



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO DE
TIBURÓN BALLENA (*Rhincodon typus*) ANTE
LA PRESENCIA DE TURISTAS EN EL NORTE
DEL CARIBE MEXICANO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA:

Stephanie Itzel Villagómez Vélez

Director de tesis:

Dr. Hibraim Adán Pérez Mendoza

Los Reyes Iztacala, Edo. de México, 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

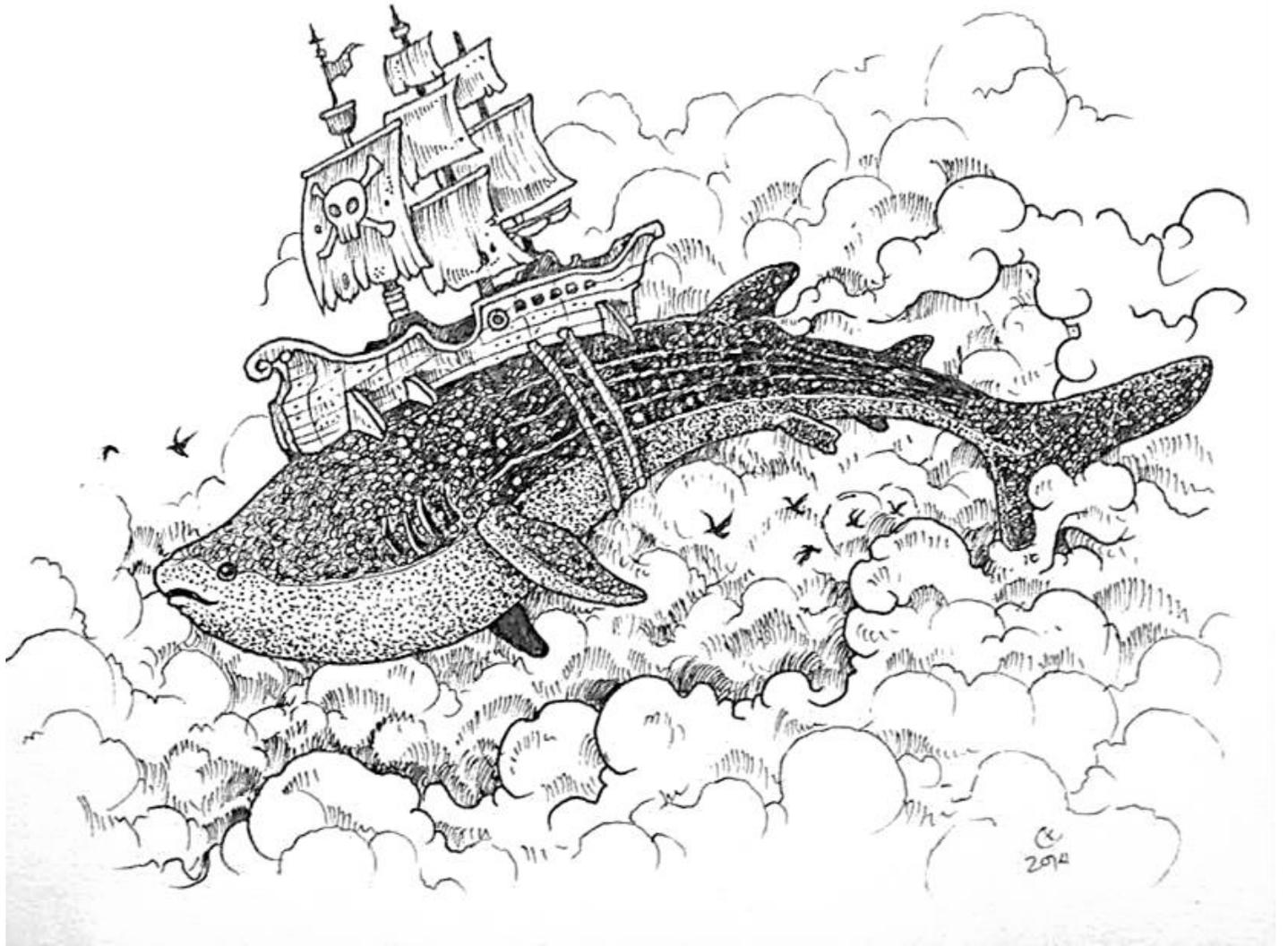


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Kerby Rosanes

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Mis padres quienes fueron parte fundamental tanto en el trascurso de la carrera como en la realización de mi tesis, gracias por su apoyo económico, emocional, por estar ahí en todo momento y por apoyarme en mis decisiones.

Mi hermanita Pame, gracias a ti me mantuve fuerte en Mérida, eres muy divertida he hiciste que olvidará mis malos días.

¡Mi Flipo! Gracias por compartir la biología conmigo, por apoyarme en todas mis decisiones, por estar conmigo en todo momento, por tu amor y por ser mi desestrés. Mi persona favorita.

Mi Laika por desvelarse conmigo, por escucharme, por tu compañía, tu amor, por estar conmigo en todo momento.

A mi familia porque sin ellos este proyecto y sueño no se hubiera hecho, en especial a mis tíos: Raúl, Roberto, Luis, Susana y Lety, al igual que mis primas Sandra y Paola que en su momento estuvieron ahí y a mi abuelita Beatriz siempre apoyándome.

A mis amigos Brasil, Ángel, Isabel y Darío por hacer muy divertida y amena la carrera.

A Omar y sus amigos de Mérida por brindarme su amistad y apoyo en aquel estado.

A mi tutor el Dr. Hibraim Pérez quien me apoyo muchísimo en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis sinodales la Dra. Natalí Cárdenas. Dra. Patricia Ramírez, el Dr. Fernando del Moral y el Biol. Edgar Peláez, por su atención y aportaciones a este proyecto.

A Emanuel Mimila y Jorge Trujillo de Pronatura por la recaudación de datos.

A Pronatura Península de Yucatán y Cinvestav Unidad Mérida como organizaciones ejecutoras del proyecto titulado: "Manejo sustentable del tiburón ballena en el Caribe Mexicano" y financiado por la alianza Fondo Mundial para Naturaleza y Fundación Carlos Slim (WWF-FCS).

Índice

Resumen	1
1. Introducción	2
2. Antecedentes	4
3. Objetivo general	5
3.1 Objetivos particulares	5
4. Materiales y método	6
4.1 Área de estudio	6
4.2 Biología de tiburón ballena	7
4.3 Obtención de datos en campo	9
4.4 Observación y categorización del comportamiento de tiburón ballena	12
4.5 Análisis de datos	15
5. Resultados	17
5.1 Generalidades de los tiburones ballena observados	17
5.2 Comportamiento de tiburón ballena en ausencia de turistas	20
5.3 Comportamiento de tiburón ballena ante la presencia de turistas	21
5.4 Acciones de turistas	24
6. Discusión	27
7. Conclusiones	30
8. Sugerencias para el Plan de manejo de tiburón ballena (<i>Rhincodon typus</i>) en el Caribe Mexicano, Q. Roo – temporada 2015	30
Literatura citada	32

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las zonas de agregación del tiburón ballena al norte del Caribe Mexicano	7
Figura 2. Morfología general de Tiburón ballena	8
Figura 3. Tiburón ballena filtrando su alimento	8
Figura 4. Formato de registro para comportamiento de tiburón ballena ante la presencia de turistas	10
Figura 5. Formato de registro para comportamiento de tiburón ballena en ausencia de turistas	11
Figura 6. Tiburón ballena alimentándose de forma activa	12
Figura 7. Tiburón ballena alimentándose de forma pasiva o filtración ram ..	13
Figura 8. Tiburón ballena alimentándose de forma pasiva o filtración rama media agua	13
Figura 9. Tiburón ballena alimentándose por Succión activa o alimentación vertical (botella)	14
Figura 10. Conducta “banking” en tiburón ballena	14
Figura 11. “Banking” en tiburón ballena	15
Figura 12. Etapas de desarrollo de los tiburones ballena avistados, determinados por la LT (N/R: no registrado)	17
Figura 13. Foto de gonopterigios en tiburón ballena macho	18
Figura 14. Proporción de sexo en tiburones ballena avistados (N/R: no registrado)	18
Figura 15. Porcentaje de zonas del cuerpo del tiburón ballena que presentaron lesiones	19
Figura 16. Lesiones en la zona media del cuerpo del tiburón ballena	19
Figura 17. Lesiones en aleta caudal de tiburones ballena	20
Figura 18. Lesiones en aletas dorsales de tiburones ballena	20

Figura 19. Frecuencia de los diferentes patrones de alimentación observados en tiburones ballena en ausencia de turistas	21
Figura 20. Frecuencia de los diferentes patrones de alimentación observados en tiburones ballena ante la presencia de turistas	22
Figura 21. Porcentaje de tiburones que se sumergieron	22
Figura 22. Tipos de inmersiones en tiburones ballena	23
Figura 23. Causas de inmersiones en tiburones ballena	23
Figura 24. Porcentaje de organismos que cambió de dirección de forma gradual, rápida o en círculos	24
Figura 25. Barco de carga cerca de la zona de avistamiento de tiburón ballena	28

TABLAS

Tabla 1. Construcción del modelo lineal generalizado (GLM) variables continuas	16
Tabla 2. Construcción del modelo lineal generalizado (GLM) variables categóricas	16
Tabla 3. Construcción del modelo lineal generalizado (GLM) variables continuas (duración de videos)	16
Tabla 4. Resultados obtenidos al aplicar el GLM con distribución Gaussiana para conductas evasivas en el tiburón ballena	24
Tabla 5. Resultados obtenidos al aplicar el GLM con distribución Gaussiana para duración de videos	25
Tabla 6. Resultados obtenidos al aplicar el GLM con distribución binomial para conductas evasivas del tiburón ballena	25
Tabla 7. Turistas que tocaron tiburones ballena	26

Resumen

El tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828), es el pez más grande del mundo habita en los océanos de aguas cálidas tropicales y subtropicales. Por su docilidad y tamaño posee un enorme potencial para el desarrollo de actividades ecoturísticas. Debido a la importancia económica y ecológica del tiburón ballena al norte del Caribe Mexicano y a que el crecimiento acelerado del turismo constituye la principal amenaza a su conservación, el presente trabajo pretende incrementar la información básica sobre la modificación del comportamiento alimentario de *Rhincodon typus* ante la presencia de turistas. Se realizaron un total de 10 salidas mensuales a campo, con duración de 5 días, de mayo a septiembre del 2014. Del total de 94 observaciones de tiburones ballena: 46 fueron interacciones tiburón-turista, el patrón de alimentación observado con mayor frecuencia fue alimentación activa (70%). Dentro de las conductas evasivas el comportamiento llamado "banking" solo fue observado en un organismo, debido al aumento de la actividad turistas, la presencia de turistas y la interacción con los mismos generan un cambio de conducta en el tiburón ballena desencadenando conductas evasivas durante la temporada 2014

Palabras clave: tiburón ballena, comportamiento, turistas, Caribe, alimentación.

