

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



Estimaciones de Abundancia y Distribución de Tiburón Ballena en Bahía

De Los Ángeles, Baja California

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

MASSYEL SOLEDAD RAMÍREZ PÉREZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO. DICIEMBRE, 2011

RESUMEN

ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE TIBURÓN BALLENA EN BAHÍA DE LOS ÁNGELES, BAJA CALIFORNIA

Agregaciones estacionales de tiburón ballena (*Rincodon typus*) se dan cita año con año en Bahía de los Ángeles entre el verano y el otoño. En este estudio se utilizaron datos de la temporada 2004 para realizar un análisis de distribución, abundancia y filopatría del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles, Baja California. Los datos se obtuvieron mediante dos procedimientos: observación directa desde embarcaciones y mediante buceo a pulmón apoyándose en la técnica de fotoidentificación. Así como observación indirecta con ayuda de los prestadores de servicios turísticos. Para la estimación del número de tiburones que se agregaron en la bahía se utilizó el método de captura-recaptura de Jolly-Seber (1965) para una población abierta. Se estima una abundancia absoluta máxima de 20 tiburones en octubre, un índice promedio para toda la temporada de abundancia relativa de 0.63 avistamientos por hora de búsqueda con un máximo de 2.50 avistamientos por hora el 16 de octubre. Casi la totalidad (96 %) de los avistamientos se dieron en el sur de la bahía. Por medio de comparación de fotografías, se determinó que cerca de 30% de los tiburones identificados en la temporada 2003 regresaron a la bahía en la temporada 2004, reforzando la hipótesis de que *R. typus* presenta afinidad a Bahía de los Ángeles presumiblemente para alimentarse (filopatría de alimentación). Para mejor conocimiento de la ecología de esta especie en Bahía de los Ángeles, se necesitan estudios con un intervalo de tiempo más amplio para determinar las tendencias de distribución y abundancia, así como otros parámetros de su biología y etología.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

Estimaciones De Abundancia y Distribución de Tiburón Ballena en Bahía
de los Ángeles, Baja California.


T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

MASSYEL SOLEDAD RAMÍREZ PÉREZ

Aprobada por:



DR. ROBERTO RAMON ENRIQUEZ ANDRADE
DIRECTOR DE TESIS



DR. OSCAR SOSA NISHIZAKI
SINODAL



M.C. FRANCISCO LEY LOU
SINODAL

Dedicatoria

Este trabajo no es más que la culminación de una etapa más en mi vida académica.

Quiero dedicar mis estudios de Maestría:

A mis padres **Ymelda** y **José Antonio** porque siempre me han sabido guiar por el camino correcto y me enseñaron a no darme por vencida. Por la motivación y el apoyo incondicional que he recibido siempre. Por ser un ejemplo a seguir, los quiero mucho papis.

A mis queridos hermanos, **Jaime, Diana, Daniel y Gaby** por esos buenos momentos e infinitas sonrisas que siempre me regalan, también forman parte de mi motivación para salir adelante. Gracias por sus consejos.

A **Alexandro Orozco** por acompañarme en este largo camino y la paciencia que ha tenido

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de maestría en Ciencias en Oceanografía Costera con número de becario 217451.

Al proyecto “Conservación y Aprovechamiento Sustentable del Tiburón Ballena a Través del Ecoturismo en Bahía de los Ángeles, Baja California” del cual se proporcionaron los datos para esta tesis.

A los miembros del comité de tesis: Dr. Enríquez-Andrade R, Dr. Sosa-Nishizaki O. y M. en C. Ley-Lou F. Por su apoyo, confianza y acertadas observaciones en esta tesis

A los M. en C. Alexandro Orozco y. M. en C. Erick Trujillo Carrera, por aquellos grupos de estudio, su amistad y apoyo.

A los prestadores de servicios turísticos relacionados al tiburón ballena en Bahía de los Ángeles por la ayuda a coleccionar los datos y compartir valiosa información.

A la Oc. Alejandra Baez Flores por su colaboración.

Al C. Jaime Ulises Ramírez Pérez por su amable asistencia.

