrid-Vera *et al.*, 1998), Brasil (Amorim *et al.*, 2017) o Cuba (Castro, 2012), aunque no existe evidencia consistente de una presencia permanente en estas regiones. Se piensa que dicha distribución está relacionada con la *retia mirabilia*, que consiste en una “red” de venas y arterias encargadas de transmitir el calor generado por los músculos, hacia zonas como el cerebro, los ojos y las vísceras en el grupo de los Lamniformes (Scholander & Krog, 1957). No obstante, dicha estructura es favorable para su movimiento hacia aguas con temperaturas bajas y, debido a la constante generación de calor, podría ser un inconveniente para su distribución en zonas tropicales. Una muestra de ello, radica en que todos los sitios de agregación conocidos actualmente, se encuentran en zonas templadas o subtropicales donde los tiburones blancos se alimentan de manera estacional (Pyle *et al.*, 1996; Hammerschlag *et al.*, 2006; Robbins, 2007; Jaime-Rivera *et al.*, 2013).

En el mundo pueden reconocerse seis sitios de agregación para el tiburón blanco: Isla Guadalupe en México, Las Farallones en Estados Unidos, Isla Dyer e Isla Seal en Sudáfrica, Islas Neptuno en Australia y la Isla Stewart en Nueva Zelanda (Klimley, 1985; Hammerschlag *et al.*, 2006; Domeier & Nasby-Lucas, 2007; Duffy *et al.*, 2012). En el Mar Mediterráneo, Japón, y la costa Este de Estados Unidos también se han registrado una cantidad de avistamientos significativa para esta especie (Adams *et al.*, 1994; Uchida *et al.*, 1996; Soldo & Dulcic, 2005; Curtis *et al.*, 2014); sin embargo, no cuentan con una posición insular específica registrada, como sucede en el caso de los primeros sitios mencionados. Debido a la vulnerabilidad biológica inherente del taxón, las autoridades de cada país han implementado medidas precautorias para evitar un decremento de las poblaciones de tiburones blancos en estas zonas (Fergusson *et al.*, 2009). En México existe una veda permanente para evitar su aprovechamiento por las pesquerías, y la posesión de individuos completos o en partes, se castiga con sanciones a nivel federal (DOF, 2002, 2007; SAGARPA, 2014). De esta manera, el ecoturismo puede ser considerado como la principal forma de explotación legal de este recurso a nivel internacional y cabe mencionar, que dicha actividad solo se ha desarrollado en las islas mencionadas al inicio de este párrafo.



Figura 1. Tiburón blanco, *Carcharodon carcharias*. Fotografía de Edgar Becerril.

2.2. El ecoturismo con tiburón blanco

El ecoturismo con tiburones blancos ha sido una alternativa sustentable para el aprovechamiento de este recurso en diferentes partes del mundo (Topelko & Dearden, 2009; Gallagher & Hammerschlag, 2011; Cisneros-Montemayor *et al.*, 2013). Debido a las regulaciones pesqueras que impiden su captura, dicha actividad se ha convertido en la principal forma de adquirir un beneficio económico sin la necesidad de capturar a los tiburones (Fig. 2). El primer país en otorgar protección especial al tiburón blanco fue Sudáfrica en 1991; le siguió Estados Unidos en 1994 para la costa de California y en 1997 para su costa Atlántica. Australia hizo lo propio en 1998 mientras que México y Nueva Zelanda hicieron efectiva en 2007 (Iñiguez-Hernández, 2008; Fergusson *et al.*, 2009). Estos últimos, al descubrir los dos sitios de agregación más recientes en el mundo: Isla Guadalupe e Isla Stewart. No obstante, el avistamiento de tiburones blancos comenzó desde los años 60's con la empresa de buceo *Rodney Fox Sharks Expedition* en Australia (Iñiguez-Hernández, 2008). En Sudáfrica se inició poco después de 1991 (Johnson & Kock, 2006; Global Shark Diving, 2017) y en América, el pionero del buceo con tiburones blancos fue el capitán Lawrence Groth con *Shark Diving International* desde los 90's en Farallones y una década después, en Isla Guadalupe (Iñiguez-Hernández, 2008; Erick Higuera, *com. pers.* 2017).

Las primeras embarcaciones que visitaron Isla Guadalupe para ver al tiburón blanco llegaron en septiembre del 2001 bajo el control de tripulantes estadounidenses y sin dar un aviso a las autoridades mexicanas; las cuales, no estaban enteradas de la presencia del tiburón blanco en la isla (Iñiguez-Hernández, 2008; Lawrence Groth, *com. pers.*, 2017). El inicio de la actividad ecoturística se realizó, originalmente, a partir del reporte de pescadores deportivos estadounidenses que sugerían la presencia de tiburones de gran tamaño, debido a los ataques constantes sobre sus capturas de atunes aleta amarilla *Thunnus albacares* y jureles de Castilla *Seriola lalandi* (Lawrence Groth, *com. pers.*, 2017; Fig. 3).

La embarcación *Horizon* fue la primera en realizar una expedición para el avistamiento de tiburones blancos a partir de dichas observaciones. El viaje fue organizado por el capitán Lawrence Groth y su socio eventual Paul Anes. En los años

siguientes, Paul contrataría por separado nuevamente al *Horizon*; mientras que Lawrence Groth haría lo propio, pero con otras embarcaciones como el *Searcher* y el *Solmar V* (Lawrence Groth, *com. pers.* 2017).



Figura 2. Avistamiento del tiburón blanco mediante el buceo en jaula. Fotografía de Edgar Becerril.

Debido al éxito del negocio en Isla Guadalupe, años después se añadirían más embarcaciones a la actividad, pero con un máximo de seis permisos por temporada, debido al límite máximo propuesto por las autoridades en el año 2007 (Iñiguez-Hernández, 2008). Durante el periodo 2012-2014, se presentaron las seis embarcaciones con permiso para el avistamiento del tiburón blanco. No obstante, el número se incrementó a siete embarcaciones durante 2015, y a pesar de las decisiones previas sobre la capacidad de carga, se espera que en el 2017 se añada otra embarcación.



Figura 3. Mordida de tiburón blanco *Carcharodon carcharias* sobre un atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en Isla Guadalupe, México. Fotografía de Edgar Becerril.

El buceo en jaula con tiburones blancos opera de manera similar en las diferentes partes del mundo (Johnson & Kock, 2006; Iñiguez-Hernández, 2008; New Zealand Department of Conservation, 2013). Este tipo de buceo consiste en introducir una o varias personas dentro de jaulas de metal, las cuales pueden estar flotando exclusivamente en superficie como sucede en Sudáfrica, Estados Unidos y Nueva Zelanda, o con la opción de ser sumergidas a varios metros de profundidad, como es promocionado por algunos operadores en México y Australia (Johnson & Kock, 2006; Iñiguez-Hernández, 2008; New Zealand Department of Conservation, 2013). Adicionalmente, se utilizan atrayentes orgánicos como carnada para acercar a los tiburones blancos hacia las embarcaciones. Dichas carnadas normalmente son cabezas de túnidos unidas a cuerdas de nylon para ser manipuladas por la tripulación, con el fin de que el tiburón se acerque a las jaulas, pero sin que ocurra la captura de la carnada (Johnson & Kock, 2006; New Zealand Department of Conservation, 2013; Torres-Aguilar *et al.*, 2015).

Sudáfrica es el único país donde adicionalmente, se arrojan siluetas plásticas que simulan la forma de un lobo marino. No obstante, esta opción se utiliza principalmente cuando la embarcación se encuentra en marcha y no durante el buceo,

con el fin de que los turistas aprecien los saltos que ocurren como consecuencia de los ataques del tiburón, hacia dichas siluetas (Johnson & Kock, 2006).

La flota ecoturística en Isla Guadalupe durante el periodo 2012-2016, estuvo compuesta por barcos de largo alcance que miden entre 27-41 m de eslora y pueden alojar entre 17 y 35 pasajeros además de la tripulación (Ayala-Bocos, *com. pers.* 2017; Fig. 4.). El rango de precios por persona fue de \$ 2,500-5,000 USD. Los barcos tienen de 2-4 jaulas con una capacidad máxima de 4 personas que respiran mediante un sistema *hooka*. La mayoría de los prestadores turísticos ofrecen la posibilidad de sumergir una o varias de sus jaulas a una profundidad máxima de 10 m, siempre y cuando los participantes sean buzos certificados. La única excepción de este servicio durante dicho periodo fue la embarcación *Horizon*; la misma que realizó el primer buceo en jaula en septiembre de 2001.

Cada compañía utiliza al menos dos jaulas de manera simultánea, con turistas que toman turnos de una hora para su buceo. Esta operación es supervisada por el capitán y el *dive master* de cada embarcación, y cuenta, además, con dos tripulantes que se encargan de la manipulación de las carnadas (Iñiguez-Hernández, 2008). En Isla Guadalupe está prohibido el buceo fuera de jaula y el vertimiento de materia orgánica conocido comúnmente como *chum*, compuesto por tejidos de pescado como sangre, piel, músculo, vísceras, etc. No obstante, todas estas actividades suceden cada año de manera ilícita. Para el uso de la carnada se requiere de un permiso especial de vertimiento otorgado por la Secretaría de Marina (Iñiguez-Hernández, 2008).



Figura 4. Embarcación para el avistamiento de tiburones blancos en Isla Guadalupe.
Fotografía de Edgar Becerril.

El ecoturismo en Isla Guadalupe ha favorecido la investigación de los tiburones blancos en México (Iñiguez-Hernández, 2008). Desde sus inicios, esta actividad se ha visto involucrada en estudios ecológicos (Jaime-Rivera *et al.*, 2013; Becerril-García *et al.*, 2015), demográficos (Domeier & Nasby-Lucas, 2007, 2008, 2013; Sosa-Nishizaki *et al.*, 2012; Hoyos-Padilla *et al.*, 2016), toxicológicos (Aquino-Baleytó, 2016) y de comportamiento del tiburón blanco (Guerrero-Ávila, 2011; Skomal *et al.*, 2015), además de apoyar también, a los monitoreos de la CONANP. No obstante, el principal beneficio radica en el sector económico, al generar empleos y provocar una derrama económica que, a su vez, favorece la educación ambiental y la conservación de esta especie en México. Este beneficio y su potencial económico, no han sido evaluados con profundidad, por lo que es posible que el recurso tiburón blanco pueda ser explotado de una manera más eficiente. Adicionalmente, las embarcaciones también funcionan como vigilancia extra contra la pesca ilegal que pudiera presentarse en la isla, por lo que su presencia puede ser considerada como fundamental para la protección de este recurso en la Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe (Higuera, *com. pers.*, 2017). De esta manera, el ecoturismo ha demostrado ser útil para la

investigación científica, el desarrollo económico y la protección de los recursos naturales en esta zona del país.

2.3. Problemática

Algunas hipótesis han generado la preocupación de ciertos sectores de la sociedad con respecto al avistamiento del tiburón blanco (Johnson & Kock, 2006; Laroche *et al.*, 2007). A pesar de los beneficios obtenidos por el ecoturismo, las carnadas han sido relacionadas con posibles efectos negativos sobre los tiburones blancos y su relación con las comunidades humanas (Laroche *et al.*, 2007). Los principales ejemplos radican en las posibles enfermedades transmitidas por las carnadas, la disminución de la depredación natural, y particularmente para surfistas y pescadores, la pérdida de la “precaución natural” ante los humanos (Johnson & Kock, 2006; Laroche *et al.*, 2007). Estos posibles efectos, dependen en primera instancia, del desarrollo de un condicionamiento hacia las carnadas (Johnson & Kock, 2006); el cual, se genera al exponer y alimentar a los tiburones blancos con una frecuencia suficiente para el desarrollo dicho condicionamiento (Robbins, 2004; Johnson & Kock, 2006).

El condicionamiento está definido como una forma de aprendizaje asociativo, en el que se relaciona la presencia de un estímulo con una respuesta natural. En el caso de los tiburones blancos, el estímulo está representado por las carnadas; mientras que la respuesta natural se relaciona con la conducta de alimentación (Robbins, 2004). La mayoría de los vertebrados y algunos invertebrados pueden ser condicionados bajo ciertas circunstancias, de esta manera, es posible que el tiburón blanco también pueda ser condicionado al asociar a los humanos con la disponibilidad de alimento (Roberts, 1997; Robbins, 2004).

En México el problema de las carnadas es competente a los sectores relacionados con la conservación del tiburón blanco (Iñiguez-Hernández, 2008). En Isla Guadalupe se ha sugerido que el comportamiento del tiburón blanco es diferente cuando existe la presencia de embarcaciones turísticas en la isla (Guerrero-Ávila,

2009), además de que los problemas inherentes al ecoturismo han sido evidenciados en gran parte, por el trabajo de Iñiguez-Hernández (2008).

Los pescadores de Isla Guadalupe han externado su preocupación ante el uso de carnadas para el ecoturismo con el tiburón blanco (Iñiguez-Hernández, 2008). Su razonamiento se fundamenta, en el hecho de que un tiburón blanco condicionado podría relacionar a los pescadores con alimento durante sus faenas de buceo para la captura de abulón (Iñiguez-Hernández, 2008). No obstante, el uso de carnadas es fundamental para el ecoturismo en Isla Guadalupe, ya que, sin ellas, la atracción de los tiburones blancos hacia las jaulas no está garantizada. Debido a esto, el interés de los prestadores de servicios no es ajeno ante dicha preocupación, ya que el conocimiento sobre el efecto de las carnadas, podría ser útil para mejorar el manejo de este recurso y satisfacer a todos los sectores involucrados.

Los prestadores de servicio han sido señalados de cometer acciones de pesca ilegal, para el uso de carnadas no permitidas durante su actividad (Fig. 5). La justificación informal para la captura de peces en la reserva y su utilización como carnada, se debe a que los prestadores de servicio argumentan, que el estímulo de sangre fresca puede atraer más tiburones en menor tiempo. Esto, en comparación con las carnadas congeladas permitidas por la Secretaría de Marina (Iñiguez-Hernández, 2017). No obstante, el efecto de las carnadas, permitidas o no, sobre la presencia o comportamiento del tiburón blanco, no ha sido evaluado previamente en ninguna localidad alrededor del mundo.



Figura 5. Atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, capturado en Isla Guadalupe.
Fotografía de Edgar Becerril.

El efecto de las carnadas sobre el tiburón blanco, por lo tanto, puede ser evaluado desde una perspectiva de su presencia y comportamiento. El análisis de la presencia, relacionado a la “efectividad” de las carnadas para atraer una mayor o menor cantidad de tiburones, permite informar a los prestadores de servicio sobre las ventajas y desventajas de utilizar carnadas permitidas o no permitidas. Adicionalmente, el análisis del comportamiento mediante una descripción del condicionamiento y conducta, otorga la posibilidad de aumentar el conocimiento para los pescadores de la reserva y confirmar si las hipótesis sobre un condicionamiento son factibles. En ambos casos, las autoridades tendrían la información necesaria para complementar las acciones de manejo de esta especie en Isla Guadalupe, por lo que su estudio es relevante para la conservación de este recurso en México.

En el aspecto biológico, la evaluación del condicionamiento permite evaluar la posibilidad de cambios en el comportamiento del tiburón blanco, así como las afectaciones negativas de la actividad turística, tales como un desequilibrio energético,

la pérdida del interés en sus presas naturales y un desequilibrio en la red trófica del ecosistema insular en Isla Guadalupe (Orams, 2000; Laroche *et al.*, 2007; Guerrero-Ávila, 2011). Desde la perspectiva del comportamiento, la actividad del buceo en jaula representa una oportunidad para conocer la conducta superficial de los tiburones blancos en situaciones de competencia, sus relaciones jerárquicas e inclusive, su comparación entre poblaciones oceánicas y continentales.

2.4. Investigación científica

La investigación científica ha sido clave para las medidas de manejo y la prevención de los posibles efectos negativos del ecoturismo. Esta problemática ha sido evaluada en Australia y Sudáfrica, debido a la preocupación surgida por bañistas, surfistas, pescadores, científicos y autoridades de cada localidad (Johnson & Kock, 2006; Laroche *et al.*, 2007; Bruce y Bradford, 2013). Debido a esto, su evaluación ha sido fundamental para reconocer la factibilidad de dichos efectos sobre las poblaciones humanas y los tiburones blancos.

Robbins (2004), publicó el primer trabajo que aborda la problemática del ecoturismo desde la perspectiva del condicionamiento en las Islas Neptuno, Australia. Su periodo de muestreo abarcó un total de 140 días a lo largo de tres años de estudio (2001-2004) y una muestra de 126 tiburones blancos identificados. El 53% de estos individuos fueron avistados en menos de cuatro días, por lo que fueron descartados del análisis. El 5% del total de los tiburones presentó un “alto riesgo de condicionamiento”, de acuerdo a los criterios generados por dicho autor, por lo que se concluyó que el ecoturismo no generaba un condicionamiento en la mayoría de los tiburones analizados.

Las categorías utilizadas por Robbins (2004), son una de las principales aportaciones para el análisis del condicionamiento en las poblaciones de tiburones blancos. Estos criterios se fundamentan en las investigaciones con tiburones de otras especies en cautiverio (*Ginglymostoma cirratum*, *Carcharhinus leucas* y *Negaprion brevirostris*), por lo que siguen el supuesto de que el tiburón blanco presenta una

capacidad cognitiva similar a la de dichas especies. La Tabla 1 muestra los criterios propuestos por Robbins (2004), así como las bases científicas que soportan su trabajo. No obstante, ignora la importancia del tiempo diario de interacción, necesario para que se presente el condicionamiento según Clark (1959), por lo que otorga un mayor peso al consumo de carnadas que al tiempo de interacción.

Tabla 1. Categorías de condicionamiento utilizados por Robbins (2004) para los tiburones blancos de las Islas Neptuno, Australia.

Categoría	Descripción	Referencia
I	Tiburones con menos de cuatro visitas al año	Aronson <i>et al.</i> (1967) reportan un periodo de 3-5 días, con alimentos substanciales, para generar un condicionamiento.
II	Tiburones registrados de 5 a 10 días por año	Clark (1959) y Aronson <i>et al.</i> (1967) concluyen que los estímulos deben ser ofrecidos de manera constante y durante un periodo regular.
III	Tiburones registrados de 5 a 10 días en un periodo corto (un mes)	Los tiburones se condicionan en un periodo corto (8 días), si son estimulados al menos 5 días en dicho periodo (Clark, 1959; Aronson <i>et al.</i> 1967; Gruber & Shneiderman, 1975).
IV	Tiburones registrados más de 10 días al año	Clark (1959) menciona que el condicionamiento puede prevalecer hasta 10 semanas sin actividad.

Bruce y Stevens (2003) observaron que el *chum* no genera un efecto sobre los patrones de movimiento de los tiburones blancos, siempre y cuando se mantenga un esfuerzo ecoturístico moderado. De esta manera, dichos patrones de movimiento pueden verse alterados a largo plazo, si el esfuerzo ecoturístico se incrementa; tal y como fue comprobado por Bruce y Bradford (2013). Estos autores, reportaron un incremento significativo en el número de tiburones, a partir de una duplicación del esfuerzo ecoturístico. Los tiburones presentaron un mayor tiempo de residencia en zonas cercanas a las embarcaciones y un patrón de movimientos diurnos distinto a lo registrado antes del aumento en el esfuerzo ecoturístico, por lo que este trabajo

evidenció la importancia de los estudios de capacidad de carga turística y la necesidad de respetar los límites sugeridos a partir de dichas investigaciones.

La relación del ecoturismo con los tiburones blancos también ha sido estudiada en costas sudafricanas. En uno de los primeros reportes que contemplan los efectos negativos de las carnadas, Johnson y Kock (2006) sugieren que el condicionamiento sólo puede ocurrir, cuando los tiburones blancos adquieren las carnadas de manera frecuente y predecible. Destacando, que este efecto podría verse agravado si los prestadores de servicio infringen la prohibición sudafricana de no alimentar a los tiburones blancos. No obstante, mencionan el caso de cuatro tiburones condicionados en Mossel Bay, como una excepción de la regla, en la que los tiburones blancos no están condicionados por las actividades turísticas. Finalmente, descartan que el ecoturismo pueda provocar un cambio en el comportamiento del tiburón blanco, por lo que dicha actividad no representaría un peligro para las personas que utilizan las aguas sudafricanas.

Laroche *et al.* (2007) confirmaron lo anterior, al reportar un efecto menor de las carnadas y el *chum* sobre los tiburones blancos de Sudáfrica. La mayoría de los tiburones mostraron poco interés sobre las carnadas, por lo que se concluyó que el desarrollo de un condicionamiento y las consecuentes afectaciones sobre el ecosistema, tendrían pocas probabilidades de ocurrir. Además, discuten que la poca efectividad del *chum*, podría estar relacionada con la gran densidad de pinnípedos en la zona, por lo que también se descartó un efecto negativo o positivo, relacionado con este vertimiento.