1. Introducción

El tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828) es el pez más grande del mundo habita en los océanos de aguas cálidas tropicales y subtropicales con temperaturas de entre 21 y 30°C (Martin, 2007; Rowat y Brooks, 2012). El desplazamiento y agregaciones de *R. typus* se asocian a procesos oceanográficos como corrientes de alta productividad primaria y zonas de surgencia de nutrientes, que incrementan la productividad del ambiente marino favoreciendo las concentraciones de su alimento (Colman, 1997). El tiburón ballena ha sido considerado como una especie indicadora de aguas de alta productividad, ya que comúnmente cohabitan con diversas especies de alto valor comercial, por ejemplo, el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) (Santos del Prado-Gasca *et al.*, 2004), y como indicador del buen estado ecosistémico debido a su estrecha vinculación con la cadena alimenticia (Nelson y Eckert, 2007).

Rhincodon typus por su docilidad y tamaño posee enorme potencial para el desarrollo de actividades ecoturísticas, como el avistamiento y/o nado con la especie. Desde hace más de una década en el Caribe Mexicano, se promueve la actividad de turismo ecológico, basada en la observación y nado con el tiburón ballena, constituyendo actualmente una de las actividades turísticas de mayor importancia en la zona (Remolina *et al.*, 2007). La industria del turismo con esta especie se implementó por primera vez en el arrecife Ningaloo, Australia en la década de 1980 y a principios de los 90, desde entonces ha crecido en importancia y popularidad (Catlin y Jones, 2010). En Islas Maldivas la industria turística con tiburón ballena tiene gran importancia económica valorándose aproximadamente entre dls\$457,200 y \$748,800 (dólares americanos) por temporada (Cagua *et al.*, 2014). El ecoturismo con *R. typus* puede representar una alternativa de desarrollo en lugares como Honduras, Arrecife Ningaloo en Australia Occidental, Indonesia y Filipinas en Asia, Seychelles e Islas Maldivas. En lugares como la Península de Yucatán, Quintana Roo (Isla Holbox e Isla Mujeres) en México, esta actividad turística representa el 30% de ingresos totales (Rodríguez-Dowdell *et al.*, 2003; Gallagher y Hammerschlang, 2011).

En México, en el Golfo de California, es posible observar al tiburón ballena durante su migración en los meses de junio a diciembre y de mayo a septiembre en la punta noreste de la Península de Yucatán (Holbox, Chiquilá, Isla Contoy e Isla Mujeres). En este sitio el turismo contribuye con el 80% del producto interno bruto estatal (Palafox-Muñoz, 2007) por lo que el tiburón ballena se ha convertido en una especie emblemática. En Isla Mujeres y Holbox el ecoturismo vinculado al tiburón ballena se estima que obtiene alrededor de dls\$949,000 (dólares americanos) de ganancias por temporada para los operadores turísticos (Cepeda-Gómez *et al.*, 2007).

Las poblaciones de tiburón ballena a nivel mundial van declinando, ya que además de poseer un ciclo de vida largo y tasas de crecimiento lento, es una especie altamente móvil y migratoria, quedando expuesta a prácticas de pesca dirigida y turismo no regulado (Rowat y Brooks, 2012).

Por tal motivo se han generado leyes estatales y nacionales, así como acuerdos internacionales con el objetivo de proteger a la especie. Actualmente *R. typus* está catalogada como especie amenazada en la NOM-059-SEMARNAT- 2010, como vulnerable a la extinción en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) y enlistada en el Apéndice II del CITES (Norman, 1999; SEMARNAT-DGVS-CONANP, 2014). Una de las principales amenazas que se han identificado para la especie es el turismo mal realizado que genera un impacto sobre los tiburones ballena, debido al acoso de los buceadores pudiendo alterar su conducta o comportamiento. Además, que los organismos pueden sufrir lesiones provocadas por las hélices de los motores fuera de borda. También la cercanía de nadadores es un factor para que el tiburón pueda modificar abruptamente su dirección alejándose o evitando a los nadadores (Quiros, 2007; SERNA-DIBIO, 2008; Rodríguez-Dowdell *et al.*, 2008).

2. Antecedentes

Estudios previos han reportado algunas modificaciones en el comportamiento del tiburón ballena originadas por la presencia de turistas (Santos del Prado-Gasca *et al.*, 2004; Norman, 2005; Quiros, 2007; Cárdenas-Palomo, 2009), sin embargo, el conocimiento con relación a este tema es limitado. Los tiburones ballena han mostrado reacciones de evasión a burbujas provocadas por el equipo de buceo, al flash de las cámaras y al ser tocados por los turistas, por lo cual éstas actividades no se permiten durante el nado con la especie en Australia (Norman, 2005) o el Caribe Mexicano (SEMARNAT-DGVS-CONANP, 2014). Quiros (2007) reporta el comportamiento evasivo del tiburón ballena asociado a obstrucción del paso de los tiburones por lanchas en Filipinas.

En Bahía de los Ángeles y en Bahía de La Paz, Golfo de California, se ha reportado que algunas actividades turísticas no reguladas ocasionan colisiones que causan lesiones en los tiburones ballena, cambios en la distribución y su comportamiento tales como alejamientos y hundimientos (Santos del Prado-Gasca *et al.*, 2004). En estas localidades se observaron conductas evasivas debido a la cercanía de embarcaciones y personas en un 18% de avistamientos de tiburón ballena (Rodríguez-Dowdell *et al.*, 2008). En la zona norte del Caribe Mexicano Cárdenas-Palomo (2009) reporta que el tiburón ballena responde con una inmersión temporal o permanente ante el bloqueo de su paso ya sea por lanchas o nadadores, por la cercanía de los nadadores y/o al ingreso abrupto de los turistas al agua. En 2008 Cárdenas-Palomo y colaboradores reportan que siete tiburones ballena en el Caribe Mexicano suspendieron su alimentación sumergiéndose sin volver a emerger, cinco de estos casos fueron por la presencia de nadadores y dos por la cercanía de las embarcaciones. En el año 2015 en el área marina cercana a la comunidad de Holbox, Ziegler y colaboradores, reportan que los tiburones ballena en Holbox alteran su comportamiento cuando son tocados intencional o accidentalmente, por los nadadores.

Debido a la importancia económica y ecológica del tiburón ballena al norte del Caribe Mexicano y a que el crecimiento acelerado del turismo constituye la principal amenaza a su conservación, el presente trabajo pretende incrementar la información básica sobre la modificación del comportamiento alimentario de *Rhincodon typus* ante la presencia de turistas. Cabe resaltar que la zona ha sido considerada uno de los sitios de agregación de mayor importancia para la especie a nivel mundial, por lo cual constituye una ventana de oportunidad para la generación de información que contribuya al diseño de estrategias de manejo adecuadas.

3. Objetivo general

Analizar si el comportamiento alimentario del tiburón ballena es diferente en presencia y ausencia de turistas.

3.1 Objetivos particulares

- Obtener un catálogo videográfico de observaciones del comportamiento alimentario del tiburón ballena durante la temporada 2014.
- Contabilizar el número de individuos con lesiones y analizar si su comportamiento alimentario es distinto del de individuos no lesionados.
- Identificar las acciones, tanto de los prestadores de servicios como de los turistas, que puedan modificar el comportamiento alimentario del tiburón ballena.
- Comparar los patrones del comportamiento alimentario del tiburón ballena ante los turistas en los años 2007, 2009 y 2014

4. Materiales y método.

4.1 Área de estudio

En estudios previos (Cárdenas-Palomo *et al.*, 2015) se han ubicado tres zonas de mayor abundancia del tiburón ballena dentro del área de agregación de la especie en el norte del Caribe: zona Cabo Catoche y zona norte de Isla Contoy (ambas dentro de la Reserva de la Biósfera de Tiburón Ballena, RBTB) y una zona denominada zona “azul” o “afuera” (Fig. 1).

Reserva de la Biósfera Tiburón Ballena (RBTB)

El área de RBTB se encuentra al norte de la Península de Yucatán, colindando con el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. Cuenta con una superficie de 145,988 ha, convergiendo en una zona de transición del Golfo de México y del Mar Caribe. En ella existe un sistema de surgencia proveniente de las corrientes del Canal de Yucatán, permitiendo una enorme producción del plancton que propicia la presencia de una alta diversidad biológica, como son especies de moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, aves, mamíferos marinos y asociaciones de peces de importancia comercial, deportiva y grupos de tiburón ballena. Esta última especie (*Rhincodon typus*) es una de las que tiene mayor concentración en esta zona a nivel mundial; por lo que esta zona es considerada fundamental para su preservación (CONANP, 2009).

La RBTB es relevante en el papel de la migración, reproducción, anidación y crecimiento de crustáceos de importancia comercial como el camarón y la langosta espinosa (*Panulirus argus*). Además, es una zona de tránsito para la migración de las tortugas: carey (*Eretmochelys imbricata*), blanca (*Chelonia midas*), laúd (*Dermochelys coriacea*) y caguama (*Caretta caretta*), especies en peligro de extinción de acuerdo a la NOM 059-SEMARNAT-2010. Existen en la zona más de 234 especies de peces estuarinos, costeros y arrecifales entre las que destacan grandes bancos de sardinas y arenques (Clupeidae y Engraulidae) que sirven de alimento para miles de aves marinas, así como grupos importantes de mantarrayas (*Manta birostris*) y de raya águila (*Aetobatus narinari*) (CONANP, 2009).

El clima es cálido semiárido a subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura de 22-26°C. Se caracteriza por tener tres estaciones climáticas: secas (marzo a mayo) con baja precipitación (0-50mm); lluvias (junio-octubre) con alta precipitación (>500mm) y la época de nortes y frentes fríos (noviembre-febrero) con precipitación moderada (20-50mm), vientos fuertes (50-90 km/h) y bajas temperaturas (<22°C) (Herrera-Silveira, *et al.* 1998).

El Azul o Afuera

La zona conocida como “afuera” (debido a que se encuentra localizada fuera de la RBTB) o también llamada el “Azul” (debido a la transparencia de sus aguas) se localiza al este de Isla Contoy y norte de Isla Mujeres. En este sitio se han registrado eventos de desove de la especie *Euthynnus alletteratus* (bacotera o bonito) con una densidad energética y composición nutricional básica alta. En ella se han registrado las mayores densidades de

tiburón ballena, al igual que una gran cantidad de mantarayas (*Manta* spp.) y mantas (*Mobula* spp.) (De la Parra *et al.*, 2011) (Fig. 1).