A la secretaria Angélica Arce Bastida por orientarnos y ayudarnos en todos los trámites que realizamos ante la Facultad.

A mis amigas, L.A.E. Karla Gabriela Rojas Parra, L.A.E. Irma Jasselyn Paredes Valencia y C. P. Adriana Sumano Osorio, por estar presentes cuando las necesito.

A cada uno de los miembros de mi familia por el enorme respaldo que representan.

CONTENIDO	
RESUMEN	i
CONTENIDO	v
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	5
Objetivos específicos	5
ANTECEDENTES	6
ÁREA DE ESTUDIO	11
MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	14
Fuentes de información.....	14
Conteos directos	14
Conteos indirectos (abundancia relativa).....	18
Tratamiento de datos	19
Análisis de “captura recaptura”	19
Abundancia relativa.....	23
Filopatría	23
RESULTADOS.....	25
Abundancia absoluta.....	25
Abundancia relativa.....	27

Distribución de los avistamientos.....	27
Filopatría	30
DISCUSION.....	31
Abundancia absoluta.....	31
Abundancia relativa y distribución espacial.....	33
Filopatría	34
CONCLUSIONES	37
LITERATURA CITADA	38

Índice de Tablas:

Tabla 1. Parámetros de abundancia de <i>Rhincodon typus</i> en Bahía de los Ángeles (2001–2003). Fuentes: Enríquez-Andrade et al. (2003) e Íñiguez-Hernández (2004).....	9
Tabla 2. Datos de “captura recaptura”	25
Tabla 3. Estimación de los parámetros de las agregaciones de <i>R. typus</i>	26
Tabla 4. Resultados de abundancia relativa (tiburones contados por hora de búsqueda) por recorrido y mes.	28
Tabla 5. Tiburones ballena identificados en la temporada 2004 que ya habían sido identificados en temporadas anteriores	30

Índice de Figuras:

Figura 1. Bahía de los Ángeles. Se muestran las áreas con mayor número de avistamientos reportados de acuerdo a estudios previos. De norte a sur: Punta la Gringa, Punta Arenas, Los Angelitos; El Rincón.....	12
Figura 2. Ejemplos de patrones y características distintivas de tiburones ballena fotografiados en Bahía de los Ángeles.....	16
Figura 3. División del área de estudio para fines de conteo.	17
Figura 4. Bitácora para la captura de información en el campo por parte de los prestadores de servicios turísticos	22
Figura 5. Distribución espacial de los avistamientos en la temporada 2004.....	29
Figura 6. Fotografía del tiburón RT071022003 tomada el 16 de octubre del 2004, mostrando la ausencia casi completa de la aleta pectoral izquierda. Este tiburón fue observado en repetidas ocasiones tanto en la temporada 2003 como en la 2004.....	35

ESTIMACIONES DE ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE TIBURÓN BALLENA EN BAHÍA DE LOS ÁNGELES, BAJA CALIFORNIA

INTRODUCCIÓN

Agregaciones recurrentes del tiburón Ballena *Rincodon typus*, Smith (1828), han sido reportadas a lo largo de su distribución en aguas tropicales y templadas, particularmente en ciertas áreas cercanas a la costa (Colman, 1997a; 1997b; Cárdenas-Torres, et al., 2007; Rodríguez-Dowdell, et al. 2008; Rezzolla y Storai, 2010; De la Parra-Venegas, et al. 2011). Las agregaciones pueden ser estacionales, durando sólo unos meses del año, y parecen estar asociadas a localidades donde el zooplancton es abundante, ya sea por una alta productividad primaria (García-García, 2002; Nelson y Eckert, 2007) o como resultado de eventos de desove de peces e invertebrados (Heyman, *et al.* 2001). Los grupos de tiburones reportados van de unos pocos individuos hasta decenas e incluso cientos (De la Parra-Venegas, et al. 2011). Este fenómeno ha brindado la oportunidad de estudiar varios aspectos de la biología y ecología de una especie para la cual, a pesar de su tamaño, todavía se desconocen muchos aspectos clave de su historia natural (Holmberg, et al. 2009).