Con respecto al comportamiento desde una perspectiva etológica, los trabajos de Sperone *et al.* (2010, 2012) son los únicos que han descrito la conducta superficial del tiburón blanco con respecto a la presencia de carnadas. En el primero de ellos, se evaluó el comportamiento social de los tiburones blancos en competencia, concluyendo que la respuesta de los tiburones se relacionaba de manera significativa con el tamaño del tiburón y no con el sexo. En el segundo trabajo, se describió la conducta del tiburón blanco de manera individual y con respecto a las carnadas. Se analizaron 140 tiburones a partir de nueve conductas identificadas. Los eventos

registrados como etogramas, mostraron una táctica de respuestas variables para la adquisición de la carnada. Se definió un patrón general de comportamiento, de acuerdo a la frecuencia de las conductas y la determinación de su significancia a partir de una prueba de *Chi* cuadrada. Estas descripciones funcionan principalmente como línea base para estudiar el comportamiento del tiburón blanco, ya que no se realizaron inferencias sobre algún efecto relacionado con el ecoturismo.

En México, los problemas del ecoturismo fueron detallados en el diagnóstico realizado por Iñiguez-Hernández (2008). Un aumento en el riesgo de ataques a los pescadores de abulón, impactos al ecosistema y la pérdida de beneficios económicos fueron los tres problemas principales relacionados a la actividad. No obstante, “la falta de información acerca del comportamiento del tiburón blanco, a partir de ser expuestos al cebado y la observación”, fue descrita como una de las principales causas de estos problemas, junto con las irregularidades en los permisos, tripulantes, jaulas, carnadas, vigilancia y la falta de participación formal de los pescadores, en el beneficio económico generado por el ecoturismo. En este trabajo, se hizo evidente la falta de estudios relacionados al efecto del ecoturismo sobre el tiburón blanco. Sin embargo, la información generada a partir de entonces es escasa y no ha generado contribuciones significativas a la solución de este problema en el país.

La tesis de Guerrero-Ávila (2009) ha sido el único trabajo que proporcionó información sobre el comportamiento del tiburón blanco y su relación con el ecoturismo en Isla Guadalupe. Esta investigación concluyó que el comportamiento del tiburón blanco era distinto, dependiendo si las embarcaciones turísticas estaban presentes o no, en la bahía noreste conocida como Rada Norte. A su vez, proporcionó unidades de comportamiento para describir el comportamiento del tiburón blanco bajo situaciones de cebado, aunque no incluyó un análisis etológico de sus observaciones. No obstante, dicha investigación es considerada como una línea base para el monitoreo de los tiburones blancos en la isla, así como también, para el estudio etológico de esta especie en México (Sosa *et al.*, 2010).

3. JUSTIFICACIÓN

El avistamiento del tiburón blanco es la principal actividad económica para el aprovechamiento sustentable de este recurso en México (Iñiguez-Hernández, 2008, Torres-Aguilar *et al.*, 2015). El ecoturismo en Isla Guadalupe genera beneficios económicos, científicos y de educación ambiental relacionados con esta especie (Iñiguez-Hernández, 2008). Sin embargo, el uso de carnadas tanto permitidas como no permitidas ha generado la preocupación de los sectores involucrados en la conservación de esta especie (Iñiguez-Hernández, 2008). El problema principal, radica en la incertidumbre que existe con respecto a un posible efecto negativo en el tiburón blanco, lo que podría generar afectaciones hacia los pescadores, turistas y prestadores de servicio, a partir de un condicionamiento generado por el uso de las carnadas (Johnson & Kock, 2006; Laroche *et al.*, 2007; Iñiguez-Hernández, 2008).

El efecto del ecoturismo ha sido evaluado en otros sitios de agregación ubicados en Sudáfrica y Australia (Robbins, 2004; Johnson & Kock, 2006; Laroche *et al.*, 2007; Bruce *et al.*, 2013). No obstante, la información referente a este tema aún resulta escasa e insuficiente para beneficio del tiburón blanco en aguas mexicanas (Iñiguez-Hernández, 2008; Guerrero-Ávila, 2009). En Isla Guadalupe, el ecoturismo con el tiburón blanco se realiza desde 2001, sin embargo, no existe un solo estudio que haya analizado el efecto de los tipos de carnada sobre la presencia o el comportamiento de esta especie en México o en cualquier otro sitio de agregación. Esta evaluación es necesaria para la toma de decisiones relacionadas con la conservación del tiburón blanco y, a su vez, como un modelo de las interacciones que existen entre los tiburones y las embarcaciones en un sitio de agregación con características oceánicas.

La presente tesis resulta esencial para los planes de manejo del tiburón blanco. La elección del tipo de carnada adecuado para el avistamiento, así como la información sobre su efecto hacia los tiburones blancos, es capaz de beneficiar las políticas públicas e incidir sobre la toma de decisiones referentes a la conservación de este recurso vulnerable en México y en el mundo (Fergusson *et al.*, 2009).

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Conocer el efecto del tipo de carnada sobre la presencia y comportamiento del tiburón blanco en Isla Guadalupe, México.

4.2. Objetivos particulares

Determinar la efectividad de cada tipo de carnada de acuerdo al sexo y estadio de madurez del tiburón.

Identificar, por sexo y estadio de madurez, a cada uno de los tiburones blancos que interactuaron con las embarcaciones.

Definir los tipos de comportamiento de los tiburones blancos durante su interacción con las embarcaciones en superficie.

Conocer la efectividad de los ataques del tiburón blanco para la adquisición de las carnadas.

Describir la jerarquía por tamaño en tiburones blancos durante la adquisición de las carnadas.

Describir el patrón conductual del tiburón blanco de acuerdo al tipo de carnada y sugerir la mejor opción para la prevención de accidentes.

Determinar si existe algún grado de condicionamiento de cada tiburón blanco identificado.

5. MATERIALES Y MÉTODO

5.1. Área de estudio

Isla Guadalupe (29°00' N, 118°26' W) es un cuerpo de origen volcánico con más de 11 millones de años de antigüedad (Delgado-Argote *et al.*, 1993). Está ubicada en el Océano Pacífico a 241 km de su punto más cercano a la costa de Baja California (Fig. 6), México (Aguirre-Muñoz *et al.* 2003; García-Gutiérrez *et al.*, 2005). Mide 32 km de largo y 6.5-9.5 km de ancho, con una altura máxima de 1,295 m y una superficie total de 244 km² (Pierson, 1987; Aguirre-Muñoz *et al.*, 2003). Estas dimensiones en comparación con el tamaño de otras islas que también albergan tiburones blancos, hacen de Isla Guadalupe el sitio de agregación insular más grande que existe. No obstante, la zona para el avistamiento del tiburón blanco se limita a una bahía de 7 km de largo por 2 km de ancho, conocida como Rada Norte o más específicamente, como Rada Noreste, debido a su posición en la isla (Torres-Aguilar *et al.*, 2015).

De manera general, Isla Guadalupe presenta características oceanográficas influenciadas directamente por la Corriente de California (García-Gutiérrez *et al.*, 2005; Pierson, 1987; Santos-del Prado y Peters, 2008). La temperatura promedio anual de la superficie del mar es de 18 °C (Lynn & Simpson, 1987; Strub *et al.*, 1987; Santos-del-Prado & Peters, 2008), con vientos del Noroeste que impactan su superficie (Strub *et al.*, 1987). En la Rada Norte, el tiburón blanco ha sido registrado en un intervalo de temperatura que va desde los 8.1°C hasta los 25°C (Hoyos-Padilla, 2009; Becerril-García, 2015; Hoyos-Padilla *et al.*, 2016). Algunos de los ecosistemas predominantes son los fondos arenosos y arrecifes rocosos con bosques de macroalgas (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2003; Gallo-Reynoso *et al.*, 2005b; Yabur-Pacheco, 2015).

La Rada Norte ha sido elegida como el sitio exclusivo para el ecoturismo con el tiburón blanco, debido a la protección de los vientos del noroeste y a la presencia de presas que favorecen la densidad de tiburones blancos en la zona (Gallo-Reynoso *et al.*, 2005a; Torres-Aguilar *et al.*, 2015; Hoyos-Padilla *et al.*, 2016). Algunas de las presas potenciales registradas en esta bahía son el elefante marino del Norte,

Mirounga angustirostris; el lobo fino de Guadalupe, *Arctocephalus townsendi*; el lobo marino de California, *Zalophus californianus*; el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*; el jurel de Castilla, *Seriola lalandi*, y la raya murciélago *Myliobatis californica*, entre otras presas potenciales (Gallo-Reynoso *et al.*, 2005a, 2005b; Hoyos-Padilla, 2009; Reyes-Bonilla *et al.*, 2010).

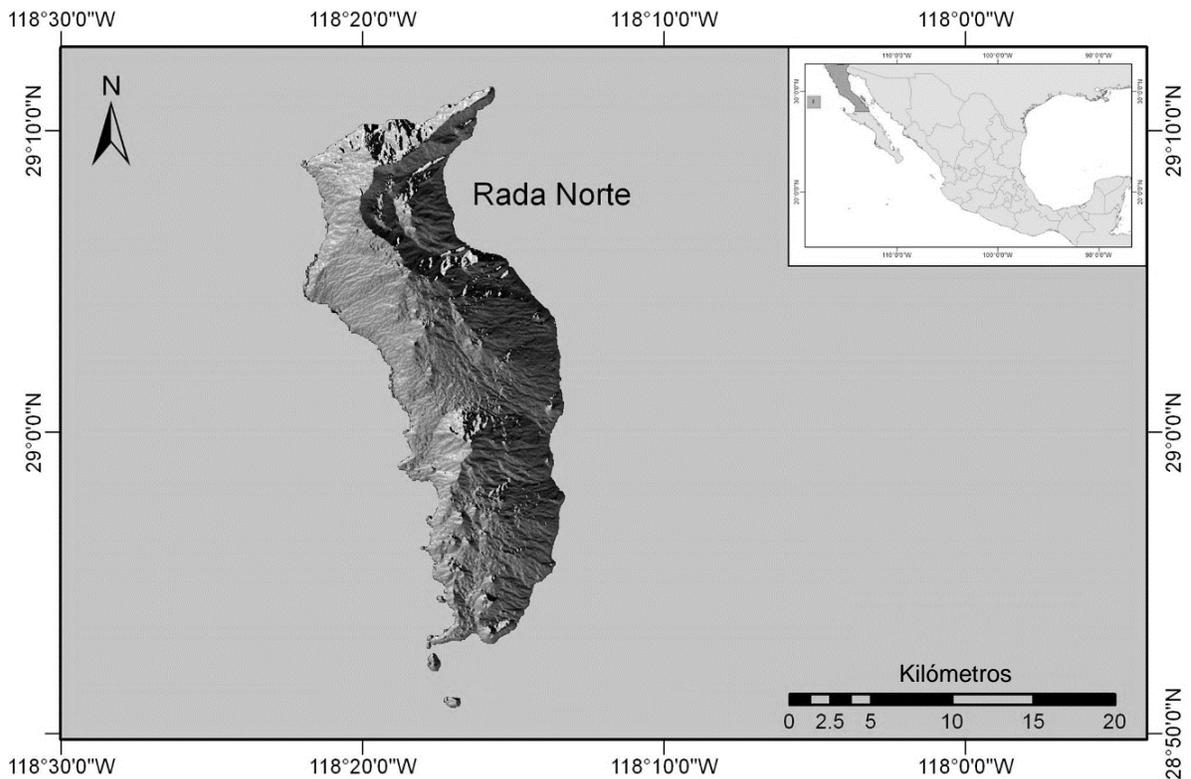


Figura 6. Ubicación de Isla Guadalupe, Baja California, México.

El anclaje de los barcos para el avistamiento de tiburones blancos está permitido bajo ciertas condiciones, como mantener una separación mínima de 450 m entre las embarcaciones, una distancia de 100 m alejados de la costa y un máximo de tres maniobras de anclaje al día. A su vez, la velocidad máxima es de 5 nudos y el acercamiento a tiburones blancos durante eventos de depredación, están limitados a una distancia mínima de 50 m (Torres-Aguilar *et al.*, 2015). La categoría de reserva de la biósfera, exige que las embarcaciones no alteren el ambiente de forma negativa, por

lo que las emisiones, el ruido, manejo de residuos y mantenimiento del barco se encuentran limitados dentro de las casi 24,000 hectáreas que componen la zona núcleo de Isla Guadalupe (DOF, 2005).

En este sitio de agregación no existen estudios precisos sobre la cantidad de tiburones blancos que habitan temporal o permanentemente la isla (Sosa-Nishizaki *et al.*, 2012). Sin embargo, se sabe que los machos adultos llegan en julio, las hembras a finales de septiembre y algunos juveniles permanecen en la zona durante todo el año (Doemeir & Nasby-Lucas, 2007; Hoyos-Padilla *et al.*, 2016), por lo que este sitio de agregación resulta esencial para la alimentación del tiburón blanco y posiblemente, para su reproducción (Hoyos-Padilla, 2009; Domeier, 2012; Jaime-Rivera *et al.*, 2013; Hoyos-Padilla *et al.*, 2016). La densidad de tiburones blancos en la isla, relacionada a esta migración segregada, ocurre durante los meses de julio a enero (Domeier & Nasby-Lucas, 2008). Esto ha permitido el establecimiento de una temporada turística redituable para los prestadores de servicio nacionales y extranjeros, la cual abarca los meses de julio a noviembre, principalmente (Iñiguez-Hernández, 2008; Torres-Aguilar *et al.*, 2015). En el caso de las empresas que permanecen en México, la oferta de Isla Guadalupe complementa su año laboral con la temporada en el Archipiélago de Revillagigedo o el Mar de Cortés, la cual ocurre de noviembre a mayo (Ayala-Bocos, *com. pers.*, 2017). Adicionalmente, las ganancias en Isla Guadalupe se ven favorecidas por el tipo de actividad, ya que el buceo en jaula no exige una gran demanda de combustible, como ocurre con otros destinos donde es necesario trasladarse de una isla a otra para satisfacer al cliente (Iñiguez-Hernández, 2008).

Isla Guadalupe es uno de los principales sitios de agregación de tiburones blancos en el mundo (Domeier & Nasby-Lucas, 2007). Junto con las Farallones en California, ambos puntos son considerados como las únicas islas del Pacífico Oriental, donde es posible registrar a esta especie de manera predecible (Klimley, 1985; Domeier & Nasby-Lucas, 2007). No obstante, la isla mexicana es la única que puede ser considerada como un sitio de agregación con características oceánicas (Becerril-García, 2015). Las Farallones en Estados Unidos, Isla Seal e Isla Dyer en Sudáfrica, las Islas Neptuno en Australia y la Isla Stewart en Nueva Zelanda, son todas ellas,

posiciones insulares de origen continental (Becerril-García, 2015). La posición geográfica de los sitios de agregación en un tipo de sistema, ya sea oceánico o costero, podría tener un efecto sobre la biología, ecología y comportamiento de los tiburones blancos. Por lo tanto, la oportunidad de realizar estudios científicos en Isla Guadalupe corresponde no solo una necesidad, sino también a la creación de conocimiento sobre un modelo único para el estudio del tiburón blanco en ambientes pelágicos.

5.2. Muestreo

El registro de datos se realizó a bordo de las embarcaciones turísticas que visitaron Isla Guadalupe durante los meses de agosto a noviembre en el periodo 2012-2014. Se estableció un campamento temporal en la bahía “Rada Norte” para el traslado hacia las embarcaciones turísticas ancladas en dicha bahía, con el fin de llevar a cabo un muestreo constante. Las jornadas de trabajo abarcaron un horario entre las 07:00 y 18:00 h; sin embargo, la duración específica de cada jornada se estableció según el itinerario de la embarcación, la disponibilidad de los prestadores de servicio y las condiciones ambientales.

Los datos fueron registrados desde la popa de cada embarcación (Fig. 7), con el fin de obtener una perspectiva clara del comportamiento y presencia del tiburón blanco. La zona de interacción de los tiburones se definió en un radio de cinco metros con respecto al cebo. Se registró el tipo de carnada, fecha, sexo, L_T , tipo de comportamiento y hora del avistamiento para cada tiburón detectado. Dichas observaciones fueron realizadas por una sola persona, con el objetivo de mantener el sesgo del muestreo en las estimaciones de un solo observador.

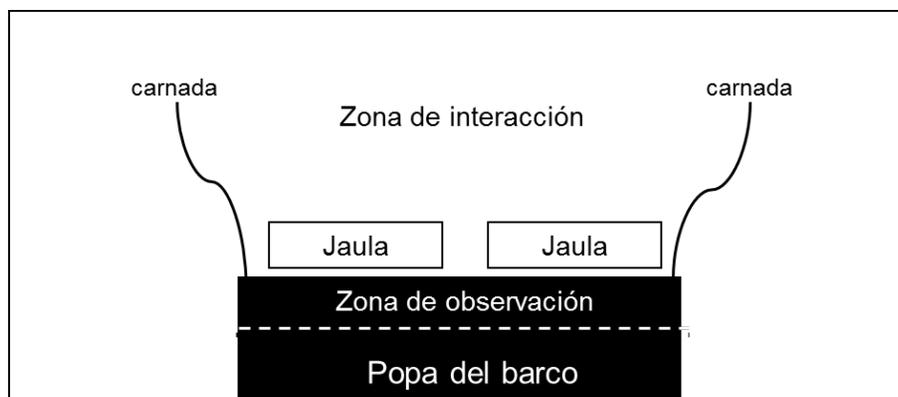


Figura 7. Modelo de las zonas utilizadas para el registro de datos.

Los tiburones fueron clasificados de acuerdo a su sexo y estadio madurez en: 1) machos adultos; 2) machos juveniles; 3) hembras adultas; y 4) hembras juveniles (Compagno, 2005). No obstante, los grupos utilizados fueron especificados en el apartado de cada objetivo y analizado con respecto a uno de los cuatro tipos de carnada registrados (Tabla 2; Fig. 8).

Tabla 2. Descripción de los tipos de carnada utilizados en Isla Guadalupe.

Tipo	Descripción
Atún congelado	Trozo de pescado como cabeza, cola o cualquier otro segmento cortado de atunes o jureles adquiridos en el puerto de Ensenada. Dicho segmento es amarrado a un cabo y una boya, para ser lanzado al mar y atraer al tiburón. Permitida,
Atún congelado y <i>chum</i>	Carnada congelada acompañada de un vertimiento orgánico; compuesto por una mezcla de agua de mar con tejidos de pescado como sangre, carne, grasa, hueso, etc. No permitida.
Atún fresco	Trozos de pescado capturado en Isla Guadalupe, amarrado a un cabo y una boya, para ser lanzado al mar y atraer al tiburón. No permitida.
<i>Tea bag</i>	Trozos de macarelas (<i>Scomber japonicus</i>) capturadas en Isla Guadalupe, colocados en una bolsa de fibra vegetal y amarrado a un cabo con una boya. No permitida.

Las unidades utilizadas para el análisis de presencia y comportamiento fueron, respectivamente, el número de avistamientos por hora y el individuo. Un avistamiento

fue definido, como cualquier comportamiento que el tiburón realizó en superficie a una distancia radial de cinco metros con respecto a la posición de la carnada (Sperone et al., 2012). Un individuo fue considerado como cualquier tiburón diferenciado del resto, que presentó una interacción con las carnadas en superficie. Finalmente, la superficie fue definida como la masa de agua existente entre los 0 y 3 m de profundidad.

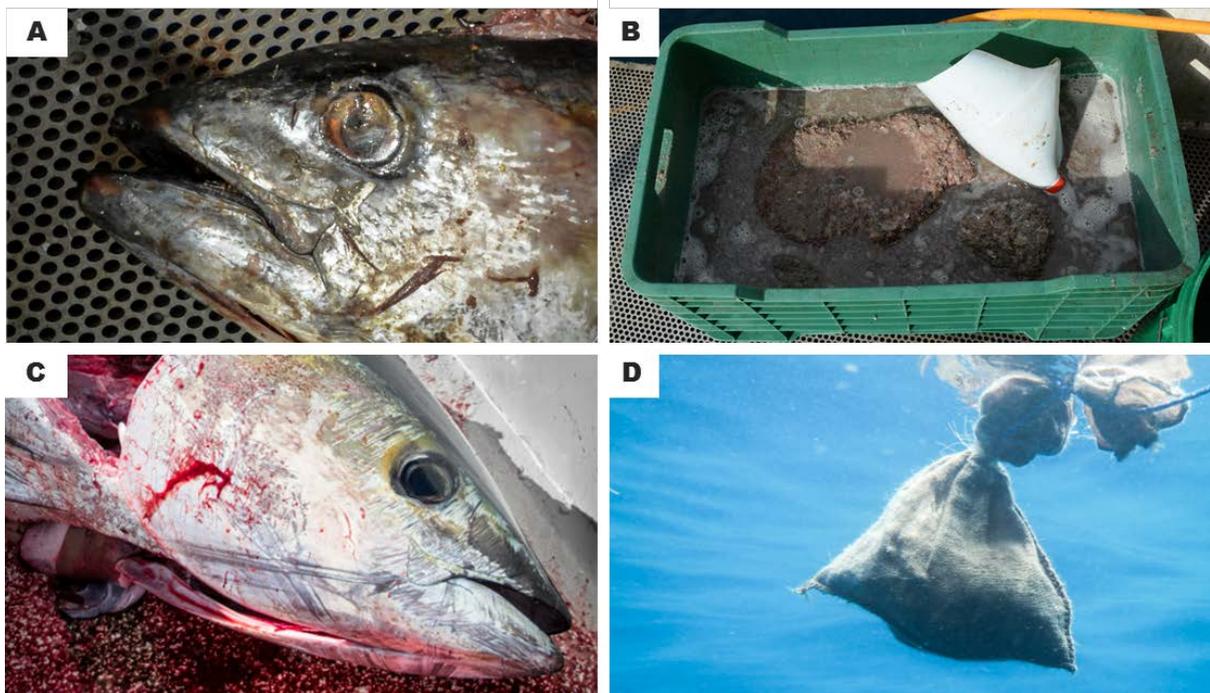


Figura 8. Tipos de carnada utilizados durante el avistamiento del tiburón blanco en Isla Guadalupe: A) Carnada congelada; B) Chum [utilizado junto con carnada congelada]; C) Carnada fresca; D) *Tea bag*. Fotografías de Edgar Becerril.