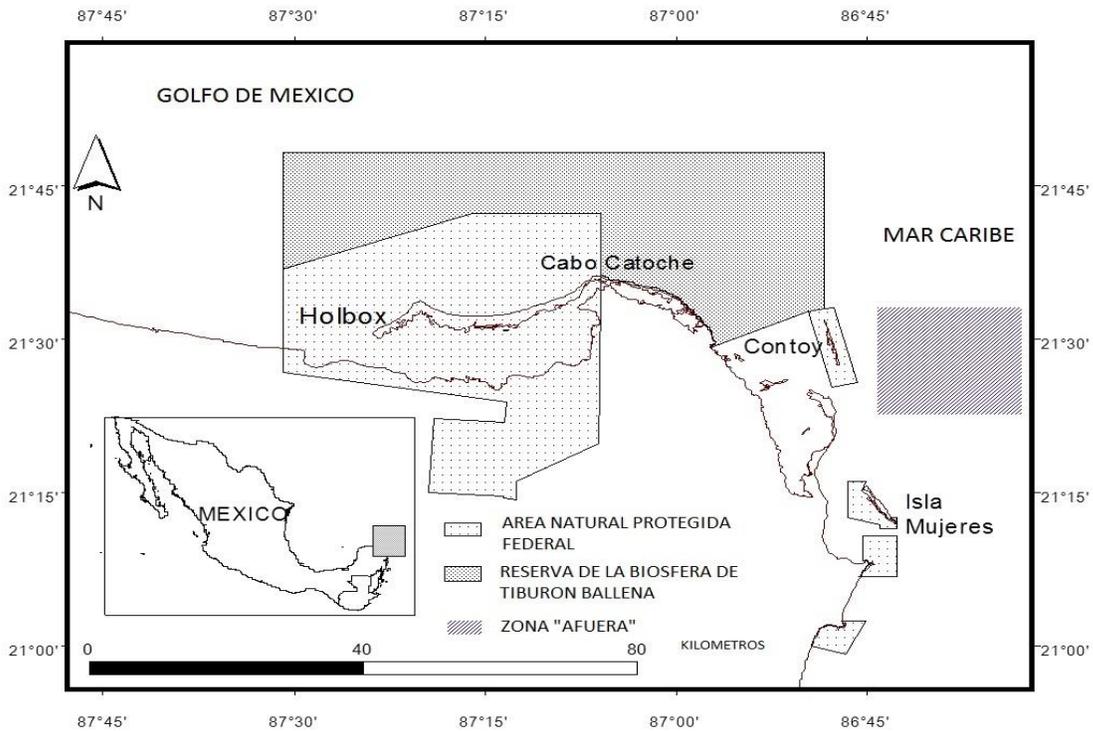


Figura 1. Ubicación de las zonas de agregación del tiburón ballena al norte del Caribe Mexicano.

4.2 Biología de *Rhincodon typus*

El tiburón ballena, *Rhincodon typus* es el pez más grande del mundo. Alcanza una longitud de 20 m y pesar hasta 34 toneladas. Su cuerpo es de forma fusiforme con una gran cabeza, ancha y plana, con boca terminal; su coloración dorsal es gris con líneas y puntos blancos repartidos simétricamente, su parte ventral es de color crema (Rowat y Brooks, 2012). Tiene un cerebro pequeño con relación a su masa corporal, se ha visto que el tejido neural no crece al mismo ritmo que el resto de su cuerpo. Posee ojos pequeños con pupila circular; en posición lateral y opuestos en ambos lados de la cabeza, dándole un amplio campo de visión, no cuenta con una membrana nictitante para proteger los ojos, pero tiene músculos desarrollados que le permiten retraer el ojo en su cuenca ocular (The travel foundation). Posee el oído interno más grande en el reino animal con estructuras auditivas que pueden ser proporcionales a su longitud y con canales semicirculares que están cerca del tamaño máximo reportado, esto debe hacerlos más sensibles a la longitud de onda larga y a sonidos de baja frecuencia (The travel foundation; Martin, 2007).

Cuenta con un sistema de la línea lateral mecano sensorial similar a la de todos los tiburones, con la cual reaccionan a las corrientes de agua, pero sus capacidades en esta

especie aún son desconocidas (Rowat y Brooks, 2012). Sus aletas pectorales son fuertes y las pélvicas pequeñas, la caudal es muy grande heterocerca lunada y fuerte para la propulsión de nado, sobre la pelvis se encuentra la primera aleta dorsal (Colman, 1997) (Fig. 2). Su mandíbula posee cerca de 3000 dientes diminutos, la boca llega a medir 2 m de ancho. Filtra grandes cantidades de agua a través de sus branquias para obtener su alimento (Fig. 3) que incluye tanto plancton como necton (pequeños crustáceos como: krill, larvas de cangrejos y copépodos; peces como sardinas, anchovetas, macarela y ocasionalmente pequeños atunes; moluscos como los calamares) (WWF, 2002; SEMARNAT-DGVS-CONANP, 2014). Los tiburones ballena se distribuyen en mares tropicales entre las latitudes de 30° norte y 35° sur, con excepción del Mar Mediterráneo (Santos del Prado-Gasca *et al.*, 2004), es una especie altamente migratoria, puede viajar hasta 13,000km (Eckert y Stewart, 2001).



Figura 2. Morfología externa de Tiburón ballena. Foto tomada por: Trujillo/ PPY-CINVESTAV-WWF-FCS 2014



Figura 3. Tiburón ballena filtrando su alimento. Foto tomada de: https://www.facebook.com/luis.delolmo.31/videos/10152835448163401/?autoplay_reas_on=ugc_default_allowed&video_container_type=0&app_id=2392950137

El macho posee un par de órganos copulatorios llamados gonopterigios, que se extienden a partir de cada aleta pélvica. Las hembras, no tienen fijación placentaria del embrión, son ovovivíparas. (SEMARNAT-DGVS-CONANP, 2014). Se calcula una longitud total de madurez

sexual para los machos es cerca de $\geq 9\text{m}$, mientras que en las hembras quizá sea mayor. La edad de madurez ocurre a los 8-9 años aproximadamente (Rowat y Brook, 2012).

Se han descrito diferentes tipos de comportamientos en el tiburón ballena. El comportamiento neutro, incluye la alimentación y nado en círculos. Por otra parte, existen cuatro tipos de inmersiones:

- Instantánea cuando se produce en menos de 30 segundos después del comienzo de la interacción con turistas.
- Gradual, que consiste en un buceo superficial lento.
- En picada, buceo en un ángulo de 45 a 90°.
- Parábola donde el tiburón se encuentra en la superficie y se sumerge de manera gradual pocos metros e inmediatamente vuelve a emerger, este comportamiento es repetitivo.

Las conductas ante la presencia humana se han clasificado como de evitación, en este caso los organismos responden buceando lejos de los nadadores, cambiando de dirección; de estremecimiento violento, cuando el tiburón sacude su cabeza y aleta dorsal, y “banking” (Norman, 2005; Quiros, 2007; Cárdenas-Palomo, 2009).

4.3 Obtención de datos en campo.

Se realizaron un total de 10 salidas mensuales a campo, con duración de 5 días, durante los meses de mayo a septiembre del 2014. Las observaciones de comportamiento de tiburón ballena se efectuaron a bordo de lanchas con motor fuera de borda de los prestadores de servicio turístico de Holbox e Isla Mujeres, en donde se registraron los siguientes datos: ubicación geográfica (empleando un GPSMap 78s Garmin), hora, número de lanchas, número de tiburones ballena presentes en la zona con turistas y sin turistas (se consideró sin turistas cuando las lanchas o personas se encontraron a más de 5m² de la especie), los datos generales que se registraron del tiburón observado fueron: sexo, tamaño, lesiones, presencia de marca y datos del comportamiento del organismo. En las figuras 4 y 5 se muestran las hojas de campo utilizadas para la obtención de datos.

Se obtuvo un catálogo fílmico tanto de manera superficial como en inmersión empleando una cámara Nikon Coolpix p520 y una cámara HERO3+ Black Edition (GoPro), en el cual se registró el comportamiento de tiburones ballena en presencia y ausencia de turistas; en el primer caso se registró el número de nadadores, tiempo de nado con el tiburón y cómo se introducen los turistas al agua; en el segundo, el tiempo de nado del tiburón ballena. El comportamiento del tiburón ballena fue registrado de acuerdo con los estudios previos, realizados para conocer el impacto del turismo sobre la especie (Quiros, 2007; Cárdenas-Palomo, *et al.*, 2008; Cárdenas-Palomo, 2009).

Por otro lado, se registró tiempo de duración del video considerando desde el inicio y hasta el final de los videos, considerando que los videos comienzan cuando emerge el tiburón a

alimentarse en el momento del avistamiento y termina cuando los tiburones se sumergen y no vuelven a emerger.

Adicionalmente se obtuvo un catálogo fotográfico en el cual se registró el número de organismos lesionados (por medio de una cámara Nikon Coolpix p520).

ESTUDIO COMPORTAMIENTO DEL TIBURON BALLENA CON TURISTAS					
Fecha:	/	/	Hora Inicio:	Hoja campo Número:	
Lancha:	Capitán:		Observador		
Observación:	turistas		s/turistas		individual
Coordenadas					
TEMP:	PRES BAR:		VEL VIE:	DIR VIE:	
Beaufort	NUBOSIDAD				
Presencia previa de lanchas alrededor:			NO	SI Cuantas?	
Tamaño aproximado TB:		Marca:			
Sexo:	M	H	NO REG	Solitario	En grupo (número):
Lesiones:	dorsal	caudal	cuerpo	otra	
Descripción lesión:					
Comportamiento antes de la llegada: alimentación (Act, Pas, Vert) desplazamiento otra					
Observaciones:					
INTERACCIÓN EMBARCACION - TB					
Vel. GPS:			RAP	MED	LEN
Posición acercamiento:		Proximidad(m):			
#Personas en lancha:	Video:		Foto:		
# Interacción observada:	Otras lanchas:		NO	SI	# al partir:
Duración:					
Buceo:	SUMER RAP	SUMER GRAD	PARABOLA	NO SUMER	
Cambio dirección:	GRAD	RAP	CÍRCULOS	BANKING	OTRO
Observaciones ¿Continúa alimentándose? ¿Se aleja? ¿Los ignora?					
INTERACCIÓN TURISTAS - TB					
Video:			Foto:		
Comportamiento anterior: ALIMENTACION (ACT,PAS,VERT) DESPLAZAMIENTO OTRO					
Número nadadores:	Tiempo total presencia:		Contact TB		
Posición acercamiento:	Proximidad		Duración		
Buceo:	SUMERRAP	SUMERGRAD	PARABOLA	NO SUMER	
Cambio dirección:	GRAD	RAP	CÍRCULOS	BANKING	OTRO
Observaciones ¿Continúa alimentándose? ¿Se aleja? ¿Los ignora? ¿Velocidad de TB?					