El tiburón ballena pertenece a la clase Chondrichthyes que incluye tiburones y rayas, siendo el único representante de la familia Rhincodontidae una de las siete familias del orden Orectolobiformes. Es el pez de mayor tamaño en existencia, con una longitud máxima de unos quince metros y un

peso de quince toneladas, aunque hay reportes de individuos que han llegado hasta los veinte metros pesando más de 30 toneladas (Kukuyev, 1996). Es una de las tres especies de tiburón que se alimentan por medio de filtración junto con el tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) y el tiburón bocón (*Megachasma pelagios*). Se alimenta filtrando grandes cantidades de agua a través de sus branquias adaptadas y especializadas para retener organismos planctónicos y ocasionalmente nectónicos las cuales incluyen eufáusidos, larvas de crustáceos, copépodos, huevos de teleósteos y presas de mayor tamaño como sardinas, anchovetas, macarelas e incluso calamares (Colman, 1997a; Heyman et al., 2001; Compagno, 2002; Hacoheh-Domene, et al., 2006).

La urgencia de saber más sobre *R. typus* estriba en que este pez se encuentra en la lista mundial de animales amenazados (IUCN, 2011). La especie está incluida también en el Apéndice II de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2002). En México el tiburón ballena es considerado una especie en riesgo y de conformidad con la Norma Oficial Mexicana: NOM-059-SEMARNAT-2001 su pesca no está permitida.

Entre las zonas del mundo para las cuales se han registrado agregaciones recurrentes y predecibles destacan dos situadas en México (Santos del Prado-Gasca, et al. 2004; Cárdenas-Torres, et al., 2007; De la Parra-Venegas, et al. 2011). Una de ellas, el objeto de estudio de esta tesis, es

Bahía de Los Ángeles en la costa oriental de Baja California, la otra al noreste de la Península de Yucatán.

La información científica disponible sugiere que Bahía de los Ángeles es un hábitat importante para el tiburón ballena, particularmente ejemplares juveniles (<9 m), que lo utilizan estacionalmente de junio a diciembre presumiblemente para alimentarse (Enríquez-Andrade et al., 2003; García-García, 2002; Nelson y Eckert, 2007). Además en esta tesis se plantea la hipótesis que los tiburones ballena en sus migraciones utilizan a la bahía como hábitat temporal más de una vez durante su vida. Mayr (1963) define filopatría como la tendencia de un individuo a permanecer o regresar a un sitio. Este último puede ser el sitio de su nacimiento (filopatría fuerte) u otro sitio (filopatría débil). Evidencia de comportamiento filopátrico se ha acumulado recientemente en la literatura para varias especies de tiburones (Heupel y Keeney, 2004; Jorgensen, et al. 2010). Tal es el caso del tiburón ballena que tiene una tendencia a regresar regularmente a sitios específicos de alimentación (CITES, 2000, Norman, 2004; Rezzola y Storai, 2010). Sin embargo dicho comportamiento no ha sido probado de manera concluyente en Bahía de los Ángeles.

Por su potencial para atraer turismo, la presencia de tiburón ballena es una oportunidad para el desarrollo económico de la localidad (Cárdenas-Torres, et al., 2007). Sin embargo la situación de riesgo en que está la especie hace

imperativo que la actividad turística se realice bajo una cuidadosa planeación, requiriéndose estudios para recabar la información necesaria. Consecuentemente la presente tesis plantea las siguientes preguntas de investigación ¿Cuál es el tamaño de las congregaciones de tiburón ballena en la bahía y cuál es su distribución espacial? Y ¿Los tiburones que se agregan en la bahía exhiben una tendencia a regresar? Se espera que las respuestas a estas preguntas puedan contribuir a entender mejor la historia natural del tiburón ballena y coadyuvar a los esfuerzos de conservación de su hábitat.

OBJETIVO

Determinar la distribución y estimar la abundancia de las agregaciones estacionales del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles, Baja California en la temporada 2004.