5.3. Estructura de tallas y sexos

La determinación del tamaño del tiburón se realizó al estimar su LT. Esta medida fue registrada en metros y estimada con una escala conocida. Dicha escala, fue el largo de las jaulas utilizadas por los buzos en cada embarcación. La LT fue registrada al momento de que cada tiburón nadó en superficie, paralelo y cercano a las jaulas (Fig. 9).



Figura 9. Perspectiva de la escala utilizada para determinar la LT de los tiburones blancos.
Fotografía de Edgar Becerril.

El sexo se determinó mediante la observación de gonopterigios en los machos, o la ausencia de dichas estructuras en el caso de las hembras (Fig. 10). Esto se realizó de manera directa durante el muestreo y fue confirmada mediante la revisión de las fotografías digitales de cada individuo.

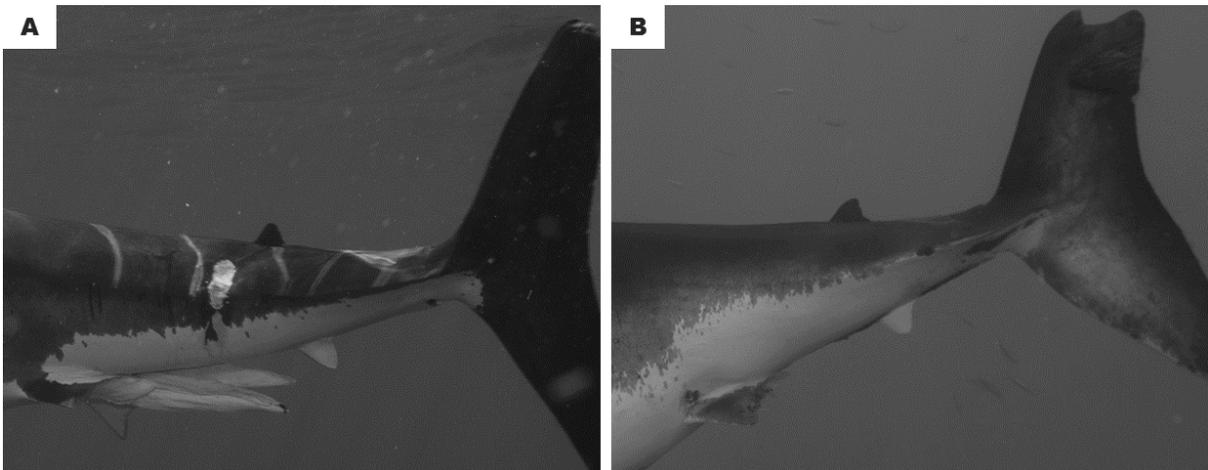


Figura 10. Presencia de gonopterigios en machos (A) y su ausencia en hembras (B).
Fotografías donadas por los turistas.

Los valores de talla y sexo fueron utilizados para conocer el estadio de madurez de cada tiburón según a lo publicado por Compagno (2005). Esto, con la finalidad de describir el efecto del tipo de carnada sobre los tiburones blancos, según su sexo y estadio de madurez. Un tiburón macho fue considerado como adulto al presentar una LT mayor a los 3.5 m, mientras que una hembra fue considerada como tal, al sobrepasar los 4.6 m de LT. Los resultados de este apartado se presentaron de acuerdo a las unidades utilizadas en cada objetivo. Por lo tanto, se utilizó el número de avistamientos en el caso de la presencia y, el de tiburones identificados, para el comportamiento. Finalmente, se utilizó una prueba binomial para conocer si existían diferencias significativas en la proporción de sexos.

5.4. Foto identificación

La identificación se realizó mediante la comparación de fotografías digitales. Dichas imágenes, fueron capturadas mediante el uso de una cámara Nikon D7100 dentro de una carcasa de buceo marca *Ikelite*, una cámara *GoPro Hero 2* y la participación voluntaria de los buzos que donaron sus imágenes para esta investigación. La comparación entre fotografías consistió en la búsqueda de características similares entre tiburones, tales como cicatrices, deformaciones, mutilaciones, marcas acústicas o satelitales, pero con especial énfasis en los patrones de pigmentación de cada tiburón como es sugerido por Nasby-Lucas *et al.* (2007).

5.5. Análisis de presencia

La descripción de la presencia consistió en determinar qué tipo de carnada generó una mayor cantidad de avistamientos; por lo tanto, la unidad utilizada fue el número de avistamientos por hora. Para el análisis se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, debido a que el conjunto de datos no cumplió con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Dicha prueba, se llevó a cabo para cada una de las categorías

de tiburones blancos con relación a uno de los cuatro tipos de carnada utilizado por las embarcaciones.

5.6. Análisis del comportamiento

La descripción del comportamiento fue dividida en dos segmentos principales: conducta y condicionamiento. El análisis del último se realizó a nivel individuo y el del primero, a nivel de grupo. En el condicionamiento, fue necesario confirmar la identidad del tiburón mediante un registro fotográfico confiable. Las características de este tipo de material, consistieron en una imagen nítida que permitiera una identificación del sexo e identidad del tiburón. El material que no permitió una confirmación de la identidad del tiburón, fue considerado como deficiente (Fig. 11).

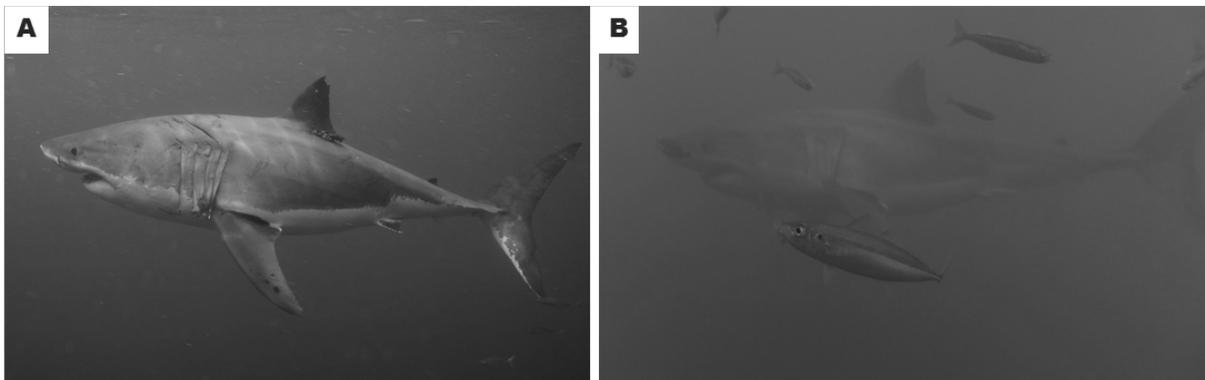


Figura 11. Ejemplos de material fotográfico confiable (A) y deficiente (B), correspondientes al mismo individuo. Fotografías donadas por los turistas.

Para la descripción de la conducta se utilizó la información de todos los tiburones registrados sin importar la calidad del material fotográfico. Estos datos se obtuvieron a partir de todos los tiburones diferenciados y sexados durante el muestreo, gracias al uso de claves en las bitácoras. El análisis se realizó con la clasificación de los tiburones en categorías de machos, hembras, adultos y juveniles, con el fin de buscar patrones relacionados al sexo y la madurez sexual.

5.6.1. Conducta con respecto a la carnada

La descripción del comportamiento se llevó a cabo mediante el uso de etogramas y la generación de matrices transicionales. Para analizar la conducta del tiburón blanco desde las embarcaciones turísticas, se definieron nuevas unidades de comportamiento, utilizando las descripciones de Martín (2003) y Guerrero-Ávila (2011) como referencia. Durante el monitoreo de cada tiburón, se registró el tipo de carnada, unidad de comportamiento y la hora en la que fue detectado.

Los etogramas fueron clasificados de acuerdo al estadio de madurez o sexo del tiburón, por lo que la identidad del individuo no fue considerada para el análisis. Los individuos fueron identificados durante el muestreo mediante claves de nombre, sexo y LT. Esto con el fin de obtener un registro de la conducta de los diferentes tiburones, para ser analizados grupalmente según su sexo y estadio de madurez en: machos, hembras, adultos y juveniles.

La clasificación por grupos se utilizó para describir: **1)** la relación entre la longitud del tiburón y el número de comportamientos registrados por etograma, mediante el uso de una correlación de *Spearman*; **2)** la asociación entre los comportamientos con el sexo o estadio de madurez con el análisis de *Chi* cuadrada; y **3)** la tasa de éxito en las capturas y consumos de carnadas.

La tasa de éxito para la captura de carnadas, se evaluó con la siguiente fórmula:

$$Tca = \left[\frac{a}{(h + v)} \right] * 100$$

Donde:

Tca = Tasa de captura

a = Número de capturas por tiburón

h = Número de ataques horizontales por tiburón

v = Número de ataques verticales por tiburón

Mientras que la tasa de éxito para el consumo de carnadas, se evaluó con la ecuación:

$$Tco = \left[\frac{b}{(h + v)} \right] * 100$$

Donde:

Tca = Tasa de consumo

b = Número de consumos por tiburón

h = Número de ataques horizontales por tiburón

v = Número de ataques verticales por tiburón

Para obtener una perspectiva general del patrón de comportamiento, se realizó una matriz transicional con las frecuencias observadas en la conducta del tiburón. Esta matriz general, incluyó la información de todos los etogramas con tres de las carnadas utilizadas en el periodo de estudio, por lo que no se realizó una separación por grupos, con el fin de observar un posible cambio generalizado por el efecto del tipo de carnadas.

Para dicho análisis de la conducta con relación a las carnadas, se utilizaron matrices que reflejaron las transiciones conductuales significativas, a partir de la prueba de *Chi* cuadrada en las carnadas de atún congelado, atún congelado y chum, y atún fresco.

5.6.1.1. Jerarquía por tamaño

La jerarquía por tamaño del tiburón blanco se describió a partir del número de interacciones intraespecíficas cercanas a la carnada. La interacción fue definida como el encuentro entre dos tiburones a una distancia igual o menor de 3 m, ocasionado por la llegada de un segundo tiburón a la zona de carnadas. Adicionalmente, se registró la reacción del primer tiburón ante esta interacción, mediante la observación de su permanencia o salida de esta zona. Estos encuentros fueron considerados cuando la

diferencia en el tamaño de los tiburones fue mayor o menor a 50 cm de LT, debido a que fue la mínima diferencia de tallas capaz de ser detectada por el observador. De esta manera fue que se definió cuando el segundo tiburón era más grande, o más chico que el primer individuo. El análisis de las frecuencias de estas interacciones se realizó mediante la prueba de *Chi* cuadrada.

5.6.2. Condicionamiento

El condicionamiento de los tiburones blancos se determinó de acuerdo a una modificación de los criterios de Robbins (2004). Para su determinación se utilizó el número de visitas diarias, tiempos de interacción y recepción de estímulos, con relación al comportamiento observado por cada tiburón. Para el presente objetivo, un estímulo fue considerado como tal, cuando el tiburón logró capturar la carnada, sin importar el consumo de la misma.

Los criterios utilizados en esta investigación (Tabla 3), presentan mayor flexibilidad para que un tiburón blanco sea considerado con cierto riesgo de condicionamiento a la carnada. Dichos cambios, subestiman intencionalmente la capacidad de aprendizaje de los tiburones publicada en estudios previos (Clark, 1959; Robbins, 2004), por lo que se amplía el margen para considerar el condicionamiento en un tiburón blanco. Las modificaciones fueron realizadas debido a la falta de estudios sobre el aprendizaje de esta especie, las diferencias entre el esfuerzo ecoturístico de las Islas Neptuno con respecto a Isla Guadalupe, a la utilidad para su aplicación en el monitoreo de esta especie en la reserva y para la evaluación del efecto de las carnadas con un enfoque precautorio. En este trabajo, un “estímulo” fue registrado cuando el tiburón capturaba la carnada, independientemente si esta era ingerida o no.

Tabla 3. Categorías de riesgo de condicionamiento para los tiburones blancos en Isla Guadalupe (Modificados de Robbins, 2004).

Categoría	Descripción
Sin condicionamiento	Tiburones registrados en menos de tres días aleatorios por temporada.
I	Tiburones que visitan las embarcaciones más de tres días aleatorios por temporada.
II	Tiburones que visitan las embarcaciones de 3-5 días por mes.
III	Tiburones que visitan las embarcaciones más de cinco días por mes y reciben al menos un estímulo en dicho periodo.
IV	El tiburón visita las embarcaciones más de cinco días al mes, recibe estímulos y presenta una interacción de más de 20 minutos diarios.

Los resultados fueron presentados mediante histogramas, con el fin de obtener las proporciones de tiburones blancos identificados y sus respectivos grados de riesgo de un condicionamiento por efecto de las carnadas.

6. RESULTADOS

Esta investigación describe la presencia y comportamiento de 121 tiburones blancos durante 87 días de muestreo en tres años de estudio (2012-2014). El intervalo de tallas de los individuos, considerando machos y hembras, fue de 183-579 cm de LT (media= 358 cm). Con respecto a los avistamientos, se registró un total de 6,145 interacciones de tiburones blancos con las embarcaciones.

La proporción de tallas y sexos, así como el número de tiburones y/o avistamientos analizados, son detallados en el apartado correspondiente a cada objetivo. Esto, debido a que las unidades fueron diferentes para cada propósito: el número de avistamientos para la presencia, el número de individuos para el condicionamiento, y ambos, para el análisis de la conducta (Tabla 4).

Tabla 4. Número de tiburones (N) y avistamientos de acuerdo al objetivo. NA= "No Analizado"; Adul= Adultos; Juv= Juveniles.

Objetivo	N	Tiburones				Avistamientos			
		Machos		Hembras		Machos		Hembras	
		Adul	Juv	Adul	Juv	Adul	Juv	Adul	Juv
I. Presencia	121	26	57	23	15	1,821	2,703	1,300	321
II. Comportamiento									
II.I Conducta	106	21	54	19	12	1,488	2,127	988	229
II.II Condicionamiento	69	18	33	13	5	NA	NA	NA	NA

6.1. Presencia

Se incluyó la información de los avistamientos correspondientes a un total de 121 tiburones blancos registrados durante 87 días de muestreo ($n= 6,145$ avistamientos). El 26% pertenecieron a tiburones hembras y el 74% a machos (Fig. 12), por lo que se observó una proporción sexual estadísticamente significativa de 1:3 H:M, de acuerdo a lo obtenido por la prueba binomial ($p<0.01$). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el caso del estadio de madurez, al registrar 51% y 49% de los avistamientos en individuos adultos y juveniles, respectivamente.

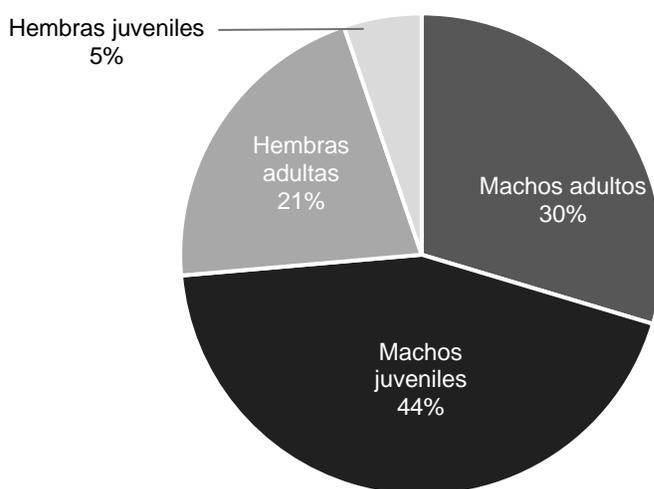


Figura 12. Proporción del número de avistamientos de tiburones blancos por sexo y estadio de madurez ($n= 6,145$ observaciones).

La presencia del tiburón blanco fue mayor durante el mes de agosto. Los avistamientos correspondientes a dicho mes correspondieron a tiburones machos, ya que las hembras fueron registradas a partir de septiembre. El máximo número de avistamientos por hora correspondió a machos inmaduros durante el mes de agosto, sin embargo, este número disminuyó a partir del mes de septiembre (Fig. 13).

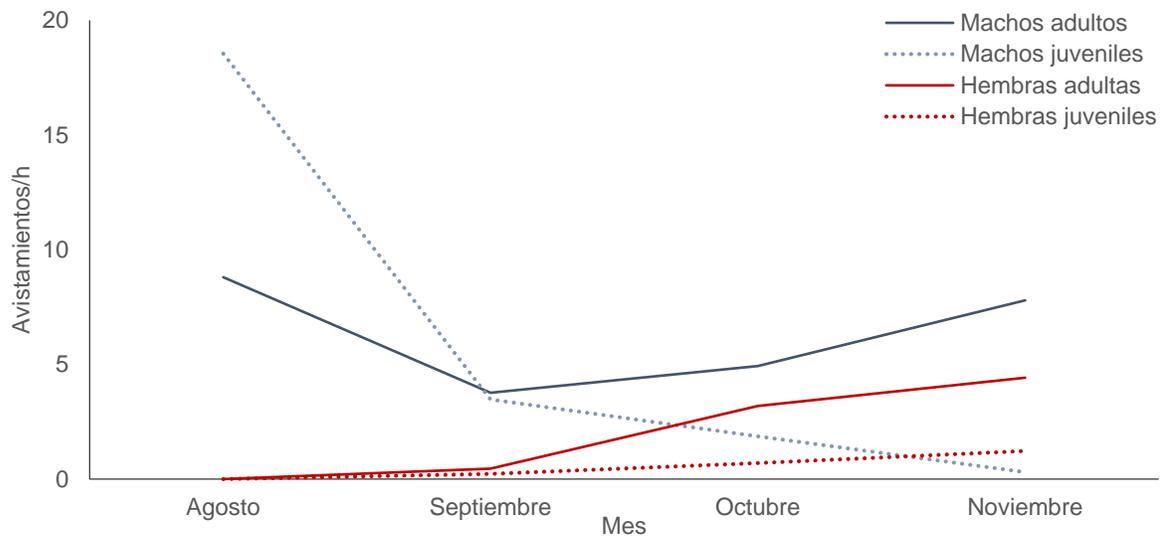


Figura 13. Presencia del tiburón blanco (avistamientos/h) de acuerdo al mes de observación de los 2012-2014.

El número de avistamientos/h fue similar con los cuatro tipos de carnada y de acuerdo al total de avistamientos registrados (Fig. 14). El valor máximo se registró durante el uso del atún congelado y el *chum* con 70.5 avistamientos/h; mientras que el mínimo de 0.17 avistamientos/h se obtuvo con la *Tea bag*, pero sin observar diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de carnada ($H_{3,87} = 8.29$, $p > 0.05$).