Figura 4. Formato de registro para comportamiento de tiburón ballena ante la presencia de turistas.

ESTUDIO COMPORTAMIENTO DEL TIBURON BALLENA SIN TURISTAS					
Fecha:	/	/	Hora Inicio:	Hoja campo Número:	
Lancha:	Capitán:		Observador		
Video:	Foto:				
Obervación:	NADADORES	S/NADADORES		individual	
Coordenadas					
TEMP:	PRES BAR:	VEL VIE:	DIR VIE:		
Beaufort	NUBOSIDAD	 Sunny	 Partial Cloudy	 Cloudy	 Rainy
Presencia previa de lanchas alrededor:	NO		SI	Cuántas?	
Tamaño aproximado TB:	Marca:				
Sexo:	M	H	NO REG	Solitario	En grupo (número):
Lesiones:	dorsal	caudal	cuerpo	otra	
Descripcion lesion:					
Comportamiento antes de la llegada:	alimentación (Act, Pas,Vert)			desplazamiento	
Observaciones:					
Posición acercamiento:			Proximidad(m):		
Vel. Lancha GPS:	RAP		MED	LEN	
A LOS 5 MIN					
Buceo:	SUMERRAP	SUMERGRAD	PARABOLA	NO SUMERGRAD	
Cambio dirección:	GRAD	RAP	CÍRCULOS	BANKING	OTRO
Observaciones¿Continúa alimentándose?:					
A LOS 10 MIN					
Buceo:	SUMERRAP	SUMERGRAD	PARABOLA	NO SUMERGRAD	
Cambio dirección:	GRAD	RAP	CÍRCULOS	BANKING	OTRO
Observaciones¿Continúa alimentándose?:					
A LOS 15 MIN o más					
Buceo:	SUMERRAP	SUMERGRAD	PARABOLA	NO SUMERGRAD	
Cambio dirección:	GRAD	RAP	CÍRCULOS	BANKING	OTRO
Observaciones¿Continúa alimentándose?:					

Figura 5. Formato de registro para comportamiento de tiburón ballena en ausencia de turistas.

4.4 Observación y categorización del comportamiento de tiburón ballena.

En las zonas de avistamiento de tiburón ballena se ha observado a los organismos realizando movimientos lentos cercanos a la superficie del agua alimentándose pasivamente (que nadan con la boca abierta). En ocasiones nadan verticalmente y se alimentan de forma activa al abrir la boca y succionar agua rica en presas (Colman, 1997).

Para identificar los distintos comportamientos del tiburón ballena, se tomaron en consideración los descritos en previos estudios (Quiros, 2007; Cárdenas-Palomo *et al.*, 2008; Cárdenas-Palomo 2009; Haskell *et al.*, 2014) A continuación se describen los diferentes tipos de comportamiento:

- a) Alimentación activa: el tiburón nada en posición horizontal a velocidades variables levantando pequeñas olas, abriendo y cerrando la boca y branquias de manera intermitente, bombeando agua hacia el interior de la boca, la cual se mantiene abierta en un 50 a 75% de su totalidad, desplazándose en una dirección o describiendo circunferencias (Fig. 6).
- b) Alimentación pasiva o filtración ram: el tiburón se mueve en posición horizontal sin cambios bruscos de dirección muy lentamente en la superficie o a 1-2m de profundidad, la boca permanece abierta en un 50% de su totalidad, en ocasiones la cierra, con las hendiduras branquiales abiertas (Figs. 7 y 8).
- c) Succión activa o alimentación vertical también conocida como botella, el tiburón se coloca en posición oblicua moviéndose ligeramente o en semicírculos, con la boca a escasos centímetros de la superficie (Cárdenas-Palomo, 2009) (Fig. 9).
- d) “Banking” conducta evasiva ante la presencia humana que consiste en mostrar la parte dorsal de su cuerpo al nadador (Quiros, 2007) (Figs. 10 y 11).



Figura 6. Tiburón ballena alimentándose de forma activa.



Figura 7. Tiburón ballena alimentándose de forma pasiva o filtración ram. Foto: Trujillo/PPY-CINVESTAV-WWF-FCS 2014

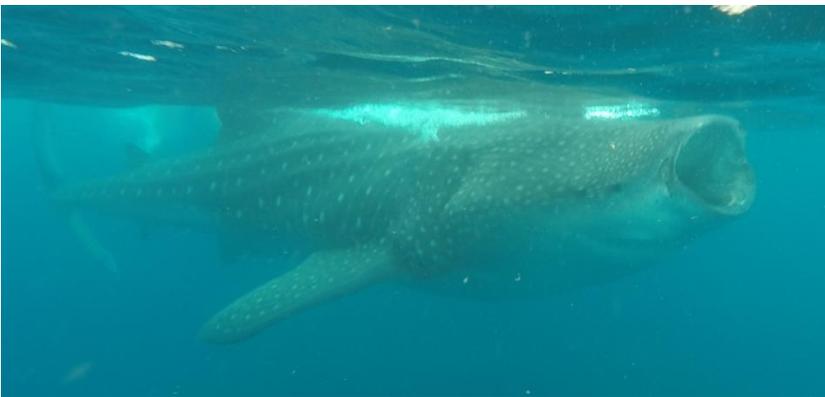


Figura 8. Tiburón ballena alimentándose de forma pasiva o filtración ram, a media agua. Foto: Sandoval/PPY-CINVESTAV-WWF-FCS 2014



Figura 9. Tiburón ballena alimentándose por Succión activa o alimentación vertical (botella).
Foto: Trujillo/ PPY-CINVESTAV-WWF-FCS 2014



Figura 10. Conducta “banking” en tiburón ballena. Tomada de:
http://ichef.bbci.co.uk/images/ic/944x531_b/p01jb0nd.jpg



Figura 11. “Banking” en tiburón ballena. Foto: O. Reyes-Mendoza. Pronatura Península de Yucatán.

De igual forma se registraron las conductas evasivas como son los cambios de dirección de manera gradual, rápida y el comportamiento “banking”, al igual que las inmersiones graduales o rápidas, y si son permanentes o temporales.

4.5 Análisis de datos

Para identificar las acciones llevadas a cabo por la actividad ecoturística hacia el tiburón ballena que puedan afectar su comportamiento alimentario se aplicó un Modelo Lineal Generalizado (GLM; por sus siglas en inglés) para modelar la respuesta conductual de alimentación y conductas evasivas del tiburón ballena (variable dependiente), en función de diez variables independientes:

- Bloqueo de camino por lancha.
- Proximidad de la lancha.
- Acercamiento de la lancha.
- Número de lanchas.
- Bloqueo de camino por nadadores.
- Proximidad del nadador.
- Acercamiento del nadador.
- Número de nadadores.
- Contacto tiburón-turista (ocasión en la que el tiburón fue tocado por algún turista).
- Presencia de lesiones en los organismos.

Las variables independientes se consideraron continuas, con distribución Gaussiana (Tabla 1), a excepción del caso contacto tiburón- turista y presencia de lesiones, cuyas variables fueron categóricas, (sí o no) con distribución binomial y función de enlace logit, usado para

proporciones con errores binomiales (Whitehead, D. A. 2014) (Tabla 1). El GLM fue realizado utilizando el programa R (versión 3.2.2).

Para el caso de tiburones ballena con turistas las variables independientes fueron inmersión del tiburón, conductas evasivas y patrones de alimentación, se usó un modelo lineal generalizado con distribución Gaussiana y función de enlace identidad (Tabla 2). Debido a que la duración de los videos podría guardar relación con cualquiera de las variables analizadas, se realizó un análisis para saber si la duración de los videos estaba asociada con cualquiera de las variables independientes mediante un GLM con distribución Poisson y no se encontró ninguna relación (Tabla 3).

Tabla 1. Construcción del modelo lineal generalizado (GLM) variables categóricas.

VARIABLES DEPENDIENTES Y TIPO DE DISTRIBUCIÓN	VARIABLES INDEPENDIENTES
Conducta alimentaria	Lesiones
Conductas evasivas	Contacto tiburón turista
Distribución Binomial Función de enlace: logit	

Tabla 2. Construcción del modelo lineal generalizado (GLM) variables continuas.

VARIABLES DEPENDIENTES Y TIPO DE DISTRIBUCIÓN	VARIABLES INDEPENDIENTES
Conducta alimentaria	Acercamiento de lancha
Conductas evasivas	Acercamiento nadador
Distribución Gaussiana Función de enlace: identidad	Bloqueo de camino del tiburón por lanchas
	Bloqueo de camino del tiburón por nadadores
	Proximidad de la lancha
	Proximidad del nadador
	Número de nadadores
	Número de lanchas

Tabla 3. Construcción del modelo lineal generalizado (GL) variables continuas (duración de videos).

VARIABLES DEPENDIENTES Y TIPO DE DISTRIBUCIÓN	VARIABLES INDEPENDIENTES
Duración de videos	Acercamiento de lancha
	Acercamiento nadador
Distribución Poisson Función de enlace: log	Bloqueo de camino del tiburón por lanchas
	Bloqueo de camino del tiburón por nadadores
	Proximidad de la lancha
	Proximidad del nadador

	Número de nadadores
	Número de lanchas

5. Resultados

A partir de los registros fotográficos y videográficos se obtuvieron los siguientes resultados: un total de 94 observaciones de tiburones ballena de las cuales 46 fueron interacción tiburón-turista y 48 observaciones constituyeron comportamiento “natural” o en ausencia de turistas.

También se obtuvo un tiempo de filmación en total para los tiburones con turistas de 17534.6 segundos (5 horas con 27 minutos) y sin turistas de 18813.2 segundos (5 horas con 22 minutos), al igual que un total de 193 fotografías dentro de las cuales se incluyen organismos lesionados, no lesionados, lanchas y turistas presentes.

5.1 Generalidades de los tiburones ballena observados

Tamaño

Se observaron tiburones con tamaños de entre 3 y 9m de longitud total. La mayoría de los organismos tenía una talla de 5m de largo (41.05%). Debido a la poca visibilidad del observador en 4-cuatro de los organismos avistados (4.21%) no fue posible registrar su tamaño. Se observó que el mayor número de organismos se encontraba en un estadio juvenil (86.56%) (Fig. 12).