Objetivos específicos

- (1) Estimar el número de tiburones ballena que se agregaron.
- (2) Analizar temporalmente (mensualmente) su abundancia relativa dentro de la bahía.
- (3) Determinar la distribución espacial y temporal de los avistamientos.
- (4) Comparar los resultados de esta tesis con las estimaciones previas de abundancia.
- (5) Aportar evidencia de comportamiento filopátrico en *R. typus* respecto de Bahía de los Ángeles.

ANTECEDENTES

El primer registro de tiburón ballena en el Golfo de California data del siglo XIX (Gill, 1865, en Wolfson y Di Sciara 1987). Desde entonces, los avistamientos de esta especie en la región se habían considerado como puntuales e impredecibles. Sin embargo, a finales de la década de 1990, pescadores y prestadores de servicios de pesca deportiva de la comunidad de Bahía de los Ángeles reportaron la presencia recurrente de tiburones ballena dentro de la bahía al personal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). En esa época algunos operadores de la pesca deportiva comenzaron a utilizar a los tiburones como atractivo turístico, principalmente como complemento a los viajes de pesca deportiva (Cárdenas-Torres, et al. 2007).

A solicitud de un grupo de prestadores de servicios turísticos de la comunidad de Bahía de los Ángeles, dio inicio en el 2000 un proyecto colaborativo entre ellos, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Universidad Autónoma de Baja California. Uno de los objetivos del proyecto fue generar información que permitiera un mejor conocimiento de la biología y ecología del tiburón ballena y de su hábitat. Al mismo tiempo un grupo de investigadores estadounidenses realizaban estudios sobre el tiburón ballena en la bahía. Ambos esfuerzos concluyen de manera independiente básicamente lo mismo: que *R. typus* se agrega entre junio y diciembre de cada año

coincidiendo con los meses de gran abundancia de zooplancton, del cual se alimentan. Estas concentraciones de zooplancton, principalmente copépodos, son mayores en la parte sur de la bahía en aguas poco profundas (<20 m), donde los avistamientos de tiburón ballena ocurren con más frecuencia (Nelson y Eckert, 2000; Eckert y Stewart, 2001; García-García, 2002, Enriquez-Andrade et al., 2003; Nelson, 2004; Iñiguez-Hernández, 2004; Enriquez-Andrade e Iñiguez-Hernández, 2004; Nelson y Eckert, 2007; Rodríguez-Dowdel et al., 2007).

Eckert y Stewart (2001) sugieren que el tiburón ballena es el planctívoro más importante de la bahía y su presencia parece ser un indicador de la salud del ecosistema. García-García (2002) encontró que las zonas en la bahía donde las concentraciones de zooplancton, principalmente copépodos, son significativamente mayores coinciden con las zonas de alta probabilidad de avistamiento. Se han descrito tres comportamientos de alimentación del tiburón ballena en la bahía denominados “activo”, “vertical” y “pasivo” (Ávila-Moreno, 2005; Nelson y Eckert, 2007). Los cuales coinciden en gran parte con los descritos por Clark y Nelson (1997) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, por Rezzola y Storai (2010) en el Mar Rojo y con los descritos por Heyman y colaboradores (2001) para Punta Gorda, Belice. Tanto García-García (2002) como Nelson (2004) concuerdan en que 70% de los avistamientos de tiburón ballena se llevan a cabo cuando el animal exhibe uno de los comportamientos

de alimentación ya señalados. Nelson y Eckert (2007) encontraron que aproximadamente el 80% de los eventos de alimentación ocurrieron entre la superficie y diez metros de profundidad. Las muestras de zooplancton analizadas por ellos revelaron que están conformadas principalmente por copépodos en un 85%.

En cuanto a las estimaciones de abundancia existen antecedentes de dos estudios realizados por medio de conteos desde embarcaciones, identificación visual y por medio de fotografías. Dichos estudios fueron realizados por la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC en colaboración con la CONANP y un grupo de prestadores de servicios turísticos de Bahía de los Ángeles, los resultados abarcan tres temporadas (2001-2003). Los resultados fueron reportados por Enriquez-Andrade y colaboradores (2003) e Iñiguez-Hernández (2004) y son resumidos en la Tabla 1. Esta información sugiere que se agregaron en la bahía entre 12 y 20 tiburones, la mayoría ejemplares jóvenes de tres a 10 metros de longitud total, observándose tanto hembras como machos.