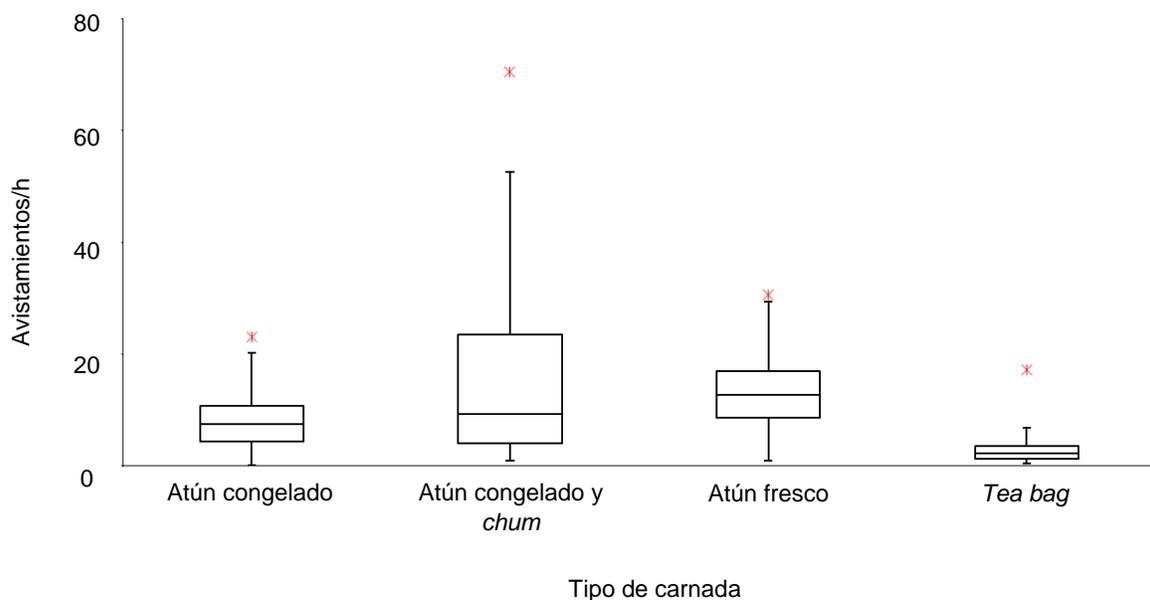


Figura 14. Mediana, percentiles 25% y 75%, outliers máximos (*), valores mínimo y máximo de los avistamientos por hora según el tipo de carnada utilizado.

El mismo efecto se observó al analizar los avistamientos por grupos (Fig. 15). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los avistamientos por hora de machos adultos ($H_{3,87} = 5.91$, $p > 0.05$), hembras adultas ($H_{3,87} = 1.88$; $p > 0.05$), machos juveniles ($H_{3,87} = 17.05$; $p > 0.05$) o hembras juveniles ($H_{3,87} = 7.40$; $p > 0.05$).

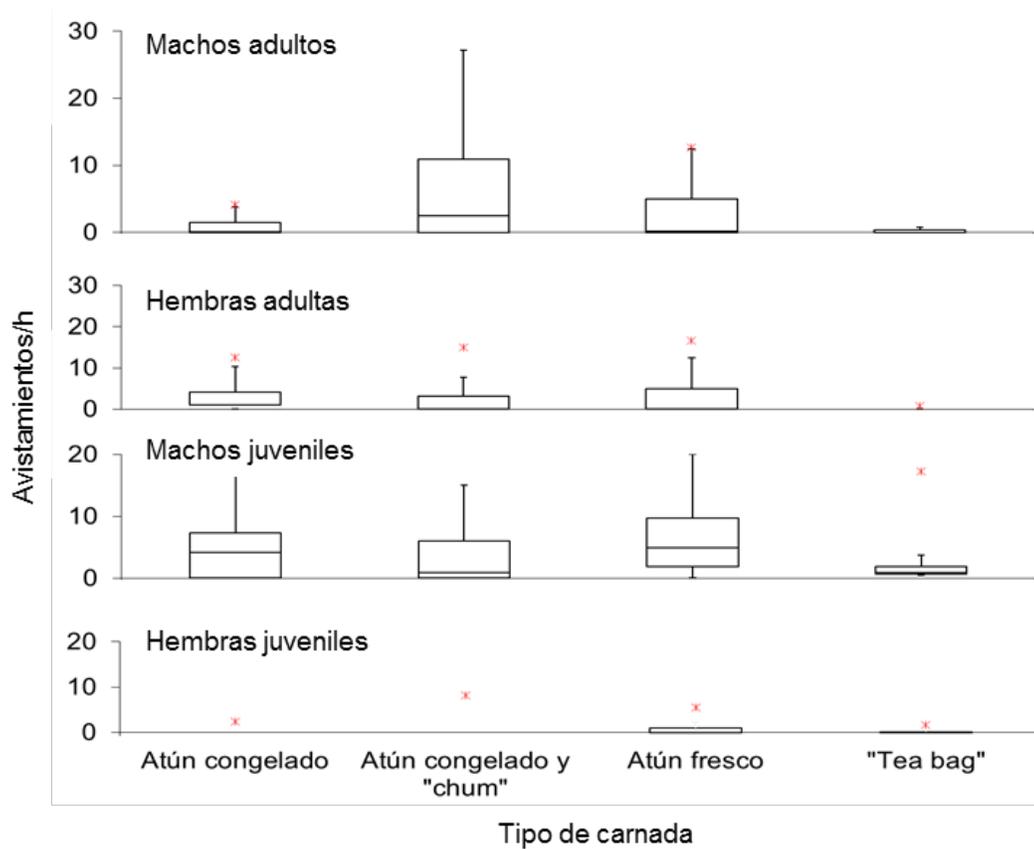


Figura 15. Mediana, percentiles 25% y 75%, outliers máximos (*), valores mínimo y máximo de los avistamientos por hora según el tipo de carnada utilizado.

6.2. Comportamiento

El análisis del comportamiento se realizó a partir de 534 h de observación de tiburones blancos en interacción con las embarcaciones turísticas. Esto permitió la obtención de 17,360 archivos de material audiovisual, al finalizar los tres años de estudio. Las fotografías y videos, fueron obtenidas por el autor de este trabajo y gracias a las contribuciones de los turistas que visitaron los barcos durante dicho periodo.

6.2.1. Conducta y tipo de carnada

6.2.1.1. Unidades de comportamiento

Se observaron 5,783 episodios de comportamiento en superficie. Estos eventos fueron registrados de acuerdo a las unidades de comportamiento observadas en 121 tiburones identificados (Tabla 5 y Fig. 16) y corresponden al 89.2% del total de avistamientos (n= 6,480).

El comportamiento más frecuente fue el Ataque Horizontal (AH) al ser registrado en un 30% de las observaciones (n= 1,744), seguido por el Nado de Inspección (IN) con 24% (n= 1,391) y Vigilancia (VG), con 19% (n= 1,120). Estos tres comportamientos constituyeron el 74% de los registros (n= 4,255), por lo que las unidades restantes representaron solamente el 26% de las observaciones totales (Fig. 17).

Adicionalmente, se registraron los comportamientos reportados por Hoyos-Padilla (2008) de Nado Paralelo, Seguimiento, Embestida en falso, Nado cercano y Salto. No obstante, estos comportamientos sociales no fueron considerados en el análisis, debido a su baja frecuencia, y a que no fueron considerados en los objetivos de esta tesis.

Tabla 5. Unidades de comportamiento del tiburón blanco durante su interacción con el ecoturismo en Isla Guadalupe, México.

Unidad de comportamiento	Código	Descripción	Interpretación
Vigilancia	VG	El tiburón nada lentamente alrededor de la carnada, a una distancia máxima de diez metros y mínima de un metro.	Curiosidad
Nado de inspección	IN	El tiburón nada cerca de la carnada a una distancia menor a un metro y sin abrir la boca para su captura.	Curiosidad
Ataque horizontal	AH	El tiburón nada en dirección a la carnada, abriendo la boca para su captura, en un ángulo menor a 45° con respecto a la superficie.	Agresión
Ataque vertical	AV	El tiburón nada hacia la carnada, abriendo la boca para su captura, en un ángulo de 46-90° con respecto a la superficie.	Agresión
Captura carnada	CPA	El tiburón cierra la mandíbula con la carnada dentro de su boca.	Recepción de estímulo
Consumo	CON	El tiburón ingiere la carnada capturada.	Recepción de estímulo
Sin consumo	NCO	El tiburón muerde, pero libera la carnada capturada.	Recepción de estímulo
Captura boya	BOY	El tiburón muerde la boya sujeta a la carnada.	Confusión
Encuentro	EN	El tiburón nada a una distancia <3 m y en dirección de uno o más tiburones durante la interacción con la carnada.	Interacción intraespecífica
Huida	GO	El tiburón se aleja más de diez metros de la carnada, después de un encuentro.	Interacción intraespecífica
Permanece	STA	El tiburón permanece dentro de un radio de diez metros con respecto a la carnada, después de un encuentro.	Interacción intraespecífica

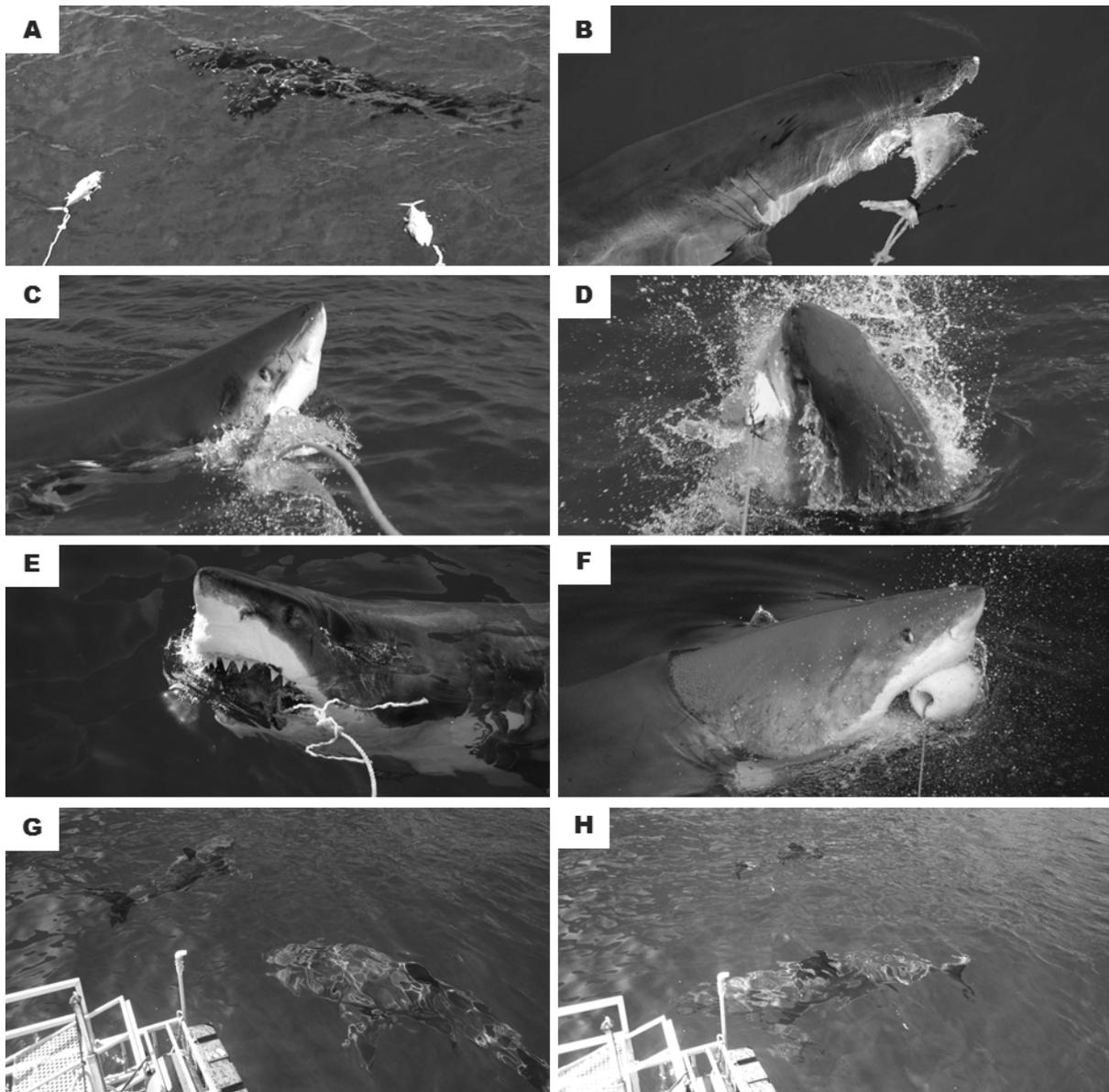


Figura 16. Unidades de comportamiento registradas en este trabajo: A) Vigilancia; B) Nado de inspección; C) Ataque horizontal; D) Ataque vertical; E) Captura carnada; F) Captura boya; G) Encuentro; H) Resultado del encuentro, ej. un tiburón Permanece y otro comienza la Huida. Fotografías de Edgar Becerril.

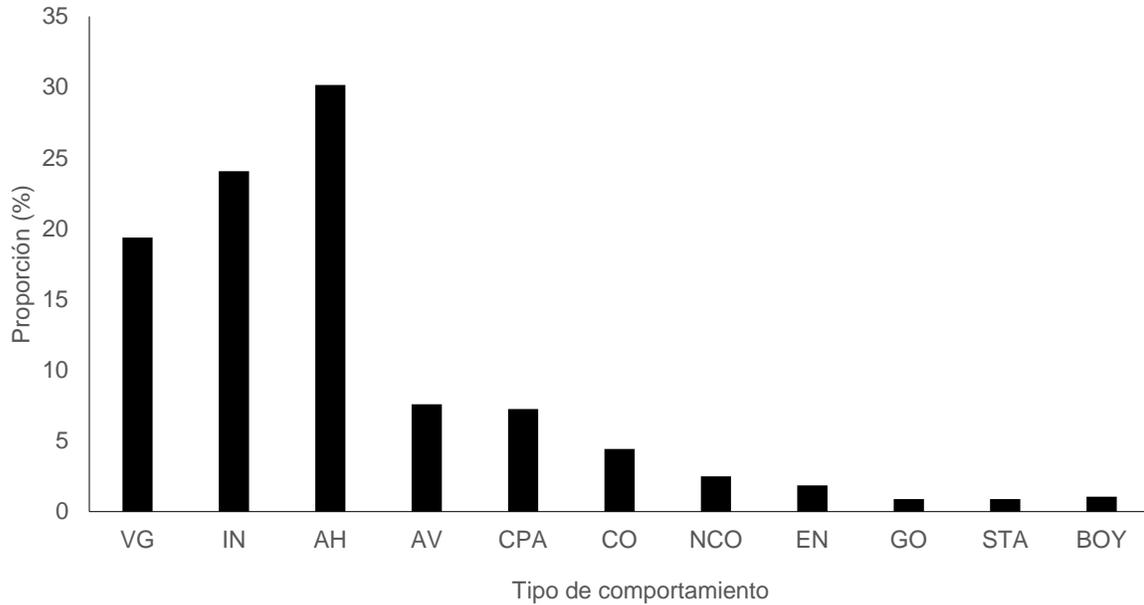


Figura 17. Frecuencia de los comportamientos de 121 tiburones identificados (n= 5,783 comportamientos). Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Encuentro (EN); Huida (GO); Permanece (STA); Captura boya (BOY).

Los golpes accidentales hacia las jaulas fueron registrados en 11 de los 87 días de muestreo, de los cuales, se registraron carnadas no permitidas en nueve de las 11 jornadas. El único registro de accidente con humanos ocurrió en agosto de 2014 con el uso de carnadas no permitidas (Atún fresco), cuando un tiburón blanco ingresó en las jaulas de seguridad con la cabeza atorada a la altura de las branquias, rozó la pierna de la única persona buceando y salió después de algunos segundos de girar sobre su propio eje (Fig. 18). Las jaulas no cumplían con lo especificado en el manual de buenas prácticas (Torres-Aguilar *et al.*, 2015); eran de diferente tamaño y por lo tanto, su disposición no era simétrica. La persona fue atendida de inmediato por turistas con formación médica, ya que no se contaba con personal calificado para suturar, ni tampoco, con un protocolo de acción para este tipo de accidentes (Fig. 18).

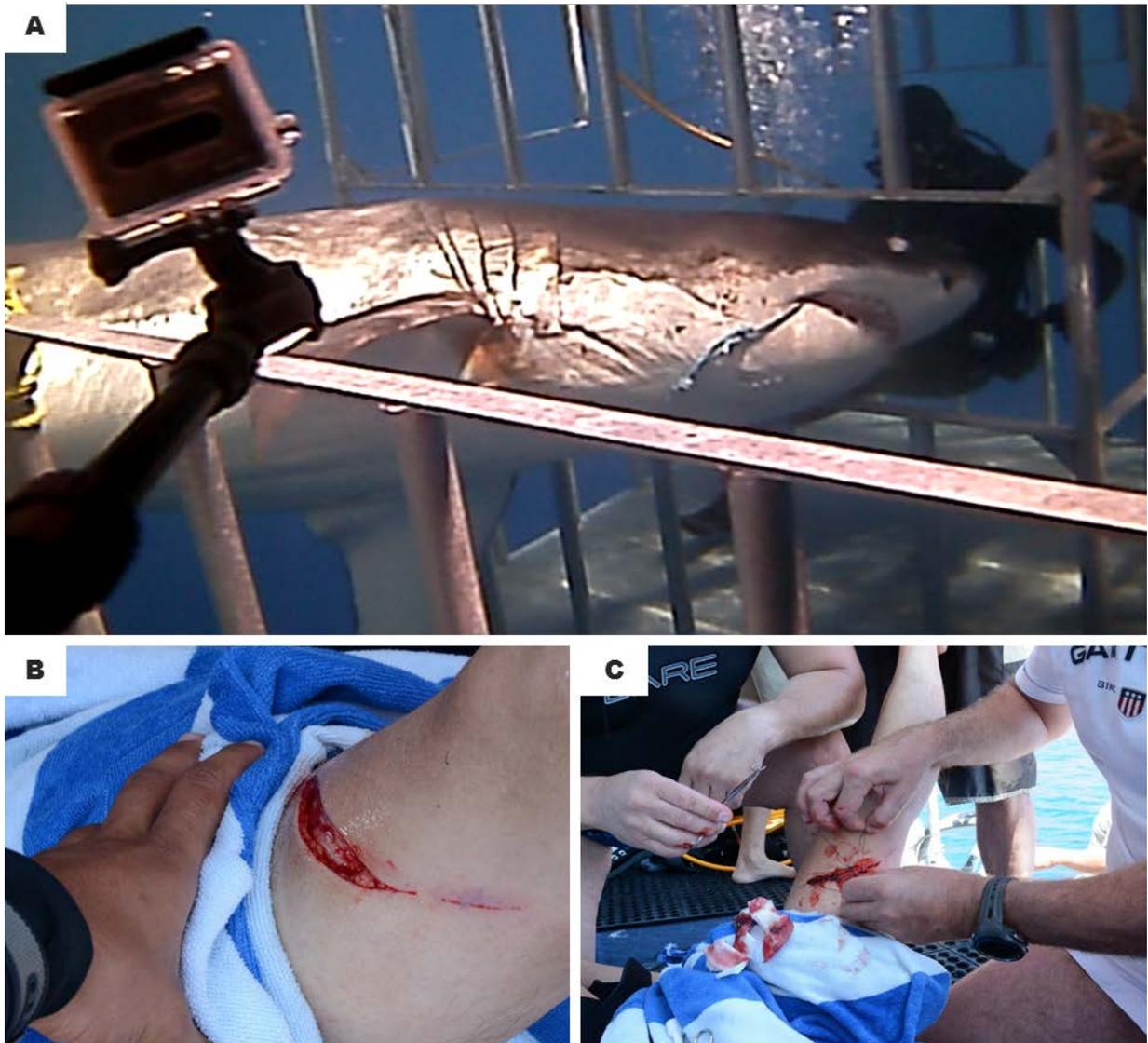


Figura 18. Accidente registrado en Isla Guadalupe durante agosto del 2014: A) Tiburón blanco macho juvenil se introduce en las jaulas. Fotografía donada por turista; B) Herida accidental ocasionada por el tiburón al buzo; C) Sutura de la herida por parte de los turistas. Fotografías de Edgar Becerril.

6.2.1.2. Etogramas

De los 121 individuos registrados, se utilizó la información de 106 tiburones para el análisis de la conducta con relación al tipo de carnada ($n= 4,823$ comportamientos). Esto, debido a que los etogramas de 15 tiburones se vieron influenciados por la presencia de otros individuos, por lo que dicha interacción intraespecífica, generó un

escenario distinto al habitual. De esta manera, la información de dichos tiburones se utilizó únicamente para el análisis de jerarquía.

La tabla 6 muestra los intervalos de talla registrados para los 106 tiburones analizados. El rango de tallas para ambos sexos fue de 183-579 cm (media= 358 cm \pm 95 cm). La media de machos fue de 331 cm \pm 72 cm y 419 \pm 113 cm para hembras. Se observó una proporción sexual estadísticamente significativa de 1:2.4 (H:M, $p= 5.542e^{-5}$); con el 63% de individuos juveniles y el 37% de tiburones adultos.

Tabla 6. Frecuencia de tiburones blancos de acuerdo al sexo y clase de talla.

Longitud Total (m)	Machos	Hembras
< 2.4	11	2
2.5-3.4	43	11
3.5-4.4	15	0
4.5-5.4	6	12
>5.5	0	6
Total	75	31

Durante el periodo de estudio, se generaron 1,542 etogramas individuales del comportamiento superficial de los tiburones blancos (Tabla 7). El promedio general de comportamientos por etograma fue de 6.3 \pm 5.6 unidades por tiburón, con un mínimo y máximo de 2-62 comportamientos por etograma.