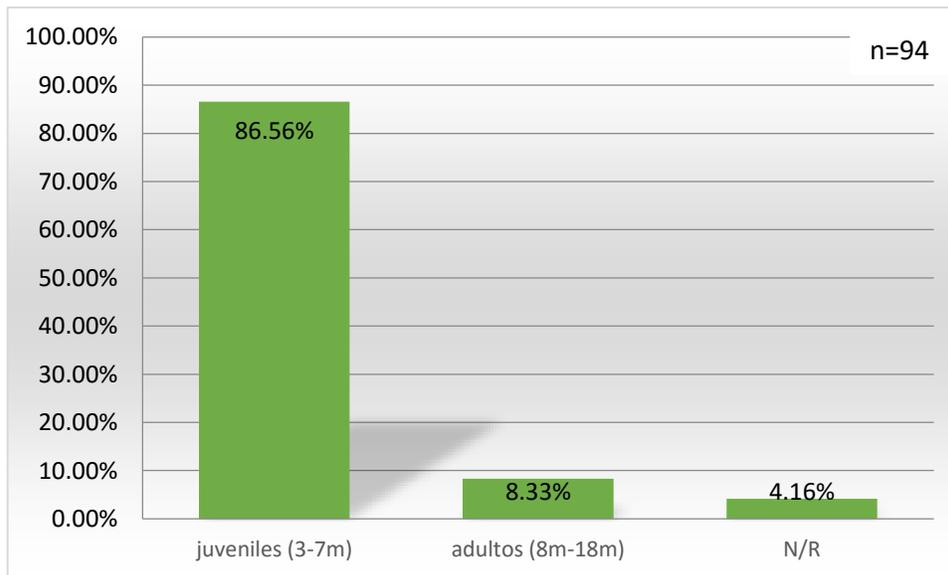


Figura 12. Etapas de desarrollo de los tiburones ballena avistados, determinados por la LT (N/R: no registrado).

Sexo

La toma del sexo de los tiburones fue complicada debido a que el reglamento establecido por SEMARNAT-DGVS-CONANP en 2015 solo permite el nado con tiburón ballena portando chaleco salvavidas lo cual no permitía el hundimiento para observar los órganos copulatorios de estos organismos (Fig. 13) por lo cual el número de organismos en los cuales no pudo ser determinado el sexo fue elevado (84) (Fig. 14).



Figura 13. Foto de gonopterigios en tiburón ballena macho. Tomada de: <http://www.eoth.org/report-an-incident/species-sighting/whale-sharks/>

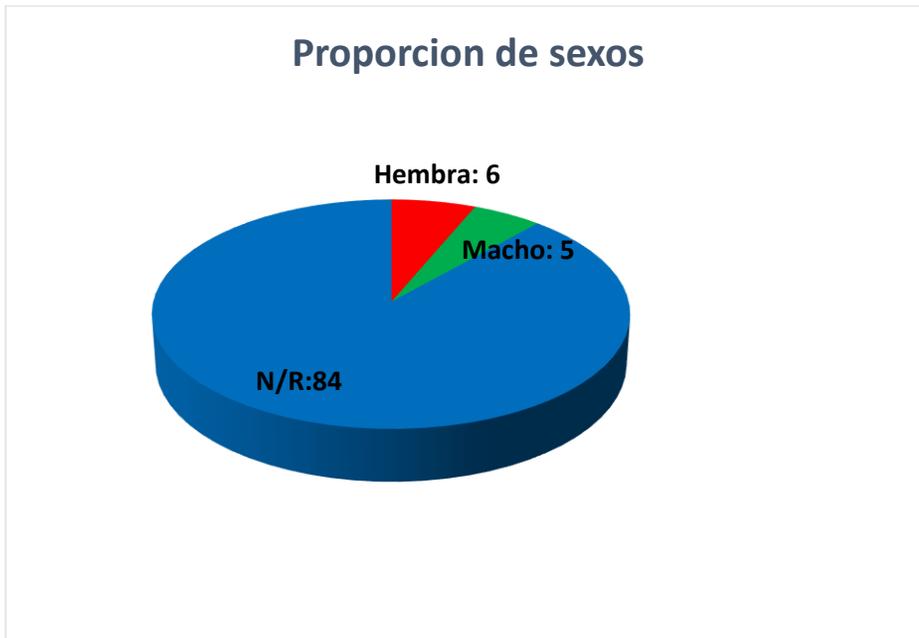


Figura 14. Proporción de sexo en tiburones ballena avistados (N/R: no registrado).

Lesiones

Se observó que 20 de los organismos presentaban alguna lesión en diversas zonas de su cuerpo como aleta caudal, aleta dorsal y en la zona media del cuerpo (Figs. 17, 18 y 19), los

80 organismos restantes no presentaron ninguna lesión. La zona del cuerpo que presentó lesiones con mayor frecuencia fue la aleta dorsal con un 60% (Fig. 15).

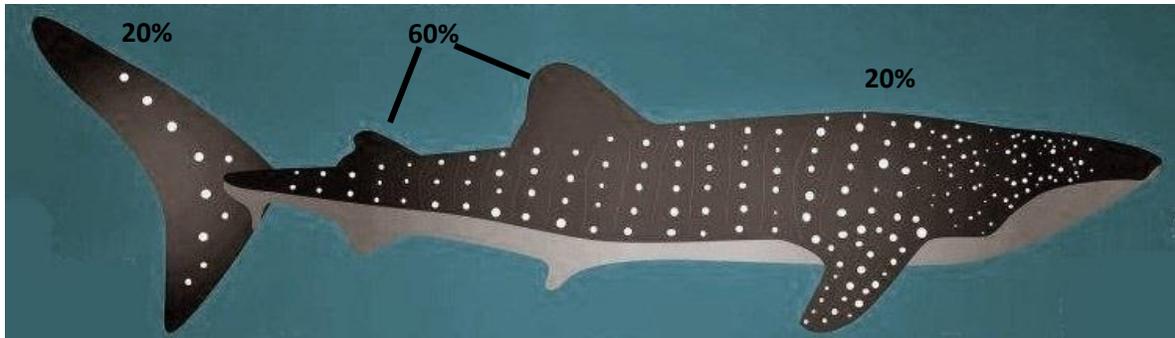


Figura 15. Porcentaje de zonas del cuerpo del tiburón ballena que presentaron lesiones.



Figura 16. Lesiones en la zona media del cuerpo.





Figuras 17. Lesiones en aleta caudal.



Figuras 18. Lesiones en aletas dorsales.

5.2 Comportamiento de tiburón ballena en ausencia de turistas

Patrones de alimentación

Los patrones de alimentación llevados a cabo por los tiburones ballena en ausencia de turistas fueron: parábola, succión activa o alimentación vertical, alimentación pasiva, alimentación a media agua y alimentación activa. Este último comportamiento fue el más frecuente (72.50%). El 20% de los organismos no se encontraba alimentándose al momento de la observación (Fig.19).

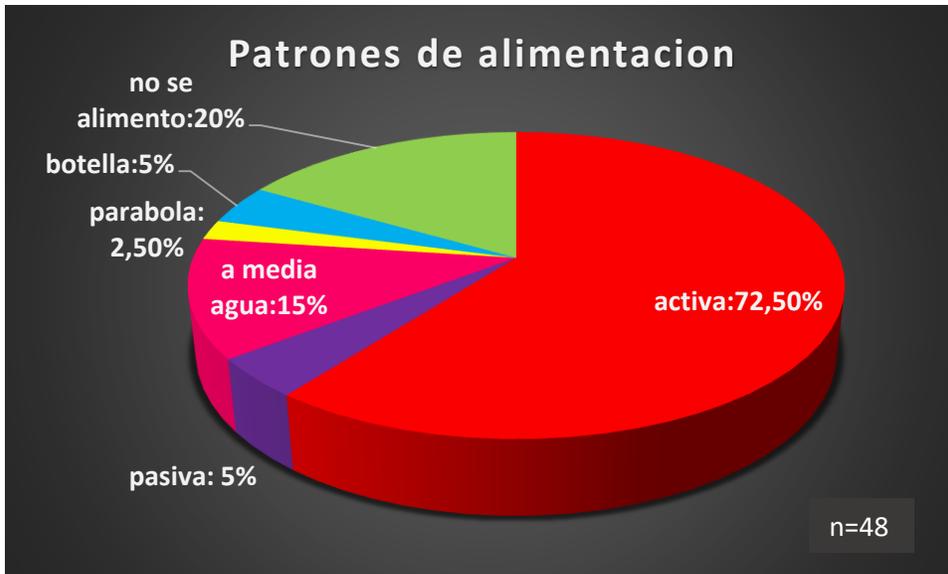


Figura 19. Frecuencia de los diferentes patrones de alimentación observados en tiburones ballena en ausencia de turistas. n=48

Inmersiones de tiburones ballena en ausencia de turistas

De los 48 tiburones observados que se encontraban alimentándose en ausencia de turistas el 17.5% dejó de alimentarse sumergiéndose sin volver a la superficie. El 35.4% de los organismos observados se sumergió, siendo de forma gradual la de mayor frecuencia (76.5%).

5.3 Comportamiento de tiburón ballena ante la presencia de turistas

Patrones de alimentación

Los patrones de alimentación observados que se llevaron a cabo por los tiburones ballena que tenían una interacción con turistas fueron: parábola, succión activa o alimentación vertical, alimentación pasiva, alimentación a media agua y alimentación activa. Este último comportamiento fue el más frecuente (70%). El 31.9% de los organismos no se encontraba alimentándose al momento de la observación (Fig. 20).