Adicionalmente a los resultados presentados en la Tabla 1, Enriquez-Andrade e Iñiguez-Hernández (2004) presentan estimaciones de abundancia relativa para la temporada 2004, reportando un máximo de 1.73 avistamientos por hora de búsqueda en octubre.

Tabla 1. Parámetros de abundancia de *Rhincodon typus* en Bahía de los Ángeles (2001–2003). Fuentes: Enríquez-Andrade et al. (2003) e Íñiguez-Hernández (2004).

Parámetro	2001	2002	2003
Número de individuos identificados	10	4	22
Avistamientos por hora de búsqueda en el mes de máxima abundancia	0.92 (noviembre)	0.46 (agosto)	2.7 (octubre)
Número estimado de tiburones presentes en la bahía durante el periodo de máxima abundancia	16	12	20

Los mismos estudios señalan que la distribución espacial de los avistamientos dentro de la bahía no es homogénea, la probabilidad de encontrar un tiburón en la superficie o cerca de esta es significativamente mayor en cuatro áreas específicas de la bahía: El Rincón, Los Angelitos, frente al poblado al sur de Punta Arena y al sur de Punta la Gringa (Figura 1).

Por medio de estudios de telemetría se sabe que los tiburones salen de Bahía de los Ángeles y pueden viajar grandes distancias. Eckert y Stewart (2001) observaron que tiburones marcados en Bahía de los Ángeles y Banco Gorda (Belice) se desplazaron a velocidades bajas con un promedio de un kilómetro por hora. En este estudio pudieron seguir un tiburón por más de mil días registrando una distancia de desplazamiento horizontal de 12,620 km. En un estudio reciente Mayorga-Martínez (2011) reporta haber dado seguimiento

por medio de telemetría a dos tiburones jóvenes marcados en Bahía de los Ángeles durante la temporada 2009. Uno de los tiburones después de ser marcado salió del Golfo de California el otro permaneció en éste; pero ambos registraron recorridos de más de dos mil kilómetros. En cuanto a los patrones de movimiento vertical los estudios de telemetría no han arrojado suficiente información como para establecer un patrón de comportamiento. Sin embargo gracias a estos estudios se sabe que el tiburón ballena puede realizar movimientos verticales a más de 200 metros de profundidad.

Los trabajos realizados previamente sobre el tema coinciden en señalar que por sus características particulares, Bahía de los Ángeles es un área viable para avanzar el conocimiento de la biología y ecología del tiburón ballena. Cabe destacar que la región fue decretada como reserva de la biosfera en 2007; fecha posterior a los conteos realizados para esta tesis, por lo que la información generada contribuye al establecimiento de una línea base a partir de la cual se pueden establecer indicadores de éxito del programa de manejo de la reserva.

ÁREA DE ESTUDIO

Bahía de los Ángeles se ubica en la costa oriental del Estado de Baja California, en la parte central del Golfo de California, frente a la isla Ángel de la Guarda (Figura 1). Las dimensiones de la bahía son de 16 km de largo por 6.4 km en su parte más ancha con una orientación NO-SE, muy similar a la orientación general del Golfo de California.

La parte central del golfo, también conocida como la “Región de las Grandes Islas” tiene características oceanográficas únicas, las corrientes de marea son muy fuertes y se da una mezcla intensa, que dan como resultado constantes surgencias (Álvarez-Borrego, 2008). Consecuentemente la productividad primaria es alta soportando gran abundancia y diversidad de fauna marina. Bahía de los Ángeles es una bahía abierta hacia el Canal de Ballenas una zona particularmente productiva de la Región de las Grandes Islas. Las corrientes inducidas por la marea y por los vientos en Bahía de los Ángeles propician un importante intercambio de aguas con las aguas ricas del canal; además dentro de la misma bahía ocurren procesos oceanográficos que mantienen mezclada la columna de agua y favorecen aun más la productividad primaria. Como resultado se tiene una producción anual de carbono de entre 345 a 511 g/cm², ubicándola entre los sistemas más productivos del mundo (Delgadillo-Hinojosa, 1992).