Tabla 7. Número de etogramas por grupo de tiburones blancos y tipo de carnada.

Grupo	Atún Congelado	Atún y <i>chum</i>	Atún fresco	<i>Tea bag</i>	Total
Machos	67	218	247	6	538
Hembras	37	92	104	0	233
Adultos	48	209	178	0	435
Juveniles	56	101	173	6	336
Total	208	620	702	6	1542

6.2.1.3. Talla y número de comportamientos

Al estandarizar por hora, se observó que el promedio de comportamientos por tiburón, fue similar sin importar el sexo ($U= 5766$, $p= 0.243$) o la madurez sexual ($U= 7823.5$, $p= 0.1428$). No obstante, se observó una correlación negativa y significativa, entre el tamaño del tiburón con respecto al número de comportamientos registrados por etograma. Particularmente, el número de comportamientos disminuyó con respecto al incremento de la talla del tiburón ($n= 771$, $R= -0.176270$, $p= 0.00001$).

6.2.1.4. Efectividad de los ataques

Con respecto a la recepción de estímulos, se observó que la tasa de éxito para la captura y consumo de carnadas fue similar en todas las categorías, aunque superior en el caso de tiburones machos e individuos adultos (Tabla 8). La tasa de éxito más alta correspondió a los tiburones adultos que capturaron el cebo. De manera proporcional, un tiburón maduro conseguiría 22 estímulos de la carnada, por cada 100 ataques efectuados.

Tabla 8. Efectividad de los ataques a la carnada de acuerdo al grupo analizado.

Grupo	Tasa de captura (%)	Tasa de consumo (%)
Machos	20	12
Hembras	17	10
Adultos	22	14
Juveniles	17	10

La tasa de consumo fue menor a la tasa de captura debido a que los tiburones no siempre consumieron el cebo capturado. De manera similar, los tiburones adultos fueron los que presentaron una mayor cantidad de consumos con respecto al número de ataques efectuados (Tabla 8).

6.2.1.5. Matrices transicionales

Las matrices fueron generadas a partir de 4,099 transiciones de los comportamientos registrados en los etogramas. Las repeticiones de un mismo comportamiento fueron excluidas del análisis, debido a que el objetivo fue describir la transición de un comportamiento a otro para la detección de un patrón.

La matriz referente a la totalidad de etogramas mostró transiciones complejas en el comportamiento del tiburón (Fig. 19). El patrón general consistió en el inicio de la interacción mediante la Vigilancia (VG) o el Nado de Inspección (IN), seguido de un Ataque (usualmente horizontal) y finalizando con la Captura (CPA) y Consumo de la carnada (CO). De esta manera, el patrón presentó una secuencia inicial de comportamientos de curiosidad, seguidos por una conducta agresiva para la consecuente recepción del estímulo (Fig. 20). No obstante, el tiburón podía buscar otras vías menos frecuentes, y/o repetir los mismos comportamientos antes de atacar a las carnadas, por ejemplo, entre VG e IN, o en la repetición de ataques sin éxito.

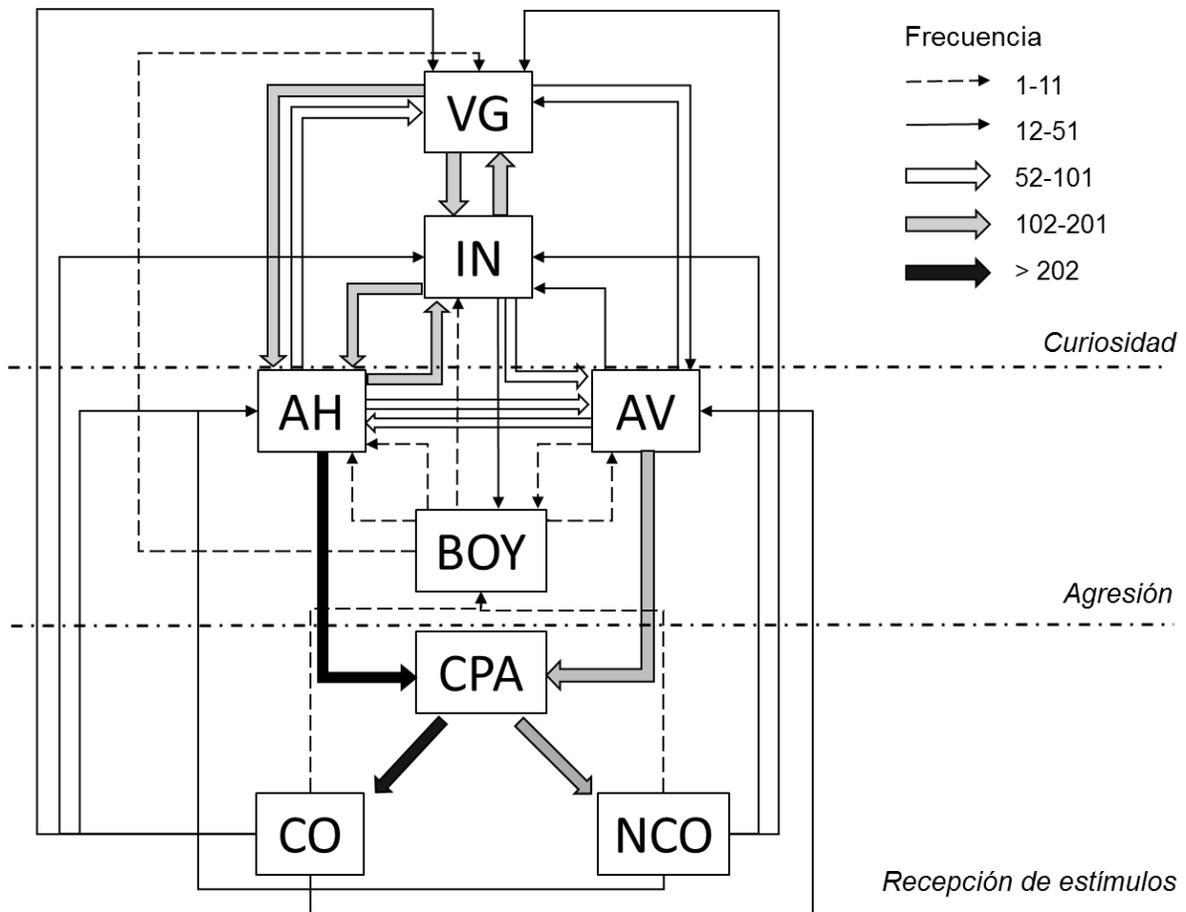


Figura 19. Transiciones conductuales del tiburón blanco bajo situaciones de cebado (n= 4,099 transiciones). Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Captura boya (BOY).

Las transiciones significativas de comportamiento fueron agrupadas en una matriz propia (Fig. 20). Las transiciones más probables surgieron de los Ataques Horizontales (AH) a VG, y del mismo tipo de ataque a IN. Se observó una significancia estadística en las transiciones de los ataques hacia CPA, y de esta captura hacia CO o No consumo (NCO). No obstante, este patrón fue diferente dependiendo del tipo de carnada utilizado.

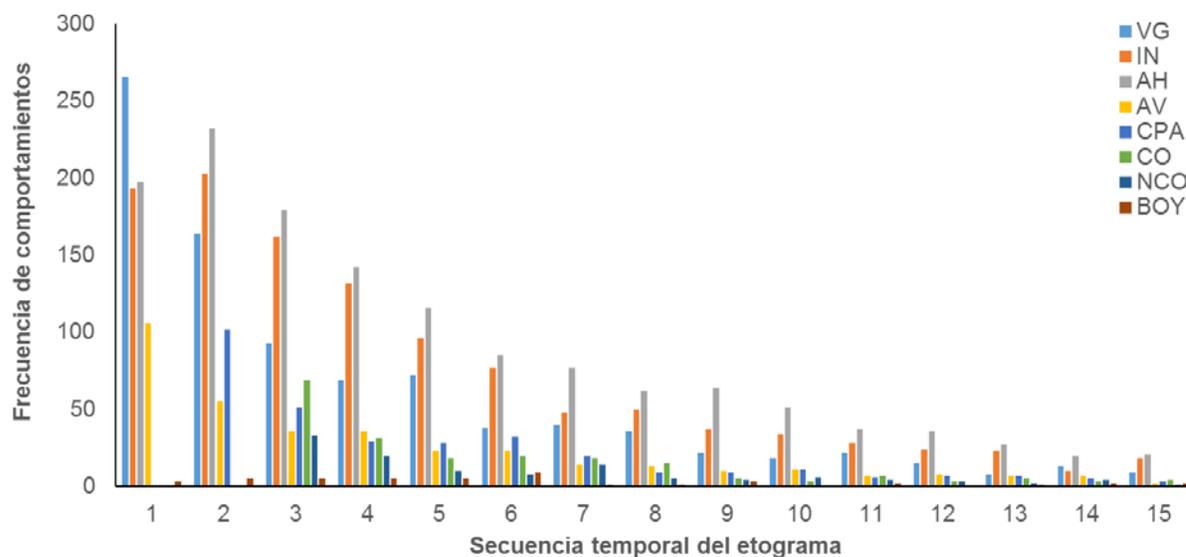


Figura 21. Frecuencia observada de los primeros 15 comportamientos registrados en los etogramas (n= 4,442 comportamientos). Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Captura boya (BOY).

La interacción con el atún congelado y *chum* mostró una transición estadísticamente significativa de los ataques tanto verticales ($\chi^2_{49}= 105.1$, $p<0.05$) como horizontales ($\chi^2_{49}= 112.9$, $p<0.05$) hacia la captura y consumo de las carnadas ($\chi^2_{49}=679.8$, $p<0.05$). Existieron algunas contribuciones de AH a IN ($\chi^2_{49}= 46.65$, $p>0.05$) y de AH a VG ($\chi^2_{49}= 33.68$, $p>0.05$) como parte de la curiosidad e investigación hacia el cebado; sin embargo, dichas transiciones no fueron significativas. El patrón conductual consistió principalmente, en conductas agresivas para la captura de la carnada y una repetición significativa de los comportamientos observados (Fig. 22).

En el caso de la interacción con el “Atún fresco” se registró una sola transición significativa de AH a IN ($\chi^2_{49}= 95.19$, $p<0.05$). Las transiciones de IN a AH ($\chi^2_{49}= 49.19$, $p>0.05$), AH a VG ($\chi^2_{49}= 53.29$, $p>0.05$) y de los ataques horizontales ($\chi^2_{49}= 45.89$, $p>0.05$) y verticales ($\chi^2_{49}= 48.53$, $p>0.05$) hacia las carnadas, aunque sin ser significativas, tuvieron una alta contribución en el análisis. Este patrón consistió en una conducta agresiva y de curiosidad con inspecciones cercanas a la carnada, pero sin el registro de una transición significativa para la recepción del estímulo. Adicionalmente, los mismos comportamientos fueron repetidos significativamente por el tiburón, antes

de realizar la transición de un comportamiento a otro (ej. $VG \rightarrow VG \rightarrow AH \rightarrow AH \rightarrow IN \rightarrow AH \dots$).

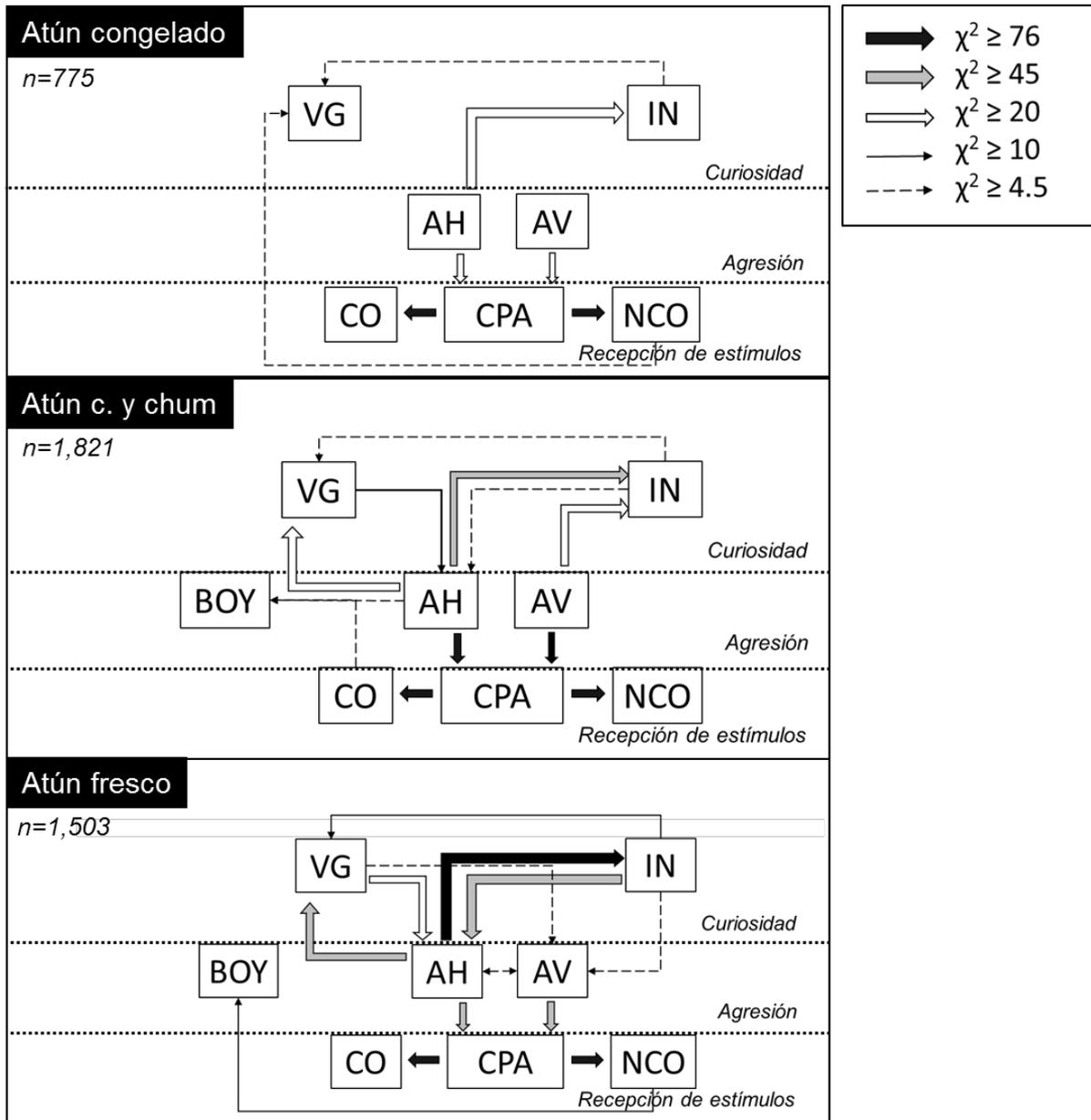


Figura 22. Matrices de comportamiento con las transiciones conductuales significativas, según el estímulo ofrecido y número de transiciones registradas. Vigilancia (VG); Nado de inspección (IN); Ataque horizontal (AH); Ataque vertical (AV); Captura carnada (CPA); Captura boya (BOY);

6.2.1.6. Jerarquía por tamaño

Los eventos de interacción intraespecífica fueron registrados en 94 etogramas (n= 935 comportamientos) de 47 tiburones identificados. Las interacciones fueron las acciones menos frecuentes en el presente trabajo (n= 98 comportamientos), ya que su proporción fue del 1.7% con respecto al total de los avistamientos (n= 5,783).

De los 98 eventos de interacción (Tabla 9), el comportamiento más frecuente fue la reacción de un tiburón grande ante la llegada de otro más pequeño con el 77.5% de los registros (n= 76). Por el contrario, la reacción de un tiburón pequeño con un individuo más grande, sólo se registró un 22.5 % de estas interacciones.

Tabla 9. Frecuencia de las reacciones ejercidas por los tiburones analizados, según el tipo de interferencia.

Interferencia	Reacción		Total
	Se queda	Se va	
Llegada de tiburón más pequeño	50	26	76
Llegada de tiburón más grande	6	16	22
Total	56	42	98

En términos de proporción, el tiburón monitoreado permaneció en interacción con las carnadas el doble de veces de las que se fue, después de la llegada de un tiburón más pequeño ($\chi^2_{.49} = 0.99$, $p > 0.05$). Cuando un tiburón más grande visitó la zona, el tiburón monitoreado se alejó el triple de veces de las que se quedó, alejándose del tiburón de mayor tamaño y finalizando su interacción con la carnada. Esta reacción fue considerada como de contribución significativa de acuerdo al análisis de *Chi* cuadrada ($\chi^2_{1} = 4.58$, $p < 0.05$).

6.2.2. Condicionamiento

La evaluación del condicionamiento se realizó con la información de 69 tiburones identificados. Estos organismos correspondieron al 57% del total de tiburones registrados (n= 121). Los 52 tiburones restantes (43%) no fueron considerados, debido a un registro fotográfico deficiente que no permitió la confirmación de su identidad.

De manera similar a lo observado en el apartado anterior, la proporción sexual de acuerdo al número de individuos fue de 1:3 (H:M). La prueba binomial mostró que la diferencia entre la cantidad de machos y hembras fue estadísticamente significativa ($p < 0.01$), al registrar 51 machos y 18 hembras.

Las proporciones de los grupos analizados concuerdan con lo observado en la estructura de avistamientos del objetivo referente a la presencia del tiburón (Fig. 12 y 23). De manera similar, los machos juveniles fueron el grupo más numeroso de la muestra (n= 33), seguidos por los machos adultos (n= 18), hembras adultas (n= 13) y en menor cantidad, las hembras juveniles (n= 5).

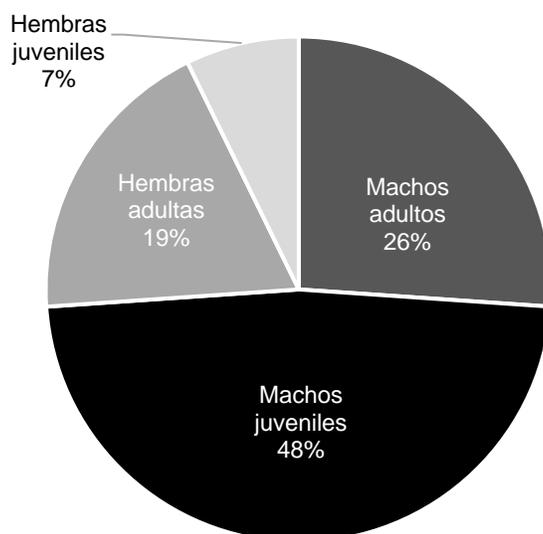


Figura 23. Proporción de tiburones blancos, por sexo y estadio de madurez, utilizados en el análisis de condicionamiento (n= 69 tiburones).

El promedio de registros fue de 2 ± 5 visitas diarias/tiburón a lo largo de los tres años de estudio. La mayoría de los tiburones (50.7%) fueron registrados en menos de dos ocasiones durante dicho periodo ($n= 35$ individuos) y solamente un tiburón registró 37 visitas a las embarcaciones (Fig. 24). De acuerdo al resultado de la correlación de *Spearman*, el número de tiburones disminuyó conforme aumentó el número de visitas ($R= -0.82$, $p<0.01$).

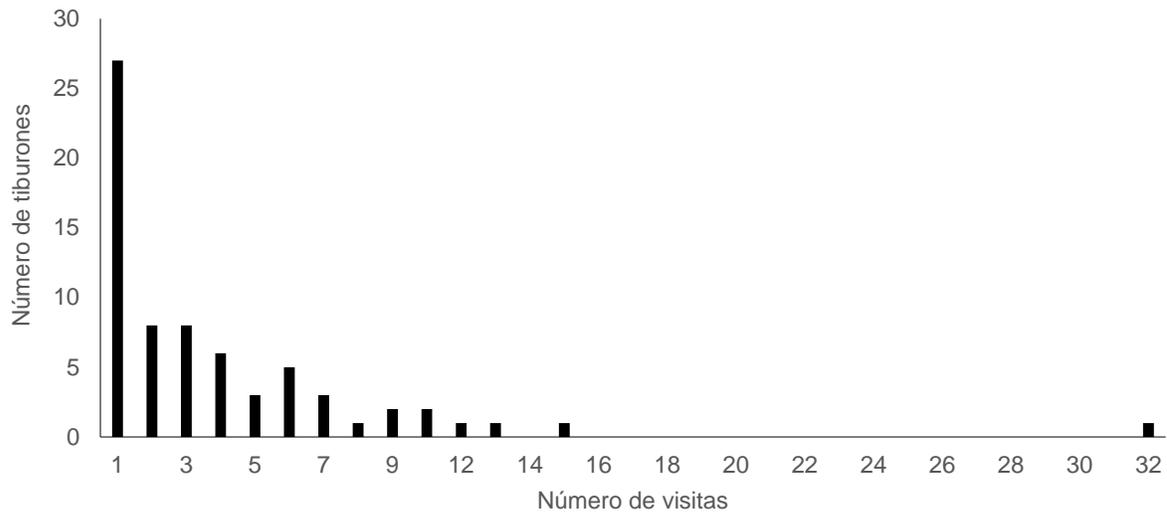


Figura 24. Frecuencia de las visitas de tiburones blancos a las embarcaciones durante 2012-2014 ($n= 69$ individuos).