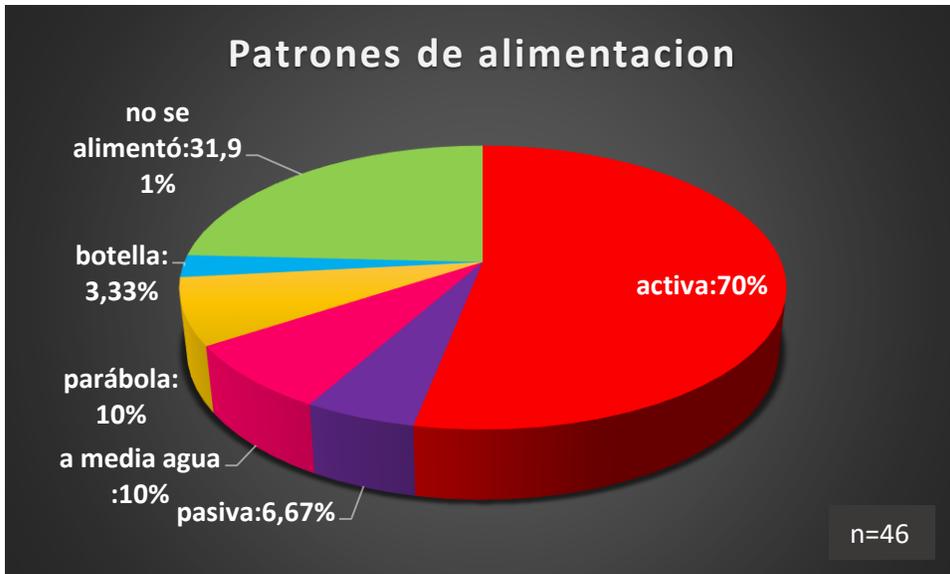


Figura 20. Frecuencia de los diferentes patrones de alimentación observados en tiburones ballena ante la presencia de turistas.

Inmersiones de tiburón ballena ante la presencia de turistas.

De los 46 tiburones observados el 56.5% se sumergió (Fig. 21) siendo de forma gradual la de mayor frecuencia (88.5%) (Fig. 22). Del total de tiburones que se encontraban alimentándose ante la presencia de turistas el 34.61% dejó de alimentarse sumergiéndose sin volver a la superficie.

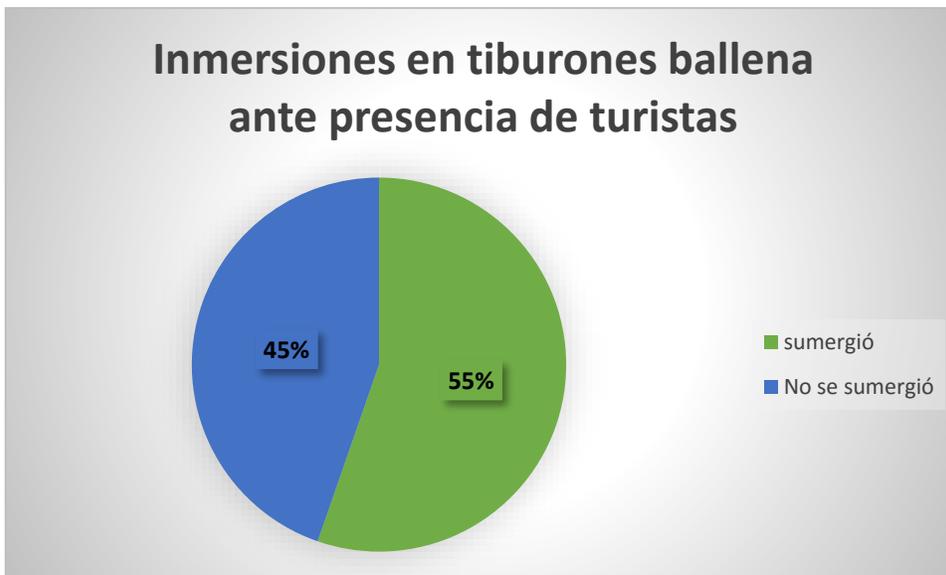


Figura 21. Porcentaje de tiburones que se sumergieron.

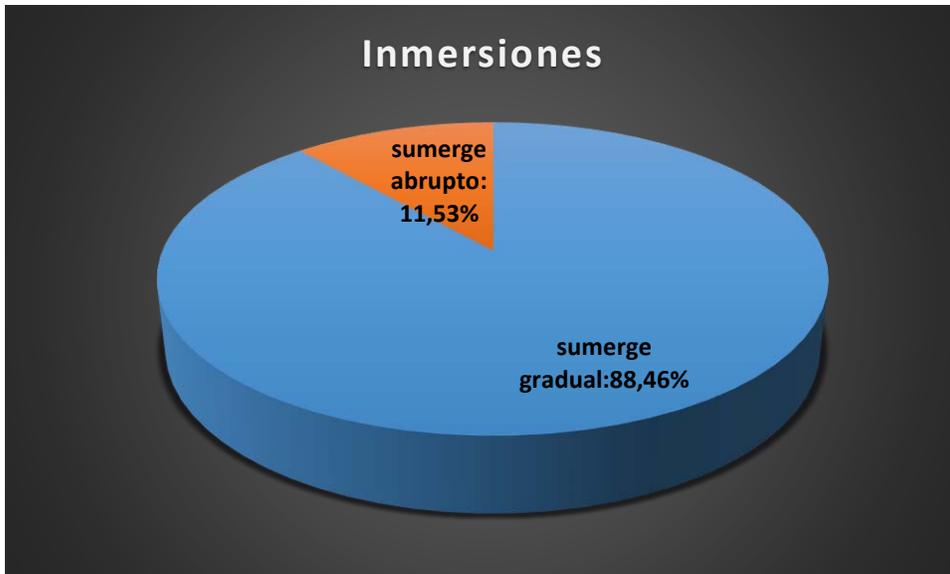


Figura 22. Tipos de inmersiones en tiburones ballena.

Las causas de esta inmersión en el agua por parte de los tiburones fueron por la obstrucción de su nado por lanchas (34.61%), obstrucción por turistas (19.23%) y un 53.84% fue debido a razones desconocidas (Fig. 23).

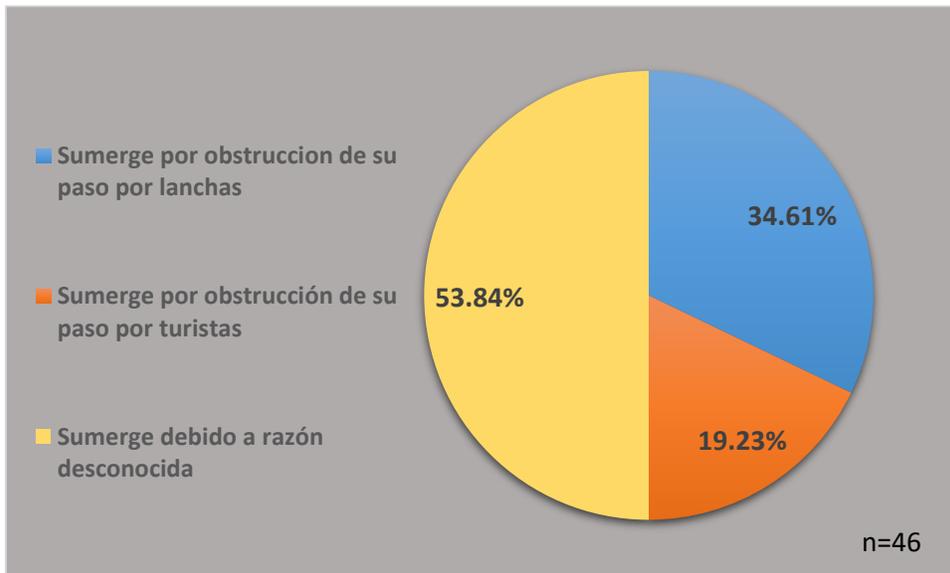


Figura 23. Causas de inmersiones en tiburones ballena.

Conductas evasivas

Algunas de las conductas o comportamientos observados en el tiburón ballena fueron consideradas como evasivos, como el cambio de dirección y el denominado “banking”. En el 71.73% de los organismos que se encontraban ante la presencia de turistas se observó un cambio de dirección de forma gradual (69.7%), rápido (9.09%) y en círculos (21.21%) (Fig.

24), el 28.27% restante no cambio de dirección. El comportamiento llamado “banking” solo fue observado en un organismo que fue tocado por un turista y posteriormente una lancha bloqueó su camino.

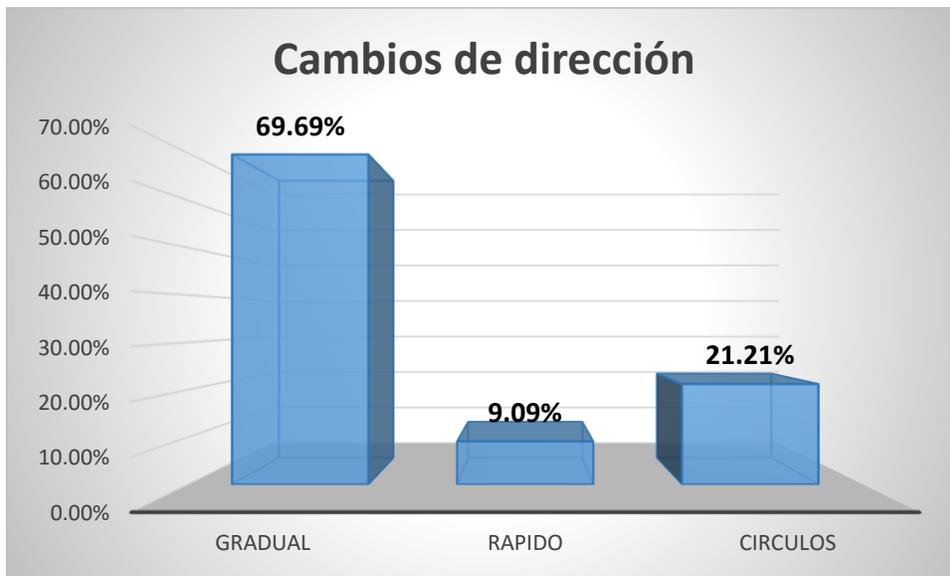


Figura 24. Porcentaje de organismos que cambió de dirección de forma gradual, rápida o en círculos.

5.4 Acciones de turistas

Del total de las 46 observaciones interacción tiburón-turista, fue posible identificar acciones llevadas a cabo por nadadores y lanchas que causaron una modificación en el comportamiento del tiburón ballena, como la obstrucción de su camino o trayectoria de nado, ya sea por nadador o lancha, que ocasionó que el tiburón modificara su dirección o se sumergiera. El número de nadadores permitido por SEMARNAT-DGVS-CONANP es de 4, sin embargo, se encontraron hasta 33 por tiburón ballena, el número de lanchas permitido es de 1 por tiburón y se encontraron 89. También se observó que los turistas tocaron a los tiburones ballena lo cual no está permitido de acuerdo al reglamento establecido en 2015 por SEMARNAT-DGVS-CONANP, afectando su conducta ya que el tiburón se sumerge interrumpiendo su alimentación permanente o momentáneamente.

Los resultados obtenidos al aplicar el GLM con distribución Gaussiana indican que la variable número de nadadores se encontró asociada significativamente ($p=0.005$; $p<0.05$) con las conductas evasivas del organismo (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados obtenidos al aplicar el GLM con distribución Gaussiana para conductas evasivas en el tiburón ballena.