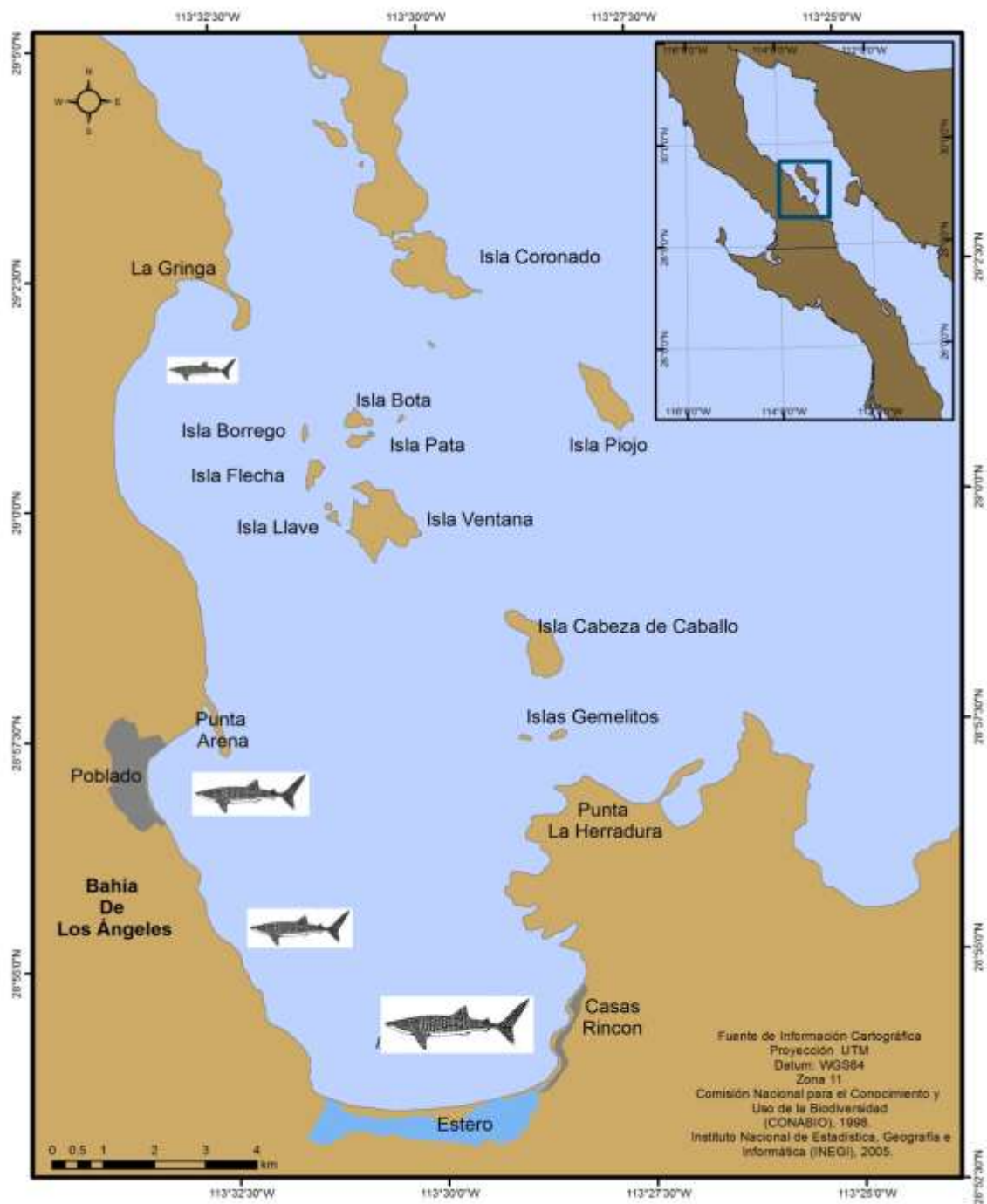


Figura 1. Bahía de los Ángeles. Se muestran las áreas con mayor número de avistamientos reportados de acuerdo a estudios previos. De norte a sur: Punta la Gringa, Punta Arenas, Los Angelitos; El Rincón.