La mayoría de los tiburones no mostraron signos de condicionamiento por efecto de la carnada. El 59% de los individuos fueron registrados en menos de tres días aleatorios, por lo que fueron ubicados en la categoría “Sin condicionamiento” (Tabla 10). El 23.18% fue incluido en la categoría I, ya que correspondió a tiburones que visitaron las embarcaciones más de tres días aleatorios por temporada ($n= 16$). El 13% fue clasificado en la categoría II y correspondió a los tiburones que visitaron las embarcaciones de 3-5 días por mes ($n= 9$). Un solo individuo fue catalogado en la categoría III, representando el 1.44%, al ser avistado más de cinco días por mes y consumir carnadas en dichos periodos. Finalmente, el 2.88% de los tiburones fue

incluido en la categoría IV, al presentar visitas constantes, interacciones con una duración mayor a los 20 minutos diarios y el consumo de carnada (n= 2).

Tabla 10. Frecuencia de tiburones blancos según su categoría de condicionamiento.

Grupo	Sin Condicionamiento	Categoría				Total
		I	II	III	IV	
Machos adultos	8	4	4	1	1	18
Machos juveniles	24	6	3	0	0	33
Hembras adultas	7	4	1	0	1	13
Hembras juveniles	2	2	1	0	0	5
Total	41	16	9	1	2	69

Todos los grupos de tiburones estuvieron representados en las categorías I, II y dentro de los individuos que no presentaron un condicionamiento. Las categorías III y IV contaron únicamente con tres tiburones adultos (4.39%), ya que ninguno de los juveniles cumplió con los criterios necesarios para dichas categorías.

Los machos juveniles fueron el grupo más numeroso de tiburones sin condicionamiento (34.78%), en la categoría I (8.69%) y en la categoría II (4.39%; Fig. 17). El grupo de las hembras juveniles fue el menos numeroso entre las categorías analizadas; mientras que los adultos, tanto machos como hembras, fueron clasificados con una proporción similar en todos los casos (Fig. 25)

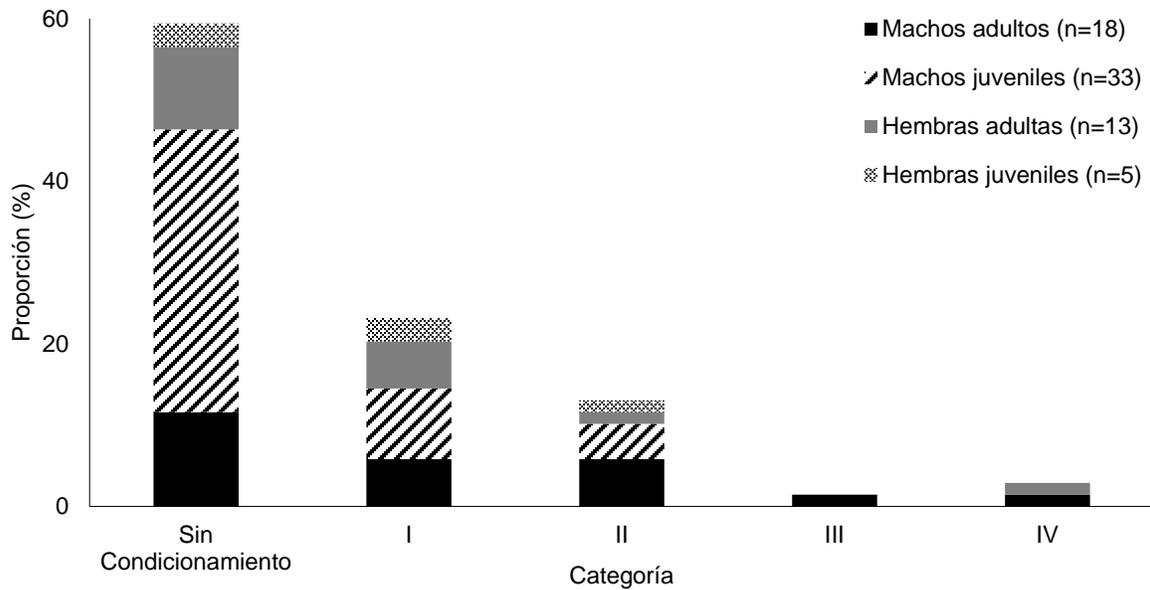


Figura 25. Proporción de los tiburones identificados de acuerdo a su grado de condicionamiento (n= 69 individuos).

7. DISCUSIÓN

Esta investigación describe el efecto de las carnadas sobre la presencia y el comportamiento del tiburón blanco en la Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe. Por primera vez, se proporciona información acerca de la efectividad de estos productos para atraer a los tiburones, el riesgo de condicionamiento y la descripción de la conducta de los tiburones blancos de acuerdo al tipo de carnada.

El presente estudio aporta conocimiento para las autoridades, pescadores, prestadores de servicios y científicos vinculados a la conservación de esta especie, ya que funciona como una línea base para su aplicación en los monitoreos desde las embarcaciones y la consecuente toma de decisiones en el manejo de este recurso. La metodología desarrollada en los criterios de condicionamiento, análisis estadísticos, comportamientos registrados y bitácoras de muestreo, queda a disposición de cualquier persona que desee utilizarlos o complementarlos para el monitoreo del tiburón blanco en la reserva, ya que proporcionan un método objetivo y estandarizado

en la detección de cambios en la presencia y comportamiento de los tiburones blancos alrededor de Isla Guadalupe.

7.1. Efecto sobre la presencia

La presencia del tiburón blanco fue similar sin importar el tipo de carnada, sexo o madurez sexual del tiburón. El hecho de que todas las carnadas produzcan la misma cantidad de avistamientos, está relacionado con el comportamiento alimenticio de la especie, al ser atraído mediante el olfato e inspeccionar los elementos en superficie antes de ingerirlos (Strong, 1996; Martin, 2003; Sperone *et al.*, 2012).

A diferencia del pensamiento popular, el tiburón blanco es un depredador prudente que evalúa el proceso para la captura de sus presas mediante la inspección y el seguimiento (Strong, 1996; Martin, 2003; Sperone *et al.*, 2012), por lo que el uso de carnadas congeladas o frescas tiene una efectividad similar al atraerlos hacia las embarcaciones, debido principalmente, a la curiosidad que genera el estímulo visual y olfativo del atrayente (Collier *et al.*, 1996; Ferreira & Ferreira, 1996; Sperone *et al.*, 2012). Es posible, que el estímulo de las carnadas congeladas no sea significativamente distinto al olor de una carnada fresca, ya que, según los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados por Márquez-Figueroa *et al.* (2006), no existen diferencias en cuanto a la calidad alimenticia de un atún fresco con respecto a uno sometido a congelación. Adicionalmente, se ha sugerido que la inspección visual es fundamental para la captura de alimento en especies pelágicas con hábitos migratorios como el atún aleta amarilla *T. albacares*, ya que sus capturas han sido similares sin importar la frescura del cebo (Løkkeborg y Johannessen, 1992). No obstante, el olfato es el principal sentido involucrado en la atracción a distancia; mientras que la vista será fundamental en la decisión de capturar o no la presa en cuestión (Bardach y Villars, 1974; Atema, 1980; Løkkeborg y Johannessen, 1992).

Se ha reportado que las carnadas no tienen un efecto significativo sobre los tiburones blancos en algunos sitios de agregación. Laroche *et al.*, (2007) sugieren que la población de más de 64,000 lobos finos del Cabo, *Arctocephalus pusillus pusillus*,

generan un estímulo olfativo que es constante para los tiburones blancos sudafricanos, por lo que el uso de carnadas resulta insignificante para la atracción y condicionamiento de estos individuos. El mismo efecto podría suceder en Los Farallones en California, donde el avistamiento con tiburones blancos suele ser difícil ante la presencia de una gran densidad de elefantes marinos del Norte, *Mirounga angustirostris* (Klimley *et al.*, 1996). La superficie de ambos puntos es 0.02 km² para el sitio sudafricano, y 0.42 km² para Los Farallones. En comparación con los 241 km² de Isla Guadalupe, la densidad de pinnípedos podría ser mucho menor en comparación con estos sitios de agregación continentales.

En los censos de *M. angustirostris* de Isla Guadalupe, se han registrado más de 13,000 individuos en ciertas playas y durante los meses de invierno (Gallo-Reynoso *et al.*, 2005), por lo que el estímulo podría ser menor al que generan los 64,000 lobos finos del Cabo en Isla Seal, Sudáfrica. La ausencia de un estímulo intenso y permanente en las aguas de Isla Guadalupe, podría explicar tanto el éxito para atraer tiburones a las embarcaciones, como el riesgo inherente al condicionamiento de los individuos.

La idea de que un estímulo fresco podría generar una mayor cantidad de avistamientos no puede ser aceptada según los resultados del presente estudio, ya que todas las carnadas mostraron el mismo efecto sobre la presencia del tiburón. Esta falta de preferencia por algún atrayente en particular, puede estar relacionada con su depredación sobre animales vivos o en estado de putrefacción, debido a un oportunismo alimenticio observado en tiburones blancos adultos y juveniles (Long y Jones, 1996; Compagno, 2001; Klimley *et al.*, 2001; Martin, 2003, Dicken, 2008).

El tiburón blanco es reconocido por contar con uno de los sentidos del olfato más eficientes dentro del grupo de los elasmobranquios (Demsky, 1996), por lo que los estímulos de carnadas frescas y/o congeladas podrían haber resultado igualmente atractivos durante su interacción con el ecoturismo. Los lóbulos olfatorios del tiburón blanco, relacionados con la memoria y aprendizaje, representan más del 40% de su área cerebral (Demski y Northcutt, 1996; Lisney *et al.*, 2007). Es probable que el tiburón blanco presente una conducta de inspección y aprendizaje hacia la carnada, por lo que

la hipótesis de un condicionamiento podría estar justificada (Robbins, 2004; Johnson & Kock, 2006; Laroche *et al.*, 2007). Sin embargo, solamente el 5% de los tiburones blancos analizados en este trabajo mostró signos de este aprendizaje, de manera similar, a lo reportado por Robbins (2004) para la población de tiburones blancos en Australia.

La capacidad de aprendizaje en los tiburones es mayor durante sus etapas juveniles (Wright y Jackson, 1994), por lo que el monitoreo de estos individuos resulta esencial para conocer los posibles cambios en su presencia o el comportamiento. Particularmente, se observó una cantidad significativamente mayor de machos juveniles durante el mes de agosto, por lo que la vigilancia para evitar el consumo de las carnadas durante dicho periodo, representaría una medida de manejo precautoria para evitar el condicionamiento de los tiburones blancos (Robbins, 2004); sobre todo, si se impide la pesca ilegal en la reserva y, por el contrario, se fomenta la compra de carnadas con los pescadores locales del puerto de Ensenada, en Baja California.

Algunas embarcaciones compran sus insumos y carnadas en Estados Unidos, mientras que otras, recurren a la captura de peces durante su trayecto a la isla o dentro de la misma reserva. Esto representaría pérdidas económicas como ha sido sugerido por Iñiguez-Hernández (2008). El hecho de motivar un aumento en la compra de carnadas e insumos en Ensenada, generaría beneficios económicos como parte de una derrama económica en el puerto mexicano.

El segundo beneficio indirecto es que la compra de carnadas representa un costo para el prestador de servicio, por lo que una carnada adquirida por la embarcación, no será entregada con facilidad a los tiburones blancos y se podrá seguir lo recomendado en el manual de buenas prácticas (Torres-Aguilar *et al.*, 2015). Esta alimentación intencionada se ha realizado en ciertas ocasiones durante las actividades turísticas, con el objetivo sin sustento científico, de que el tiburón permanezca cerca de la embarcación. La creación de nuevas regulaciones que promuevan la compra de carnadas en Ensenada, mediante inspecciones previas a la salida de las embarcaciones, podría ser una solución que mejore las condiciones de todos los sectores involucrados en el ecoturismo de Isla Guadalupe.

Por lo tanto, no existe razón justificada, más allá del beneficio económico o la diversión de los turistas aficionados a la pesca, para no adquirir las carnadas en el puerto de Ensenada. La pesca deportiva está prohibida para las embarcaciones que realizan el avistamiento de tiburón blanco durante su estancia en Isla Guadalupe, por lo que no es necesario conseguir las carnadas de manera ilegal. El presente estudio demuestra que no existe algún beneficio en el aumento de avistamientos por efecto del tipo de carnada, por lo que no hay motivos para pensar que los estímulos frescos son significativamente favorables con respecto al uso de las carnadas congeladas y permitidas.

7.2. Efecto sobre el comportamiento

7.2.1. Conducta

Aunque no se detectaron cambios en la presencia del tiburón blanco o un condicionamiento significativo, sí se observaron diferencias en los patrones conductuales según el tipo de carnada. Las implicaciones de estos resultados recaen en la toma de decisiones referentes a las carnadas permitidas y su vigilancia efectiva, ya que es posible que los estímulos de carnadas frescas o la utilización del *chum* faciliten el condicionamiento de los tiburones blancos en el futuro (Robbins, 2004; Johnson & Kock, 2006; Bruce *et al.*, 2013).

Los patrones conductuales en las carnadas no permitidas fueron dirigidos hacia la recepción de estímulos y alimentación, mientras que la carnada permitida reflejó comportamientos de curiosidad sin un patrón conductual evidente. Es posible que el olor y la apariencia de una carnada congelada generen el interés de los tiburones blancos (Collier *et al.*, 1996; Ferreira y Ferreira 1996; Strong, 1996), pero sin la presencia de una contribución significativa de agresiones, como sucedió con el uso de carnadas no permitidas.

Existen dos ventajas principales al utilizar el atún congelado como carnada legal:

1. El desarrollo de un condicionamiento requiere de patrones definidos para la alimentación, ya que los comportamientos y estímulos deben ser constantes para este aprendizaje (Clark, 1959; Robbins, 2004; Laroche *et al.*, 2007). Los tiburones que interactuaron con dicha carnada presentaron una gran cantidad de vías para la posible adquisición de las carnadas, por lo que dicha variabilidad impediría el desarrollo del condicionamiento ante la falta de un patrón de conducta definido. Esto, a diferencia de las carnadas no permitidas que sí demostraron un patrón dirigido hacia la agresión y recepción de estímulos. A diferencia de los observado por Laroche *et al.*, (2007) para los tiburones blancos sudafricanos, es posible que las carnadas no permitidas como el *chum* o el atún fresco, sí generen un cambio en el comportamiento del tiburón blanco.

2. Contrario al patrón observado en las carnadas no permitidas, las transiciones conductuales hacia los comportamientos agresivos no fueron detectadas durante el uso de la carnada legal representada por el atún congelado. Una menor cantidad de ataques agresivos podría disminuir el riesgo de sufrir accidentes con tiburones blancos que se introducen o golpean las jaulas. Sin embargo, las especificaciones para el manejo de la carnada, así como para la construcción de las jaulas, son el primer paso para disminuir estos eventos (Torres-Aguilar *et al.*, 2015). Tales acciones tendrían un efecto inmediato y favorable para el ecoturismo en la Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe, ya que el abordaje de observadores *per se*, no podría impedir la ocurrencia de accidentes.

A pesar del gran esfuerzo realizado desde 2007, los datos generados de los monitoreos de la reserva presentan inconsistencias y sesgos debido a la gran cantidad de observadores, poca experiencia en el campo de la biología y diferentes formatos en las bitácoras, por lo que cualquier información generada de dichos datos debe ser tratada con prudencia ante los resultados que se pudieran obtener. No obstante, los registros recabados desde 2011 por la UABCS y a partir del 2013 por ECOCIMATI A.C., han destacado por la utilización de profesionistas vinculados al estudio de la Biología, por lo que dicho monitoreo puede ser mejorado de manera sencilla ante las sugerencias de la presente metodología.

7.2.1.1. Unidades de comportamiento

Este trabajo constituye el primer análisis del comportamiento de tiburones blancos desde una perspectiva etológica y complementa las observaciones realizadas por Hoyos-Padilla (2009) y Guerrero-Ávila (2011) para Isla Guadalupe. Las once unidades de comportamiento reportadas son útiles para su implementación en futuros análisis etológicos que involucren a tiburones blancos atraídos por carnada. Estas observaciones se realizaron desde las embarcaciones, de manera similar a los monitoreos del tiburón blanco llevados a cabo por personal de la reserva en la isla.

Los tipos de comportamiento más frecuentes fueron el Ataque Horizontal (AH), la Vigilancia (VG) y el Nado de Inspección (IN), interpretados como agresiones e inspección visual hacia las carnadas, respectivamente. A pesar de que no existen estudios etológicos en Isla Guadalupe, es posible realizar comparaciones con la conducta de los tiburones blancos en otros sitios de agregación. El tipo de comportamiento Vigilancia (VG) es similar al *Parading* (“paseo” o “desfile”) descrito en aguas sudafricanas por Martin (2003) y Sperone *et al.* (2012). Estos autores, sugieren que dichos comportamientos se vinculan a patrones de búsqueda esenciales para la estrategia de caza del tiburón blanco, la cual se basa en aproximaciones calculadas por el tiburón, para la correcta captura de las presas (Klimley *et al.*, 1996; Martin, 2003; Sperone *et al.*, 2012). En Isla Guadalupe, la vigilancia podría relacionarse con una inspección a distancia de las condiciones para la captura de carnada, presencia de competidores u otros tiburones blancos del sexo opuesto, y una mejor economía de la energía (Myrberg y Gruber, 1974; Sperone *et al.*, 2012).

El Nado de Inspección (IN) es similar a la *Visual Inspection* (“Inspección visual”) reportada por Martin (2003) y Sperone *et al.* (2012). La similitud recae en el acercamiento del tiburón hacia las carnadas, lo cual ha sido descrito como un mecanismo para la elección de sus presas (Sperone *et al.*, 2012). Este acercamiento otorga información sobre la reacción de la presa, por lo que el tiburón blanco podría evaluar la forma más conveniente para su captura. El NI podría favorecer la captura de carnada en Isla Guadalupe, ya que el tiburón sería capaz de evaluar el movimiento

causado por la manipulación de la carnada, y decidir sobre la mejor manera tanto de atacar como de conseguir el cebo.

El Ataque Horizontal (AH) fue el comportamiento más frecuente en el estudio (Fig. 19) y coincide con lo observado en Australia por Tricas (1985) y Strong (1996), y de manera similar con lo reportado en Sudáfrica por Sperone *et al.* (2012). Este último, define el comportamiento como *Bait follow* (seguimiento de la carnada) para la inspección del cebo, pero sin contemplar la acción de un ataque para ingerirlo, debido a la estricta prohibición de alimentar a los tiburones en aguas sudafricanas (Laroche *et al.*, 2007). Sin embargo, este tipo de comportamiento estaría relacionado directamente con la alimentación, sin importar la manipulación de la carnada, como fue observado en este estudio y de acuerdo a lo publicado por Tricas (1985) y Strong (1996).

La gran cantidad de ataques con respecto al número de capturas y consumos fue la causa de la baja efectividad de este comportamiento. El grupo de tiburones adultos fue el que logró capturar y consumir la carnada con mayor frecuencia, en comparación con los individuos juveniles. Esto puede ser atribuible a la experiencia de los tiburones blancos de acuerdo a su edad, ya que los adultos realizan una mejor evaluación de las condiciones antes de emboscar a sus presas, para administrar mejor su energía en comparación con individuos juveniles (Goldman y Anderson, 1999; Jewell *et al.*, 2013).

Algunas variables como las condiciones ambientales, experiencia del tiburón y manejo de la carnada, pueden estar relacionados con la efectividad de los tiburones blancos para la captura del cebo (Sperone *et al.*, 2012; Becerril-García, 2015). Se ha sugerido que una baja efectividad de los ataques puede generar la pérdida de energía y desembocar en un desequilibrio fisiológico que afecte significativamente la salud del tiburón (Orams, 2000; Guerrero-Ávila *et al.*, 2011). No obstante, y de acuerdo a los resultados obtenidos, un desequilibrio permanente es poco probable sin la presencia de un condicionamiento, por lo que dicha hipótesis puede ser descartada bajo las condiciones actuales del ecoturismo en la Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe.

Las interacciones interespecíficas junto con los ataques a las boyas fueron los comportamientos superficiales menos frecuentes durante el presente estudio (Fig. 19). Este tipo de agresión fue interpretado como una confusión del tiburón blanco durante su interacción con las embarcaciones, ya que la cercanía de la boya con la carnada, podría haber generado dicha equivocación. El ataque sobre objetos flotantes como algas o boyas, puede estar relacionado con la baja capacidad del tiburón blanco para detectar correctamente las siluetas de los objetos en superficie (Tricas *et al.*, 1984; Hammerschlag *et al.*; 2012), lo que explicaría el registro inusual de este tipo de comportamientos.