Conductas evasivas				
	Estimación	Error Srd.	Valor t	Pr(> t)

(Interceptar)	0.41	0.45	0.90	0.37
Acercamiento de lancha	0.08	0.24	0.33	0.73
Acercamiento nadador	0.04	0.10	0.37	0.71
Bloqueo de camino del tiburón por lanchas	0.27	0.34	0.80	0.42
Bloqueo de camino del tiburón por nadadores	-0.54	0.33	-1.62	0.11
Proximidad de la lancha	0.06	0.06	0.92	0.36
Proximidad del nadador	-0.07	0.10	-0.70	0.48
Número de nadadores	-0.07	0.02	-2.88	0.01 *
Número de lanchas	0.003	0.01	0.20	0.84

En cuanto a la duración de videos, aclarando que los videos comienzan cuando emerge el tiburón a alimentarse en el momento del avistamiento y termina cuando los tiburones se sumergen y no vuelven a emerger. se encontró que ninguna actividad llevada a cabo por los turistas tiene relación alguna con la actividad de los tiburones ballena (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados obtenidos al aplicar el GLM con distribución Gaussiana para duración de videos.

Duración de videos				
	Estimación	Error Srd.	Valor t	Pr(> t)
Acercamiento de lancha	-0.0002	0.0001	-1.46	0.15
Acercamiento nadador	-0.0001	0.0003	-0.32	0.74
Bloqueo de camino del tiburón por lanchas	-0.0001	0.0001	-1.10	0.27
Bloqueo de camino del tiburón por nadadores	-0.0001	0.0001	-1.05	0.29
Proximidad de la lancha	-0.0001	0.0004	-0.32	0.74
Proximidad del nadador	0.0002	0.0003	0.79	0.43
Número de nadadores	0.0008	0.001	0.50	0.61
Número de lanchas	-0.0005	0.002	-0.25	0.80

En cuanto al análisis GLM con distribución binomial ninguna de las variables independientes fue significativa en relación con las variables dependientes conducta alimentaria del tiburón ballena y conductas evasivas (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados obtenidos al aplicar el GLM con distribución binomial para conductas evasivas del tiburón ballena.

Conductas evasivas				
	Estimación	Error Std.	Valor t	Pr(> t)
Lesiones	1.37	0.97	1.41	0.15

Turista tocó al tiburón	17.54	1911.91	0.009	0.99
-------------------------	-------	---------	-------	------

Se encontró que los turistas tocaron accidental o intencionalmente a los tiburones ballena en las dos zonas de actividad turística Isla Mujeres y Holbox (Tabla 7), estos datos no se incluyeron en el análisis estadístico debido a que fueron resultado de encuestas aplicadas por el proyecto Manejo Sustentable del Tiburón Ballena en el Caribe Mexicano”. PRONATURA, Península de Yucatán, con el que se colaboró y no se sabe con exactitud que tiburón fue el que tocó el turista.

Tabla 7. Turistas que tocaron tiburones ballena.

Turistas que tocaron tiburones ballena			
Isla Mujeres		Holbox	
Accidentales	Intencionales	Accidentales	Intencionales
13	3	17	1

Estos datos nos indican que 30 individuos fueron tocados de los 94 totales, sin embargo, solo 4 fueron intencionales según lo dicho por los turistas entrevistados.

6. Discusión

La mayoría de los tiburones ballena observados en el Caribe Mexicano eran juveniles midiendo de 4-7m de LT, lo que ya había sido registrado en estudios previos en Australia (Norman y Stevens, 2007). El 80% de los tiburones ballena se encontraba alimentándose, concordando con lo reportado por De la Parra *et al.* (2011) y Cárdenas-Palomo *et al.* (2015) quienes identifican El Azul o Zona de Afuera como un área de alimentación de la especie.

El patrón de alimentación activa fue el que se presentó con mayor frecuencia con un 70%, reportando lo mismo Cárdenas-Palomo en 2008 pero con un 49%, lo cual no coincide con Cárdenas-Palomo (2009), en donde el patrón de alimentación que se presentó con mayor frecuencia fue alimentación pasiva (44.38%). Indicando que en las temporadas 2007 y 2014 se encontraban parches de biomasa zooplanctónica elevada (Cárdenas-Palomo *et al.*, 2008). En general el comportamiento alimentario de los tiburones ballena no se modificó, sin embargo, el 34.61% de los organismos se sumergió dejando de comer, debido a acciones realizadas por turistas como obstrucción del nado por lanchas y turistas. Este hecho coincide con los estudios previos en el Caribe Mexicano ya mencionados durante las temporadas 2007 y 2009, en estas mismas temporadas los organismos que presentaron lesiones en alguna parte de su cuerpo modificaron su comportamiento, en este estudio durante la temporada 2014 ninguno de los tiburones con lesiones modificó su comportamiento alimentario o presentó conductas evasivas hacia los turistas ($p=0.15$).

Por otro lado los resultados del presente estudio indican que la obstrucción del nado del tiburón ballena por lanchas ($p=0.42$) y por nadadores ($p=0.11$) no afecta de manera significativa su conducta, esto se asume a que un menor número de lanchas y nadadores obstruyó el nado de la especie, contrario a lo reportado en Filipinas (Quiros, 2007) y en Australia (Norman, 2005), donde indican que estas acciones llevadas a cabo por los turistas y lanchas afectan su conducta presentando comportamientos evasivos y dejando de alimentarse.

Otra acción que ha afectado a los tiburones ballena provocándoles estrés, es que sean tocados por los nadadores, provocando inmersiones sin volver a emerger y dejen de alimentarse permanente o momentáneamente (Norman, 2006; SEMARNAT-DGVS-CONANP, 2014; Ziegler *et al.*, 2015). Contrario a estos resultados, en el presente estudio el que los nadadores tocaran a los tiburones no tuvo ningún impacto aparente ($p=0.99$) debido a que hubo una relación muy baja; tres organismos fueron tocados de 47, sin embargo en las encuestas aplicadas por Pronatura A.C Península de Yucatán, el número de organismos tocados es de 30, siendo cuatro intencionales, la falta de inclusión de estos datos en el análisis no nos permite descartar que el hecho de tocar al tiburón tenga un efecto sobre su conducta, por lo que nuestros resultados deben tomarse con cautela.

Estudios previos del impacto de la actividad turística sobre el tiburón ballena como Cárdenas-Palomo y colaboradores en 2008, indican que la actividad turística va en aumento

debido a que en ese año se tenían 85 lanchas con permiso e iban aumentando al doble. En el presente estudio se observaron hasta 89 lanchas en un avistamiento, sin ser las mismas lanchas cada día, por lo que el número de lanchas y de permisos ha aumentado casi 5 veces en 6 años, ya que actualmente se tiene un total de 247 permisos para los prestadores de servicio.

Con respecto a la duración de los videos, ninguna de las actividades llevadas a cabo por los turistas ni la presencia de los mismos, tuvo un efecto en la duración de los mismos y por tanto la actividad del tiburón ballena. Cabe mencionar que ninguno de los estudios previos ha analizado esta variable.

La presencia de lesiones por colisiones reportado en Bahía de los Ángeles y en Bahía de La Paz, modificó el comportamiento de los tiburones ballena (Santos del Prado-Gasca et al., 2004) al igual que en el Caribe Mexicano en donde se reporta que el 14% de los organismos presentaba alguna lesión, en la temporada 2014 en el presente estudio, el 20% de los tiburones ballena presentó lesiones, lo que indica que la presencia de lesiones ha aumentado en un 6%, posiblemente debido a las lanchas de los prestadores de servicio o a los barcos de carga que han tomado una ruta similar a la del tiburón ballena (Figura.25) (Cárdenas-Palomo, 2009). Siendo en los dos estudios la aleta dorsal en la que se presenta con mayor frecuencia alguna lesión con un 6.25% en 2009 y un 60% en 2014.



Figura 25. Barco de carga cerca de la zona de avistamiento de tiburón ballena. Foto: A. Casanueva/PPY-CINVESTAV-WWF-FCS 2014

Por otro lado, Cárdenas-Palomo en 2009 reporta haber 18 lanchas por tiburón ballena, en el presente estudio se encontraron hasta 39 lanchas y 33 turistas por tiburón lo cual indica

que el número de nadadores tiene un valor significativo ($p=0.01$) al presentarse conductas evasivas en los tiburones ballena. El comportamiento “banking” fue observado en un organismo en ausencia de turistas en un estudio previo de Cárdenas-Palomo en 2009, sin embargo, en el presente estudio se observó el mismo comportamiento en un organismo desencadenado porque un turista que lo tocó y posteriormente una lancha obstruyó su paso. En el presente estudio las conductas evasivas en los tiburones fueron probablemente a causa de la presencia de turistas, esto debido a que entre mayor sea el número de nadadores, puede aumentar la posibilidad de que la especie presente estas conductas evasivas.

En 2014 a diferencia del comportamiento de los tiburones ballena con turistas, sin turistas los patrones de alimentación observados fueron alimentación activa (72.50%), dejando de alimentarse un 34.61%, contrario a lo reportado por Cárdenas-Palomo en 2009 donde la mayoría de los organismos se encontraba alimentándose de forma pasiva o a media agua. En este mismo estudio el 30% de los organismos no se sumergió, contrario a esto en el presente estudio el 56.52% de los organismos observados se sumergió en su mayoría de forma gradual por razones desconocidas.

Las actividades turísticas van en aumento año con año, afectando el comportamiento del tiburón ballena debido al mal manejo de la actividad por los turistas ya que no acatan el reglamento establecido, por lo que es necesario evitar que el impacto a la especie aumente y pueda poner en riesgo la conservación de la misma en las regiones de alimentación.

7. Conclusiones

- El comportamiento alimentario del tiburón ballena no se modificó por la presencia de turistas.
- El número de tiburones ballena con lesiones a aumentado, sin embargo, no cambian su comportamiento alimentario.
- La presencia de turistas y la interacción con los mismos presenta un cambio de conducta en el tiburón ballena desencadenando conductas evasivas, pero sin modificar su patrón de alimentación durante la temporada 2014.
- Los patrones del comportamiento alimentario del tiburón ballena no se modificaron ante los turistas en los años 2007, 2009 y 2014, sin embargo, si fueron interrumpidos dejando de comer.
- Se sugiere continuar con este tipo de estudios y contar con catálogos de identificación de individuos donde se censan e identifican con patrones morfométricos de coloración a los organismos, además de realizarlo por más de una temporada de avistamiento en la zona de estudio.

8. Sugerencias para el Plan de manejo de tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en el Caribe Mexicano, Q. Roo – temporada 2015.