El comportamiento social del tiburón blanco alrededor de Isla Guadalupe fue considerado únicamente para los aspectos de jerarquía por tamaño, con el objetivo de conocer si la talla del individuo se relacionaba con la permanencia del tiburón blanco en la zona de carnadas. De esta manera y aunque fueron registrados en el presente estudio, los comportamientos sociales reportados por Hoyos-Padilla (2009) no fueron incluidos en los análisis. Las observaciones de esta investigación con respecto al comportamiento social de esta especie, deberán ser complementadas con monitoreos posteriores que abarquen dichos objetivos en su realización.

7.2.1.2. Accidentes

El ecoturismo con tiburones blancos genera un escenario artificial para la adquisición de alimento y también, para las interacciones intra e interespecíficas de los tiburones blancos (Robbins, 2004; Laroche *et al.*, 2007; Sperone *et al.*, 2010; Guerrero-Ávila, 2011). De manera natural, los individuos de esta especie evitan el conflicto gracias a la percepción temprana de otros individuos, favorecida en gran parte, por la buena visibilidad que existe en Isla Guadalupe. En el presente estudio, las interacciones sociales fueron las menos frecuentes con respecto a otros comportamientos. Dicha falta de registros, puede atribuirse a razones metodológicas de la presente tesis, que más allá de un análisis de jerarquía, no contempló el comportamiento social del tiburón blanco dentro de sus objetivos debido a que las observaciones se realizaron desde la embarcación y estuvieron limitadas a la superficie. Sin embargo, es un hecho que las carnadas generaron interacciones de competencia entre los individuos, como ha sido observado en otras especies de tiburones y con el tiburón blanco en aguas sudafricanas (Bres, 1993; Sims *et al.*, 2000; Sperone *et al.*, 2010).

Los efectos negativos entre tiburones o hacia las personas son un riesgo inherente de esta actividad (Orams, 2000), aunque dicho riesgo puede ser prevenido, mediante el seguimiento de la normatividad vigente y el manual de buenas prácticas que existe en la reserva (Torres-Aguilar *et al.*, 2015). En el caso de Isla Guadalupe, no se han publicado datos certeros sobre la cantidad de accidentes ocurridos durante el ecoturismo con tiburones blancos, ya que, con el fin de evitar sanciones, la mayoría de los accidentes no son reportados a las autoridades.

Los accidentes registrados en este trabajo fueron poco frecuentes y no ocasionaron pérdidas humanas o de tiburones, ya que la mayoría fueron golpes a las jaulas y sólo en uno de los casos el tiburón se introdujo hacia una de ellas. En las temporadas siguientes de 2015 y 2016 se registraron al menos cuatro casos similares; sin embargo, solamente dos de ellos recibieron atención internacional, al ser grabados y difundidos en distintos medios digitales (Gillman, 2016; Hanrahan, 2016). Las causas

probables fueron el mal manejo de la carnada y el diseño inadecuado de estas estructuras, al no ser construidas con las especificaciones del manual de buenas prácticas (Torres-Aguilar *et al.*, 2015).

Las causas mencionadas anteriormente podrían ser evitadas mediante una revisión del cumplimiento de las especificaciones para el diseño de las jaulas. Esta revisión, podría ser ejecutada por las autoridades pertinentes, con el fin de permitir o prohibir la actividad de buceo en jaula, previo a la temporada o partida de las embarcaciones a la reserva. La presencia de los observadores como medida para prevenir accidentes (CONANP, 2016), podría ser útil para evitar que la carnada sea manipulada por los turistas, para que los miembros de la tripulación sigan las instrucciones especificadas en el manual de buenas prácticas y para evitar la pesca ilegal.

En un escenario hipotético con 9 embarcaciones y 12 viajes por temporada de cada embarcación, se necesitarían al menos 108 espacios para cumplir con esta medida. Es posible, que la participación de tantos observadores implique un costo económico significativo para las instancias gubernamentales, debido al pago de viáticos y gastos de transporte para capacitar a los observadores elegidos por las autoridades.

Una opción para reducir los costos de esta medida y asegurar la vigilancia permanente de las acciones de los barcos turísticos, sería la implementación de un sistema de vigilancia por videocámaras instalado en diferentes puntos de las embarcaciones, con el fin de que cada barco cuente con un registro audiovisual de sus actividades a lo largo de la temporada. Este sistema de videovigilancia puede ser adaptado como sucede en los domicilios, negocios o barcos particulares, con el fin de que la reserva cuente con un registro fiel de las actividades que se realizan en una embarcación turística. El material obtenido podría impedir las malas prácticas como el manejo inadecuado de la carnada y la pesca ilegal, así como asegurar las sanciones para los delitos realizados o exculpar a los sospechosos en caso de un accidente.

En el aspecto económico, esta inversión podría resultar significativamente menor a las pérdidas generadas por el uso de observadores a bordo, además de que

se disminuye el margen para la corrupción y errores humanos. Los videos obtenidos podrán estar disponibles en la memoria de las consolas hasta terminar la temporada, y podrían ser solicitados en cualquier momento para fines del cumplimiento de la normatividad en la reserva o incluso, para análisis científicos vinculados al comportamiento del tiburón.

Los accidentes con tiburones blancos tienen el potencial de afectar significativamente la integridad de las personas involucradas. Aunque hasta el momento no existen pérdidas de vidas, existen medidas urgentes para el mejoramiento del ecoturismo en Isla Guadalupe, como la implementación de un protocolo de acción y la capacitación de al menos un tripulante en cuestiones de primeros auxilios avanzados. Estas medidas deben ser prioridad para las próximas regulaciones de la actividad ecoturística, ya que el riesgo de un accidente siempre estará presente y la respuesta ante una emergencia se compromete, debido a la posición y lejanía de la reserva con respecto al continente. Dichas regulaciones otorgarían una mayor seguridad para el tiburón, tripulante y turista, mejorando substancialmente el ecoturismo con esta especie.

7.2.1.3. Jerarquía

La jerarquía por tamaño ha sido reportada en algunas especies como el tiburón peregrino *Cetorhinus maximus*, el tiburón mamón *Mustelus canis* y el tiburón toro *Carcharhinus leucas* (Allee y Dickinson, 1954; Bres, 1993; Sims *et al.*, 2000). La presencia de carnadas y la competencia por este recurso en los sitios de agregación, representa una oportunidad para describir la competencia por alimento en los tiburones blancos a través de una jerarquía por tamaño (Sperone *et al.*, 2010, 2012). Este tipo de investigación no se había realizado en Isla Guadalupe, a pesar de que la actividad ecoturística inició desde el año 2001.

El presente trabajo reporta tres observaciones como evidencia de la presencia de una jerarquía por tamaño:

1. *Bajo número de encuentros.* A pesar de que el número de muestra (n= 98 encuentros) podría representar una limitación para la confiabilidad del resultado, su baja frecuencia es un signo de la evasión al conflicto que presentan los tiburones blancos (Sperone *et al.*, 2010, 2012). De manera similar a lo que ocurre con otras especies, las agresiones intraespecíficas son poco frecuentes y evitadas desde el contacto visual con otros competidores (Martin, 2003; Sperone *et al.*, 2010). Isla Guadalupe se caracteriza por aguas cristalinas con más de 30 m de visibilidad (Becerril-García, 2015), por lo que la detección entre los tiburones puede ocurrir sin la necesidad de presentar encuentros cercanos. Por lo tanto, la evasión del conflicto se realiza con antelación al acercamiento a la carnada o al otro tiburón, por lo que se respeta el espacio de los individuos de mayor tamaño.

2. *Diferencias significativas en la reacción ante la llegada de tiburones más grandes.* El análisis de *Chi* cuadrada mostró una diferencia significativa entre la reacción de un tiburón pequeño ante la llegada de otro tiburón con mayor talla. El 72.7% de las veces que estos encuentros fueron registrados, el tiburón pequeño salió del área de carnadas y se terminó con el registro de su comportamiento. De esta manera, existió un efecto significativo sobre la reacción de un tiburón pequeño ante la llegada de un tiburón más grande. Esta reacción puede atribuirse al riesgo inherente que existe en la interacción social entre tiburones blancos, ya que compromete la supervivencia del individuo más pequeño (Martin, 2003). El comportamiento de huida fue la decisión más frecuente en el estudio, ya que se evade el conflicto, y el tiburón más pequeño puede evaluar el comportamiento y tolerancia del individuo con mayor tamaño, o como se ha observado en otros estudios, tomar turnos para el ataque y el consumo de la presa (Martin, 2003; Curtis *et al.*, 2006; Sperone, 2012).

3. *Frecuencia según el tipo de interferencia.* El encuentro entre dos tiburones fue el tipo de comportamiento menos frecuente en el estudio. De estos encuentros, la interferencia con menores registros ocurrió cuando un tiburón de mayor tamaño ingresó al área de carnadas. Esto puede estar relacionado con una detección temprana que ocurre antes del encuentro con el tiburón más grande, por lo que el tiburón más pequeño se alejaría de la zona de carnadas, ante la posibilidad de una

posible agresión. Por el contrario, un tiburón pequeño podría llegar a la zona de carnadas con la presencia de tiburones grandes, después de analizar el comportamiento y tolerancia del tiburón de mayor talla hacia los otros individuos (Sperone *et al.*, 2010).

7.2.2. Condicionamiento

A pesar de que los criterios utilizados subestiman la capacidad cognitiva del tiburón blanco, existen cinco argumentos que pueden explicar la falta de un condicionamiento de los tiburones blancos en Isla Guadalupe:

1) *Pocas visitas de los tiburones.* El condicionamiento se ha registrado después de 6 meses de interacción con la entrega constante de alimentos sustanciales y jornadas de entrenamiento mayores a los 20 minutos (Wright y Jackson, 1964). En esta investigación, la mayoría de los tiburones fueron registrados en menos de 5 días a lo largo del estudio, por lo que su baja permanencia no permitiría un condicionamiento.

2) *Duración de la temporada.* Los estudios en cautiverio han demostrado que el condicionamiento puede perdurar después de 10 semanas en la memoria de los tiburones (Clark, 1959). Dicho condicionamiento surge después de la recepción de un estímulo otorgado de manera constante a lo largo de cierto periodo, bajo condiciones controladas. En Isla Guadalupe, la cantidad de estímulos otorgados por sus presas naturales (Hoyos-Padilla, 2009), hábitos migratorios del tiburón y movimientos locales (Domeier y Nasby-Lucas, 2008; Hoyos-Padilla *et al.*, 2016), así como una separación de 8 meses entre una temporada y otra (Torres-Aguilar *et al.*, 2015), podrían afectar la duración del condicionamiento en la memoria de los tiburones blancos (Clark, 1995), por lo que su atracción hacia las embarcaciones sería el resultado de una curiosidad natural y no de un aprendizaje adquirido (Collier *et al.*, 1996).

3) *Baja adquisición de carnadas.* En el trabajo de Robbins (2004), la recepción significativa de estímulos “sustanciales” fue uno de los criterios necesarios para

determinar un alto riesgo de condicionamiento. En la presente investigación, la captura de al menos una carnada fue considerada como un criterio importante para la detección de un condicionamiento. Esta decisión de considerar cualquier captura como un evento substancial, surgió como una medida precautoria para detectar cualquier indicio de un posible condicionamiento. A pesar de esta medida, no fue posible detectar más de tres tiburones que cumplieran con la ingesta de carnadas, visitas, y tiempos necesarios de interacción para la determinación de un riesgo alto de condicionamiento.

4) *Efectividad de los ataques.* La efectividad de los ataques fue baja para la captura y el consumo de las carnadas. Esta falta de estímulos, reconocidos como refuerzos en el aprendizaje, desembocan en un efecto conocido como “extinción experimental” (Carthy, 1971), la cual, consiste en la desaparición de una respuesta adquirida. Los tiburones blancos de Isla Guadalupe no presentan una gran cantidad de refuerzos, además de que la cantidad de ataques y energía utilizada para su captura, podría no ser redituable para su equilibrio energético. Al no recibir estímulos suficientes para el desarrollo o manutención de un aprendizaje, la presencia de un condicionamiento es poco probable.

5) *Competencia.* La mayor cantidad de avistamientos fue registrada durante el mes de agosto y correspondió en su mayoría, a machos juveniles. Es posible que la presencia de tiburones de tamaño similar favorezca las interacciones intraespecíficas con respecto a las carnadas, debido a una mayor tolerancia por parte de los machos de tallas similares. No obstante, la disminución en los avistamientos durante los meses siguientes podría estar relacionada con la presencia de tiburones de mayor talla, que, ante una jerarquía por tamaño, desplazarían a los tiburones pequeños que pudieran ser vulnerables al condicionamiento. De manera natural, la migración segregada de los tiburones adultos, en coincidencia con la temporada de avistamiento y la jerarquía por tamaño, evitaría que los individuos juveniles desarrollen un condicionamiento.

El esfuerzo actual del ecoturismo no genera un condicionamiento sobre el tiburón blanco en Isla Guadalupe. La presente investigación, funciona como una línea base del estado conductual de los tiburones blancos que interactuaron con las

embarcaciones en la reserva. La efectividad de las carnadas, los porcentajes de tiburones condicionados de acuerdo con los criterios propuestos, y la conducta de los tiburones blancos descritas en esta investigación, funcionan como referencia para los panoramas ecológicos y de manejo que pudieran existir en el futuro, con el fin de detectar cambios en la presencia y el comportamiento de esta especie. No obstante, el monitoreo actual de tiburones blancos en la reserva por parte de las autoridades debe ser reestructurado, ya que presentan limitaciones significativas en la adquisición de datos para la generación de conocimiento útil en el manejo de la especie.

8. CONCLUSIONES

Los cuatro tipos de carnada tuvieron el mismo efecto en la presencia del tiburón blanco y mostraron la misma efectividad para atraer a los tiburones. A pesar de esto, existe evidencia suficiente para demostrar que la conducta del tiburón blanco es diferente según la carnada utilizada. Los patrones caracterizados por la agresividad y la adquisición de estímulos, que podrían ocasionar algún accidente relacionado con las jaulas, se observaron únicamente con las carnadas no permitidas que utilizaron atrayentes frescos. La carnada permitida de “atún congelado” genera un comportamiento de inspección sin un patrón conductual definido, por lo que el uso de este tipo de cebo es ideal para la actividad ecoturística en la Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe.

En este trabajo, se confirmó la presencia de una jerarquía por tamaño en los tiburones blancos de Isla Guadalupe, sin embargo, las interacciones sociales no son frecuentes en superficie y el conflicto suele ser evitado con anticipación al encuentro. Este efecto puede estar relacionado con las condiciones oceánicas de Isla Guadalupe, las cuales difieren significativamente de las observadas en otros sitios de agregación con características continentales y pueden influir directamente en el comportamiento social de los tiburones blancos (Becerril-García, 2015).

Finalmente, el esfuerzo ecoturístico no ha generado un condicionamiento en los tiburones blancos de Isla Guadalupe. La probabilidad de que exista una asociación de las embarcaciones con la disponibilidad de alimento ha sido descartada, debido a que los criterios de aprendizaje no fueron cumplidos por la mayoría de los tiburones analizados. No obstante, la conducta del tiburón blanco debe ser evaluada con detalle durante los monitoreos de la actividad turística, ya que existen signos que pudieran favorecer un condicionamiento en el futuro. Con respecto a las medidas de manejo, y además de la carnada sugerida anteriormente, la implementación de un protocolo de acción en respuesta de emergencias, resulta fundamental, necesario y obligatorio para beneficio del turista, prestadores de servicio, científicos y los tiburones blancos de Isla Guadalupe.

9. RECOMENDACIONES

1.- Esta investigación puede ser utilizada para el beneficio de los monitoreos por parte de personal de la reserva en Isla Guadalupe. Dicha tesis es una referencia del esfuerzo ecoturístico ocurrido en 2012-2014 y funciona como una línea base para su comparación en escenarios futuros. Se sugiere realizar los cambios necesarios en las bitácoras gubernamentales, asegurar la obtención de material fotográfico para la identificación de los individuos y capacitar observadores en la obtención de datos confiables. Esto, con la consideración de utilizar el mismo personal para no incrementar el sesgo en las observaciones.

2.- Se sugiere el análisis del comportamiento social de los tiburones blancos bajo condiciones de carnada, considerando la duración específica de cada interacción. Este análisis podría complementar la información acerca de la etología de esta especie en ambientes insulares oceánicos y bajo situaciones de competencia.

3.- La comparación con datos de otras poblaciones, naturalmente continentales, otorgaría una mayor perspectiva del comportamiento del tiburón blanco bajo diferentes condiciones ambientales y ecoturísticas. Sin embargo, los factores abióticos pueden tener un efecto en la reacción de los individuos, por lo que también se sugiere un análisis que evalúe el efecto del ambiente sobre el comportamiento del tiburón.

4. Se sugiere la implementación de un sistema de videovigilancia náutico para la colocación de un mínimo de cinco cámaras por embarcación, colocadas individualmente en proa, babor, estribor y un par (superficial y submarina), en la popa. Este sistema de videovigilancia podrá reducir los gastos del uso de observadores y será útil para la inspección de buenas prácticas en la reserva y también, para el monitoreo científico del tiburón blanco.

5. Se recomienda la realización de un protocolo de acción para la respuesta de emergencias a bordo, ocasionadas por accidentes con tiburones blancos en la reserva. Adicionalmente, se sugiere la capacitación en primeros auxilios avanzados de los tripulantes, para el tratamiento de emergencias médicas durante los viajes a la reserva.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Adams D. H., M. E. Mitchell & G. R. Parsons. 1994. Seasonal occurrence of the white shark, *Carcharodon carcharias*, in waters off the Florida west coast, with notes on its life history. *Mar. Fish. Rev.* 56: 24
- Aguirre-Muñoz A., J. Bezaury-Creel, E. Carranza, C. Enkerlin-Hoeflich, L. M. García-Gutiérrez, B. Luna-Mendoza, J. A. Keitt, Sánchez-Pacheco & B. R. Tershy. 2003. Propuesta para el establecimiento del Área Natural Protegida "Reserva de la Biosfera de Isla Guadalupe. Estudio Técnico Justificativo. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C., México. 98
- Aquino-Baleytó, M. 2016. Bioacumulación de Hg y Se en el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) y los pinnípedos, en Isla Guadalupe, Baja California, México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México. 78p.
- Allee, W. C. & J. C. Dickinson. 1954. Dominance and subordination in the smooth dogfish, *Mustelus canis*. *Physiological Zoology*, 27: 356-364.
- Amorim, A. F., C. A. Arfelli, H. Bornatowski & N. E. Hussey. 2017. Rare giants? A large female great white shark caught in Brazilian waters.
- Aronson L. R., F. R. Aronson & E. Clark. 1967. Instrumental Conditioning and Light-Dark Discrimination in Young Nurse Sharks. *Bulletin of Marine Science*. 17: 249-256.
- Atema, J. 1980. Chemical senses, chemical signals and feeding behaviour in fishes. In: J.E. Bardach, J.J. Magnuson, R.C. May and J.M. Reinhart (Editors), *Fish Behaviour and Its Use in the Capture and Culture of Fishes*. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, pp. 57- 101.
- Bardach, J.E. and Villars, T., 1974. The chemical senses of fishes. In: P.T. Grant and A.M. Mackie (Editors), *Chemoreception in Marine Organisms*. Academic Press, New York, pp. 49- 104.

- Becerril-García, E. E. 2015. Presencia del tiburón blanco *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758) con relación a los factores ambientales en Isla Guadalupe, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 77p.
- Berdegúe, A. J. 1957. La Isla Guadalupe, México: Contribución al conocimiento de los recursos naturales renovables. Secretaría de Marina. Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. México. 67 pp.
- Bonfil R., M. Meyer, M. C. Scholl, R. Johnson, S. O'Brien, H. Oosthuizen, S. Swanson, D. Kotze & M. Paterson. 2005. Transoceanic migration, spatial dynamics, and population linkages of white sharks. *Science*. 310: 100–103.
- Bres, 1993. The behavior of sharks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 3, 133-159.
- Bruce, D. & W. Bradford. 2013. The effects of shark cage-diving operations on the behaviour and movements of white sharks, *Carcharodon carcharias*, at the Neptune Islands, South Australia. *Mar. Biol.*, 160: 889-9076
- Carthy, J. D. 1971. La conducta de los animals. Salvat Editores, Estella, España, 176 p.
- Castro, J. I. 2012. A summary of observations on the maximum size attained by the white shark, *Carcharodon carcharias*. En: Domeier M. L. Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark. CRC Press, Boca Ratón, Estados Unidos, 85-90.
- Clark, E .1959. Instrumental Conditioning of Lemon Sharks. *Science*. 130: 217-218.
- Christiansen, H. M., S. E. Campana, A. T. Fisk, G. Cliff, S. P. Wintner, S. F. Dudley, L. A. Kerr & N. G. Hussey. Using bomb radiocarbon to estimate age and growth of the white shark, *Carcharodon carcharias*, from the southwestern Indian Ocean. *Mar Biol*, 163:144.

- Cisneros-Montemayor, A. M., M. Barnes-Mauthe, D. Al-Abdulrazzak, E. Navarro-Holm, & U. R. Sumaila. 2013. Global economic value of shark ecotourism: implications for conservation. *Oryx*, 47(03): 381-388.
- Collier, R. S., M. Marks, & R. W. Warner. 1996. White shark attacks on inanimate objects along the Pacific Coast of North America. En: Klimley A.P., Ainley D.G. (Eds.) *Great white sharks: the biology of *Carcharodon carcharias**. Academic Press, San Diego, USA. 217-222.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2016. Cero tolerancia en las malas prácticas de la actividad de observación del tiburón blanco en la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe. Revisado el 26 de abril de 2017 en: <http://www.gob.mx/conanp/prensa/cero-tolerancia-en-las-malas-practicas-de-la-actividad-de-observacion-del-tiburon-blanco-en-la-reserva-de-la-biosfera-isla-guadalupe>
- Compagno, L.J.V. 2001. *Carcharodon carcharias*. En: Compagno, L.J.V. *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species know to date*. 21st ed. Roma: FAO. 100-108 p.
- Compagno, L., M. Dando & S. Fowler. 2005. *A Field Guide to the Sharks of the World*. HarperCollins, Londres, Reino Unido. 368p.
- Curtis, T. H., J. T. Kelly, K. L. Menard, R. K. Laroche, R. E. Jones & A. P. Klimley. 2006. Observations on the behavior of white sharks scavenging from a whale carcass at Point Reyes, California. *California Fish and Game*, 92 (3): 113.
- Curtis T. H., C. T. McCandless, J. K. Carlson, G. B. Skomal & N. E. Kohler .2014. Seasonal Distribution and Historic Trends in Abundance of White Sharks, *Carcharodon carcharias*, in the Western North Atlantic Ocean. *PLoS ONE* 9(6): e99240. doi:10.1371/journal.pone.0099240
- Delgado-Argote, L. A., J. García-Abdeslem & R. Mendoza-Borunda. 1993. Correlación geológica entre la batimetría y los rasgos estructurales del Oriente de la Isla Guadalupe, México. En: Delgado-Argote L. A. & A. Martín-Barajas (Eds.)

Contribuciones a la tectónica de México. Monografía No. 1 de la Unión Geofísica Mexicana, México. 1-11

Demski, L. S., & R. G. Northcutt. 1996. The brain and cranial nerves of the white shark: an evolutionary perspective. En: Klimley A.P., Ainley D.G. (Eds.) Great white sharks: the biology of *Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego, USA. 121-130.

Dicken, M. L. 2008. First observations of young of the year and juvenile great white sharks (*Carcharodon carcharias*) scavenging from a whale carcass. *Marine and Freshwater Research*, 59 (7): 596-602.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 Protección Ambiental - Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres - Categorías de Riesgos y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio – Lista de Especies en Riesgo. Publicada el 6 de marzo de 2002.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2005. Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera, la zona marina y terrestre que incluye a la Isla Guadalupe, de jurisdicción federal, así como a las demás superficies emergidas que se encuentran dentro de la misma, localizada en el Océano Pacífico, frente a la costa de la Península de Baja California, con una superficie total de 476,971-20-15.79 hectáreas. Publicado el 25 de abril de 2005

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Publicada el 15 de febrero de 2007.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2011. Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe.

Domeier, M. L. & N. Nasby-Lucas. 2007. Annual re-sightings of photographically identified white sharks (*Carcharodon carcharias*) at an eastern Pacific aggregation site (Guadalupe Island, Mexico). *Mar. Biol.*, 150: 977—984.

- Domeier, M. L. & N. Nasby-Lucas. 2008. Migration patterns of white sharks *Carcharodon carcharias* tagged at Guadalupe Island, México, and identification of an eastern Pacific shared offshore foraging area. *Marine Ecology Progress Series*. 370: 221-237.
- Domeier, M. L. 2012. "A new life-history hypothesis for white sharks (*Carcharodon carcharias*) in the Northeastern Pacific". En: Domeier M. L. (Ed) *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark*. CRC Press, Boca Ratón, Estados Unidos, 199–224.
- Domeier, M. L. & N. Nasby-Lucas. 2013. Two-year migration of adult female white sharks (*Carcharodon carcharias*) reveals widely separated nursery areas and conservation concerns. *Animal Biotelem.*, 1: 2.
- Domeier, M. L. & N. Nasby-Lucas. 2011. *Guadalupe Island White Shark Photo-ID Book*. MCSI.
- Duffy, C. A., M.P. Francis, M. J. Manning & R. Bonfil. 2012. Regional population connectivity, oceanic habitat, and return migration revealed by satellite tagging of white sharks, *Carcharodon carcharias*, at New Zealand aggregation sites. En: Domeier M. L. (Ed) *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark*. CRC Press, Boca Ratón, Estados Unidos, 301-318.
- Estrada, J. A., Rice, A. N., Natanson, L. J., & Skomal, G. B. (2006). Use of isotopic analysis of vertebrae in reconstructing ontogenetic feeding ecology in white sharks. *Ecology*, 87(4), 829-834.
- Figuroa, Y. D. V. M., A. M. Cabello, L. B. Villalobos, G. Guevara, B. F. García & O. V. González. 2006. Cambios físicos-químicos y microbiológicos observados durante el proceso tecnológico de la conserva de atún. *Zootec Trop*, 24, 17-29.
- Francis, M. P. 1996. Observations on a pregnant white shark with a review of reproductive biology. En: Klimley A.P., Ainley D.G. (Eds.) *Great white sharks: the biology of *Carcharodon carcharias**. Academic Press, San Diego, USA. 157–172 pp.

- Fergusson, I., L. J. V. Compagno & M. Marks. 2009. *Carcharodon carcharias*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <www.iucnredlist.org>. Visto el 4 de Junio de 2015.
- Ferreira, C. A. & T. P. Ferreira. 1996. Population dynamic of White Sharks in South Africa. Great White Shark, The Biology of *Carcharodon carcharias*. Primera ed. Academic Press. Cape Town, South Africa. 81-391 pp.
- Gallagher, A. J. & N. Hammerschlag. 2011. Global shark currency: the distribution, frequency, and economic value of shark ecotourism. *Curr. Issues in Tour.*, 14(8): 797-812.
- Gallo-Reynoso, J. P., B. J. Le Boeuf, A. L. Figueroa & M. O. Maravilla. 2005a. Los pinnípedos de Isla Guadalupe. En: Santos-del-Prado K, Peters E (eds) Isla Guadalupe. Hacia su restauración y conservación. Instituto Nacional de Ecología, México. 171-201
- Gallo-Reynoso, J. P., A. L. Figueroa-Carranza & M. del P. Blanco-Parra. 2005b. Los tiburones de Isla Guadalupe. En: Santos-del-Prado K. & E. Peters (Eds.) Isla Guadalupe. Hacia su restauración y conservación. Instituto Nacional de Ecología, México. 143-169.
- García-Gutiérrez, C., A. Hinojosa-Corona, E. Franco-Viazcaíno, P. J. Riggan, G. Bocco, L. Luna-Mendoza, A. Aguirre-Muñoz, J. Maytorena-López, B. Keitt, B. Tershy, M. Rodríguez-Malagón, & N. Biavaschi. 2005. Cartografía base para la conservación de Isla Guadalupe. Avances, perspectivas y necesidades. En: Isla Guadalupe. Conservación y Restauración. INE-SEMARNAT. México, D. F. 142-169p.
- Gillman, O. 2016. Horrifying moment a four-metre great white shark bit through divers' air supply hose - before getting stuck INSIDE their cage. Visto el 29 de abril de 2017 en: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3850652/Great-white-shark-gets-stuck-inside-divers-cage-Mexico.html>

- Gruber, S. H. & N. Schneiderman. 1975. Classical Conditioning of the Nictitating Membrane Response of the Lemon Shark (*Negaprion brevirostris*). *Behavioral Research Methods Instrumen.* 7(5): 430-434.
- Guerrero-Ávila, C. 2011. Efecto del ecoturismo sobre el comportamiento del tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) en la costa este de Isla Guadalupe: establecimiento de la línea base. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California. 87p.
- Hanrahan, J. 2016. Diver who was caught in a cage with a great white reveals how he escaped out of a hole at the bottom - before realising TWO other sharks were circling him in the open ocean. Daily Mail. Revisado el 26 de abril 2017 en: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3839205/Shark-diver-reveals-used-escape-hatch-great-white-broke-cage.html>
- Goldman, K. J., & Anderson, S. D. 1999. Space utilization and swimming depth of white sharks, *Carcharodon carcharias*, at the South Farallon Islands, central California. *Environmental Biology of Fishes*, 56(4), 351-364.
- Hamady, L. L., L.J. Natanson, G. B. Skomal & S. R. Thorrold. 2014. Vertebral Bomb Radiocarbon Suggests Extreme Longevity in White Sharks. *PLoS ONE* 9(1): e84006.
- Hammerschlag N., R. A. Martin & C. Fallows. 2006. Effects of environmental conditions on predator-prey interactions between white sharks (*Carcharodon carcharias*) and Cape fur seals (*Arctocephalus pusillus pusillus*) at Seal Island, South Africa. *Environ Biol Fish*, 76: 341–350
- Hammerschlag, N., R.A. Martin, C. Fallows, R. S. Collier & R. Lawrence. 2012. Investigatory behavior toward surface objects and nonconsumptive strikes on seabirds by white sharks, *Carcharodon carcharias*, at Seal Island, South Africa (1997–2010). En: Domeier M. L. *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark*. CRC Press, Boca Ratón, Estados Unidos, 91-103.
- Hoyos-Padilla, E. M. 2009. Patrones de movimiento del tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) en Isla Guadalupe, México. Tesis Doctoral. La Paz, Baja California:

CICIMAR-IPN Instituto Politécnico Nacional: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 129 pp.

Hoyos-Padilla, E. M, A. P. Klimley, F. Galván-Magaña & A. Antoniou. 2016. Contrasts in the movements and habitat use of juvenile and adult white sharks (*Carcharodon carcharias*) at Guadalupe Island, Mexico. *Animal Biotelem.*, 4: 14.

Iñiguez-Hernández, L. 2008. Diagnóstico de la actividad turística desarrollada con tiburón blanco *Carcharodon carcharias* en Isla Guadalupe, Baja California. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 132p.

Jaime-Rivera, M., J. Caraveo-Patiño, M. Hoyos-Padilla & F. Galván-Magaña. Feeding and migration habits of white shark *Carcharodon carcharias* (Lamniformes: Lamnidae) from Isla Guadalupe, inferred by analysis of stable isotopes $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$. *Rev. Biol. Trop.*, 62(2): 637-347.

Johnson, R. & A. Kock. 2006. South Africa's White Shark cage-diving industry: is their cause for concern? Finding a balance: White shark conservation and recreational safety in the inshore waters of Cape Town, South Africa; proceedings of a specialist workshop. 2006th. Cape Town: WWF South Africa Report. 40-59 pp.

Jorgensen, S. J., C. A. Reeb, T. K. Chapple, S. Anderson, C. Perle, S. R. Van Sommeran, C. Fritz-Cope, A. C. Brown, A. P. Klimley & B. A. Block. 2010. Philopatry and migration of Pacific white sharks. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences* 277: 679–688.

Kim, S. L., M. T. Tinker, J. A. Estes & P. L. Koch. 2012. Ontogenetic and among-individual variation in foraging strategies of northeast Pacific white sharks based on stable isotope analysis. *PLoS One*, 7(9): e45068.

Klimley, P.A. 1985. The areal distribution and autoecology of the white shark, *Carcharodon carcharias*, off the West Coast of North America. En: G. Sibley, J.A. Seigel y C.C. Swift (Eds.) *The Biology of the White Shark: a symposium*.

Novena ed. Memories of the Southern California Academy of Sciences, Estados Unidos, 15-40 pp.

Klimley AP, Pyle P, Anderson SD. 1996. The behaviour of white sharks and their pinniped prey during predatory attacks. In: Klimley AP Ainley DG, editors. Great White Shark: The Biology of *Carcharodon carcharias*. San Diego, CA: Academic Press, p 175-91.

Klimley, A. P., B.J. Le Boeuf, K. M. Cantara, J. E. Richert, S. F. Davis, S. Van Sommeran, *et al.* 2001. The hunting strategy of white sharks (*Carcharodon carcharias*) near a seal colony. *Marine Biology* 138: 617-636.

Natanson, L. J. & G. B. Skomal. 2015. Age and growth of the white shark, *Carcharodon carcharias*, in the western North Atlantic Ocean. *Mar Freshwater Res*, 66: 387-398.

Laroche, K.R., A. A. Kock, D. M. Lawrence & H. W. Oosthuizen. 2007. Effects of provisioning ecotourism activity on the behavior of white sharks *Carcharodon carcharias*. *Marine Ecology Progress Series*. 338: 199-209.

Lisney, T. J., M. B. Bennett & S. P. Collin. 2007. Volumetric analysis of sensory brain areas indicates ontogenetic shifts in the relative importance of sensory systems in elasmobranchs. *Raffles Bull Zool*, 14: 7-15.

Løkkeborg, S., & Johannessen T. 1992. The importance of chemical stimuli in bait fishing – fishing trials with presoaked bait. *Fisheries Research*. 14: 21-29.

Long, D. J., & Jones, R. E. (1996). White shark predation and scavenging on cetaceans in the eastern North Pacific Ocean. *Great white sharks: the biology of *Carcharodon carcharias**, 293-307.

Lynn, R. J. & J. J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys. Res.*, 92: 12,947-12,966.

- Madrid-Vera, J., A. Ruiz-Luna & I. Rosado-Bravo. Peces de la plataforma continental de Michoacán y sus relaciones regionales en el Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 46 (2): 267-276.
- Martin, A. R. 2003. Field Guide to the Great White Shark. Special Publication No. 1. Vancouver: ReefQuest Center for Shark Research. 185 p.
- Myrberg Jr AA, Gruber SH. 1974. The behaviour of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*. *Copeia*, 1974:358-74.
- Myrberg Jr, A.A. 1991. Distinctive markings of sharks: ethological considerations of visual function. *J. Exp. Zool.* 5: 156-66.
- Orams, M. B., 2000. Feeding wildlife as a tourism attraction: a review of issues and impacts. *Tourism management*, 23(3): 281-293.
- Pierson, M. O. 1987. Breeding behavior of the Guadalupe fur seal, *Arctocephalus townsendi*. En: J. P. Croxall & R.L. Gentry (Eds.). Status, Biology, and Ecology of fur seals. NOAA Tech. Rep. NMFS. 51:83-94.
- Pyle, P., A. P. Klimley, S.D. Anderson & P. R. Henderson .1996. Environmental factors affecting the occurrence and behavior of white sharks at the Farallon Islands, California. En: Klimley AP, Ainley DG (eds) Great White Shark, The Biology of *Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego. 281-291.
- Reyes-Bonilla H., A. Ayala-Bocos, S. González-Romero, I. Sánchez-Alcántara & M. Walther-Mendoza. 2010. Checklist and biography of fishes from Guadalupe Island, Western Mexico. *CalCOFI Rep.*, 51: 1-15.
- Roberts, W. A. 1997. Associative Learning. En: Principles of Animal Cognition. McGraw Hill. New York, USA. 121-167
- Robbins, R. L. 2004. Associative conditioning of white sharks (*Carcharodon carcharias*) in a baited situation. *Fox Shark Research Foundation*. 13 pp.

- Robbins, R. L. 2007. Environmental variables affecting the sexual segregation of great white sharks, *Carcharodon carcharias*, at the Neptune Islands, South Australia. *Fish Biol* 70: 1350–1364
- SAGARPA. 2014. Acuerdo por el que se establece veda permanente para la pesca de tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, 27 de enero de 2014, 3.
- Scholander, P. F., & J. Krog. 1957. Countercurrent heat exchange and vascular bundles in sloths. *J. Appl. Physiol.* 8: 279-292.
- Sims, D. W., E. J. Southall, W. A. Quayle & A. M. Fox. 2000. Annual social behaviour of basking sharks associated with coastal front areas. *Proceeding of the Royal Society of London*, 267: 1897-1904.
- Skomal, G. B., M. Hoyos-Padilla, A. Kukulya & R. Stokey. 2015. Subsurface observations of white shark *Carcharodon carcharias* predatory behaviour using an autonomous underwater vehicle. *J. Fish. Biol.*, 87: 1293-1312.
- Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera de Participación Estatal Abuloneros y Langosteros SCL. 2016. Turismo comunitario realizado por la cooperativa de pescadores de Isla Guadalupe, México. Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular. Revisado el 24 de abril 2017 en: <http://consultaspublicas.semarnat.gob.mx/expediente/bc/estudios/2016/02BC2016TD018.pdf>
- Soldo, A., & J. Dulcic. 2005. New record of a great white shark, *Carcharodon carcharias* (Lamnidae) from the eastern Adriatic Sea. *Cybium*, 29(1): 89-90.
- Sosa-Nishizaki O., C. Guerrero-Ávila, L. Malpica-Cruz, M. A. Escobedo-Olvera, Santana-Morales O., E. C. Oñate-González & E. Morales-Bojórquez. 2010. informe Final del Proyecto: Establecimiento de la Línea base para el Monitoreo de la distribución y abundancia de *Carcharodon carcharias*, el Tiburón blanco en el área marina de la Reserva de la Biosfera Isla de Guadalupe. CICESE, Ensenada, México. 65 p.

- Sosa-Nishizaki, O., E. Morales-Bojórquez, N. Nasby-Lucas, E. C., Oñate-González & M. L. Domeier. 2012. Problems with Photo Identification as a Method of Estimating Abundance of White Sharks, *Carcharodon carcharias* An Example from Guadalupe Island, Mexico. En: Domeier M. L. Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark. CRC Press, Boca Ratón, Estados Unidos, 85-90.
- Sperone, E., P. Micarelli, S. Andreotti, S. Spinetti, A. Andreani, F. Serena, E. Brunelli & S. Tripepi. 2010. Social interactions among baited-attracted white sharks at Dyer Island (South Africa). *Marine Biology Research*, 6:4, 408-414
- Sperone, E., Micarelli, P., Andreotti, S., Brandmayr, P., Bernabò, I., Brunelli, E., & Tripepi, S. 2012. Surface behaviour of bait-attracted white sharks at Dyer Island (South Africa). *Marine Biology Research*, 8(10), 982-991.
- Strong, W. R. 1996. Shape discrimination and visual predatory tactics in white sharks. In: Klimley AP, Ainley DG, editors. Great White Shark: The Biology of *Carcharodon carcharias*. San Diego, CA: Academic Press, 229-240.
- Strong, W. R., Murphy R.C., Bruce B.D. & Nelson D.R. 1992. Movements and associated observations of bait-attracted White Sharks, *Carcharodon carcharias*: A preliminary report. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 43(1):13-20.
- Strub, P.T., J.S. Allen, A. Huyer & R.L. Smith .1987. Seasonal Cycles of Currents, Temperatures, Winds, and Sea Level Over the Northeast Pacific Continental Shelf: 35°N to 48°N. *Journal of Geophysical Research*. 92(C2): 1507-1526.
- Topelko, K. N., & P. Dearden. 2005. The shark watching industry and its potential contribution to shark conservation. *J. Ecotour.*, 4(2): 108-128.
- Torres-Aguilar, M., D. Borjes-Flores, O. Santana-Morales, R. Zertuche, M. Hoyos-Padilla & A. O. Blancafort-Camarena. 2015. Manual de buenas prácticas para la observación de tiburón blanco mediante el buceo en jaula en la Reserva de la Biósfera Isla Guadalupe. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Ciudad de México, México. 60p.

- Tricas, T. C. 1985. Feeding ethology of the white shark *Carcharodon carcharias*. *Memoirs of Southern California Academy of Sciences*, 9: 81-90.
- Tricas, T. C. & J. E. McCosker. 1984. Predatory behavior of the white shark (*Carcharodon carcharias*), with notes on its biology. *Proc Cal Acad Sci*, 43: 221–238.
- Uchida, S. E. N. Z. O., M. Toda, K. Teshima, & K. Yano. 1996. Pregnant white sharks and full-term embryos from Japan. En: Klimley A.P., Ainley D.G. (Eds.) *Great white sharks: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego, USA. 139-155.
- Wright, T. & R. Jackson. 1964. Instrumental Conditioning of Young Sharks. *Copeia*. 2: 409-412.
- Yabur-Pacheco, R. 2015. Inventario de macroalgas de Isla Guadalupe, México. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JF170. México, D. F.