El plan de manejo tipo para realizar aprovechamiento no extractivo de tiburón ballena en México menciona varias medidas generales para observar y nadar con la especie, las cuales no todas son respetadas, por lo que a continuación se enlistan algunas sugerencias para poder regular de una mejor manera que las medidas se lleven a cabo.

- Se resalta que no hay carteles o letreros alusivos que indiquen las actividades autorizadas y las prohibidas por parte de SGPA-SEMARNAT, en lanchas ni en muelles. Por otro lado, las lanchas no solo se acercan en forma paralela hacia el tiburón ballena, si no, que también lo hacen de frente a la especie, obstruyendo su nado y su patrón de alimentación, al aumentar el número de lanchas la obstrucción de nado del tiburón puede ocurrir con mayor frecuencia.
- Se sugiere que los nadadores solo puedan nadar con el tiburón ballena portando chaleco salvavidas, sin excepción alguna, incluso si portan traje de neopreno, ya que esto no permite hundimientos por parte de los nadadores para tocar a la especie y con ello evitar un acercamiento mayor hacia el tiburón. Se propone aplicar multas a los nadadores que toquen al tiburón ballena de un 50% del precio total establecido por cada lancha para la observación y nado con la especie, para ello se tendrá un registro de los turistas que estarán a bordo de cada lancha, el capitán y el guía, este último tendrá que informar si algún nadador toca al tiburón y proceder a reportarlo a PROFEPA y la DGVS, donde el nadador tendrá que realizar su pago y con ello poder retirarse de la isla en la zona del Caribe Mexicano.

- A pesar del esfuerzo realizado por los prestadores de servicio, el número de embarcaciones por tiburón ha rebasado de una, que es lo permitido, por hasta 89 embarcaciones, lo que interviene con la conservación de la especie ya que debido a esto la obstrucción del nado de los tiburones es más probable; el número de nadadores permitidos es dos en el reglamento establecido en 2015 por SEMARNAT-DGVS-CONANP, sin embargo, en la embarcación se permiten 3 más el guía y algunos mantienen una distancia menor a los 2 metros respecto al tiburón ballena, lo que le permite al nadador tocarlo, por lo que esto tampoco es respetado. Se sugiere respetar lo establecido en el reglamento y disminuir el número de lanchas por día y por tiburón ballena, además integrar la zona de “afuera” a la Reserva de la Biosfera Tiburón Ballena (RBTB), condicionar las licencias de los prestadores a una capacitación donde les quede claro los resultados negativos a futuro de no respetar a los tiburones o permitir conductas que incrementen la evasión de la especie.

Literatura citada

Cagua F. E., Collins N. Hancock J. & Ress Richard. (2014). Whale shark economics: a valuation of wildlife tourism in South Ari Atoll, Maldives. *PeerJ* 2: e515.

Cárdenas-Palomo, N., Betancourt, P. & Reyes-Mendoza, O. (2008). "Estudio de impacto turístico sobre el tiburón ballena". Reporte final del proyecto mex/op3/y2/06/42, llevado a cabo por Pronatura Península de Yucatán y Consejo de Desarrollo Holbox y financiado por el programa de pequeñas donaciones del fondo para el medio ambiente mundial (sgp/gef). 31 pp.

Cárdenas-Palomo, N. (2009). Impacto del turismo sobre el comportamiento del tiburón ballena (*Rhincodon typus* Smith 1828), al norte del Caribe Mexicano. SEMARNAT, CONANP, Pronatura Península de Yucatán y Consejo de Desarrollo Holbox.

Cárdenas-Palomo N., Herrera-Silveira J., Velázquez-Abunader I., Reyes O. & Ordoñez U. (2015). Distribution and feeding habitat characterization of whale sharks *Rhincodon typus* in a protected area in the north Caribbean Sea. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Mérida, Yucatán, México. *Journal of Fish Biol.*86, 668-686 pp.

Catlin, J., & Jones, R. (2010). Whale shark tourism at Ningaloo Marine Park: a longitudinal study of wildlife tourism. *Journal of Tourism Management*,31(3), 386-394pp.

Cepeda-Gómez C., Gutiérrez-Montes I., Imbach A., Alpizar F., Windevoxhel N. (2007). Tiburón ballena y bienestar comunitario en Holbox, Quintana Roo, México. *Recursos Naturales y Ambiente*/ 55: 100-117 pp.

Colman, J.G. (1997). A review of the biology and ecology of the whale shark. *Journal of Fish Biology* 51: 1219-1234 pp.

De la Parra V. R., Hueter R., González C. J., Tyminsk J., Gregorio R. J., Maslanka M., Ormos A., Weigt L., Carlson B., Dove A. (2011). An Unprecedented Aggregation of Whale Sharks, *Rhincodon typus*, in Mexican Coastal Waters of the Caribbean Sea. *PLoS ONE* 6(4): e18994.

CONANP. (2009). DECRETO por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera el área marina conocida como Tiburón Ballena, localizada frente a las costas del norte del Estado de Quintana Roo. *Diario Oficial de la Federación*, 05/06/2009.

Eckert SA, Stewart BS. (2001). Telemetry and satellite tracking of whale sharks, *Rhincodon typus*, in the Sea of Cortez, Mexico, and the North Pacific Ocean. *Environmental Bioogy Fishes*. 60: 299-308 pp.

Gallagher, A.J., & Hammerschlag, N. (2011). Global shark currency: the distribution, frequency, and economic value of shark tourism. *Current Issues in Tourism*, 14(8), 797-812. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13683500.2011.585227>

- Haskell, P. J., Mc Gowan, A., Westling, A., Méndez-Jiménez, A., Rohner, C. A., Collins, K., & Pierce, S. J. (2014). Monitoring the effects of tourism on whale shark *Rhincodon typus* behaviour in Mozambique. *Oryx*, 49:492-499 pp.
- Herrera-Silveira, J., Ramírez J. & Zaldivar A. (1998). Overview and characterization of the hydrology and primary producer communities of selected coastal lagoons of Yucatán, México. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 1:353-372 pp.
- Martin, A. R. (2007). A review of behavioral ecology of whale sharks (*Rhincodon typus*). *Fisheries research*. 84:10-16 pp.
- Norman, B. M. (1999). IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 61 pp.
- Norman, B. M. (2005). The whale shark. *Seaweed*. March 6 to 13.
- Norman, B. M., & Stevens, J. D. (2007). Size and maturity status of the whale shark (*Rhincodon typus*) at Ningaloo Reef in Western Australia. *Fisheries Research*, 84(1), 81-86 pp.
- Nelson D. J., Eckert A. S. (2007). Foraging ecology of the whale sharks (*Rhincodon typus*) within Bahía de los Ángeles, Baja California Norte, México. *Fisheries Research* 84:47-64 pp.
- Palafox Muñoz A. (2007). Desarrollo local, turismo y sustentabilidad en Quintana Roo: Pac – Chen y Holbox. Universidad de Quintana Roo / Unidad Académica Cozumel.
- Quiros, L. A. (2007). Tourist compliance to a code of conduct and the resulting effects on whale shark (*Rhincodon typus*) behavior in Donsol, Philippines. *Fisheries Research* 84: 102-108 pp.
- Remolina S. J. F., Pérez R. J.J., González C. J.M, De la Parra V. R., Betancourt S. N., Trigo M. M., González M. L. & Antele M. J. (2007). Whale shark management strategies, with the participation of local stakeholders, in Yum Balam, México. In: Irvine, T.R. and Keesing J.K. (Eds). The First International Whale Shark Conference: Promoting International Collaboration in Whale Shark Conservation, Science and Management. Conference Overview, Abstracts and Supplementary Proceedings. *CSIRO Marine and Atmospheric Research*, Australia. 31-35 pp.
- Rodríguez-Dowdell N., Enríquez-Andrade R.R., Cárdenas-Torres N., Zavala-González A., Vázquez-Haikin A., Godínez-Reyes C. (2003). Propuesta de programa de manejo de tiburón ballena (*Rhincodon typus*) con referencia específica en Bahía de los Ángeles, BC. UABC- Dirección Regional en Baja California del APFF Islas del Golfo de California, 67 pp.
- Rodríguez-Dowdell, N., Enríquez-Andrade, R., & Cárdenas-Torres, N. (2008). "Tiburón ballena." Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. *PRONATURA Noroeste/INE/SEMARNAT/SDNHM, México DF*, 363-383 pp.

Rowat D. & Brooks K.S. (2012). A review of the biology, fisheries and conservation of the whale shark *Rhincodon typus*. *Journal of Fish Biology* 80:1019-1056 pp.

Santos del Prado-Gasca K., Rodríguez-Dowdell N., Godínez-Reyes C. Cárdenas-Torres N., Pérez J. Zavala-González A., Enríquez-Andrade R., Carrillo L., Camacho A., Miller P.S. (2004). Taller para el análisis de la viabilidad de la población y el hábitat del tiburón ballena (*Rhincodon typus*): estrategias para su conservación y aprovechamiento sustentable en México. Universidad Autónoma de Baja California Ensenada, Baja California. Reporte Final. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, MN, USA.

SERNA-DIBIO. Secretaria de Recursos Naturales-Dirección general de Biodiversidad. (2008). Diagnóstico de Situación Actual del Tiburón Ballena (*Rhincodon typus*) en Honduras. Islas de la Bahía, Honduras, C.A.

SEMARNAT-DGVS-CONANP. (2014). Plan de manejo tipo para realizar aprovechamiento no extractivo de tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en México. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/vidasilvestre/planes/pm_t_ballena_groo_2014.pdf

SEMARNAT-DGVS-CONANP. (2015). Plan de manejo de tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en el Caribe Mexicano, Q. Roo – temporada 2015. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/vidasilvestre/planes/pm_t_ballena_groo_2015.pdf

The travel foundation. Sección 2. Biología y Ecología del Tiburón Ballena. Disponible en: http://www.thetravelfoundation.org.uk/images/media/Referencia_2_Secci%C3%B3n_de_Biolog%C3%ADa_y_Ecolog%C3%ADa_Espa%C3%B1ol_Remolina_final.pdf

WWF. (2002). Ficha técnica. Duodécima reunión de la Conferencia de las Partes de la CITES Santiago (Chile).

Whitehead, D. A. (2014). Establishing a Quantifiable Model of Whale Shark Avoidance Behaviours to Anthropogenic Impacts in Tourism Encounters to Inform Management Actions.

Ziegler J. A., Dearden P. & Rollins R. (2015). Participant crowding and physical contact rates of whale shark tours on Isla Holbox, Mexico. *Journal of Sustainable Tourism*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/09669582.2015.1071379>