La bahía se comunica con el Canal de Ballenas por medio de cuatro canales, el primero, entre Punta Roja e Islas Los Gemelitos, donde la profundidad máxima es de aproximadamente 48 m. El segundo, entre islas Los Gemelitos e isla Cabeza de Caballo, que tiene casi la misma profundidad que el anterior y es el que utilizan las embarcaciones mayores para ingresar a la bahía. El tercero está entre isla Cabeza de Caballo e isla La Ventana y tiene una profundidad similar a los anteriores; el cuarto constituye la entrada norte a Bahía de los Ángeles, entre Punta la Gringa e Isla Coronado. (Enríquez-Andrade, et al 2003).

La descripción más completa de la dinámica de las aguas de Bahía de los Ángeles está dada por Amador-Buenrostro et al., (1991) quienes se basan en un modelo numérico para predecir la circulación inducida por marea y viento, siendo el viento el factor dominante. De acuerdo a este modelo, las condiciones en verano y otoño generan patrones de circulación que propician la mezcla de la columna de agua en las zonas de la bahía donde los avistamientos de tiburón ballena son más frecuentes (Enriquez-Andrade, et al., 2003)

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Fuentes de información

Los datos utilizados para alcanzar los objetivos planteados en esta tesis son de la temporada de 2004 (entre septiembre y diciembre) y provienen de dos fuentes. La primera es un estudio técnico denominado “Monitoreo de Tiburón Ballena en Bahía de los Ángeles, B.C., un Enfoque Participativo” realizado de manera colaborativa entre los prestadores de servicios turísticos de Bahía de los Ángeles, la CONANP y la UABC (Enríquez-Andrade e Iñiguez-Hernández, 2004). La segunda son datos proporcionados de manera independiente por prestadores de servicios turísticos de la localidad e investigadores de la UABC y CICESE. Dichos datos fueron recopilados por Lucina Iñiguez Hernández y Roberto Enríquez Andrade de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC.

En ambos casos, los datos fueron obtenidos mediante dos procedimientos: conteos directos para determinar abundancia relativa, distribución espacial y comportamiento filopátrico, y conteos indirectos, con ayuda de prestadores de servicios turísticos, para analizar la abundancia relativa. A continuación se describen ambos procedimientos a detalle.

Conteos directos

Entre octubre y noviembre de 2004 con apoyo de varios prestadores de servicios turísticos se realizaron seis campañas de conteo directo con dos

recorridos por campaña: 16-17 de octubre, 23-24 de octubre, 29-30 de octubre, 7-6 de noviembre, 15-16 de noviembre y 29-30 de noviembre. Los conteos directos se refieren a recorridos con la presencia de un observador a bordo capaz de realizar la identificación visual o por medio de fotografías. El esfuerzo de observación en las seis campañas fue aproximadamente el mismo, 6 a 7 horas de búsqueda efectiva. Estos viajes se realizaron con un propósito científico es decir sin la presencia de turistas a bordo.

Cabe destacar que la identificación visual y sobre todo por medio de fotografía ha sido ampliamente utilizada y es considerada como un método adecuado para estudios de abundancia del tiburón ballena (Holmberg, et al., 2009). Estos investigadores publicaron un estudio de la dinámica poblacional de tiburón ballena en base a fotografías en parque marino de Ningaloo Marine Park (NMP) en el Oeste de Australia. Los datos y fotografías fueron tomados de la base de datos disponible en ECOCEAN Whale Shark photo-identification Library. (www.whaleshark.org).

La característica que hace al tiburón ballena una especie apta para la identificación visual directa o por medio de fotografías es su patrón de marcas que es distinto para cada individuo y no cambia a lo largo de su vida (Taylor, 1994). En la Figura 2 se presentan ejemplos de patrones distintivos de tiburones fotografiados en Bahía de los Ángeles.

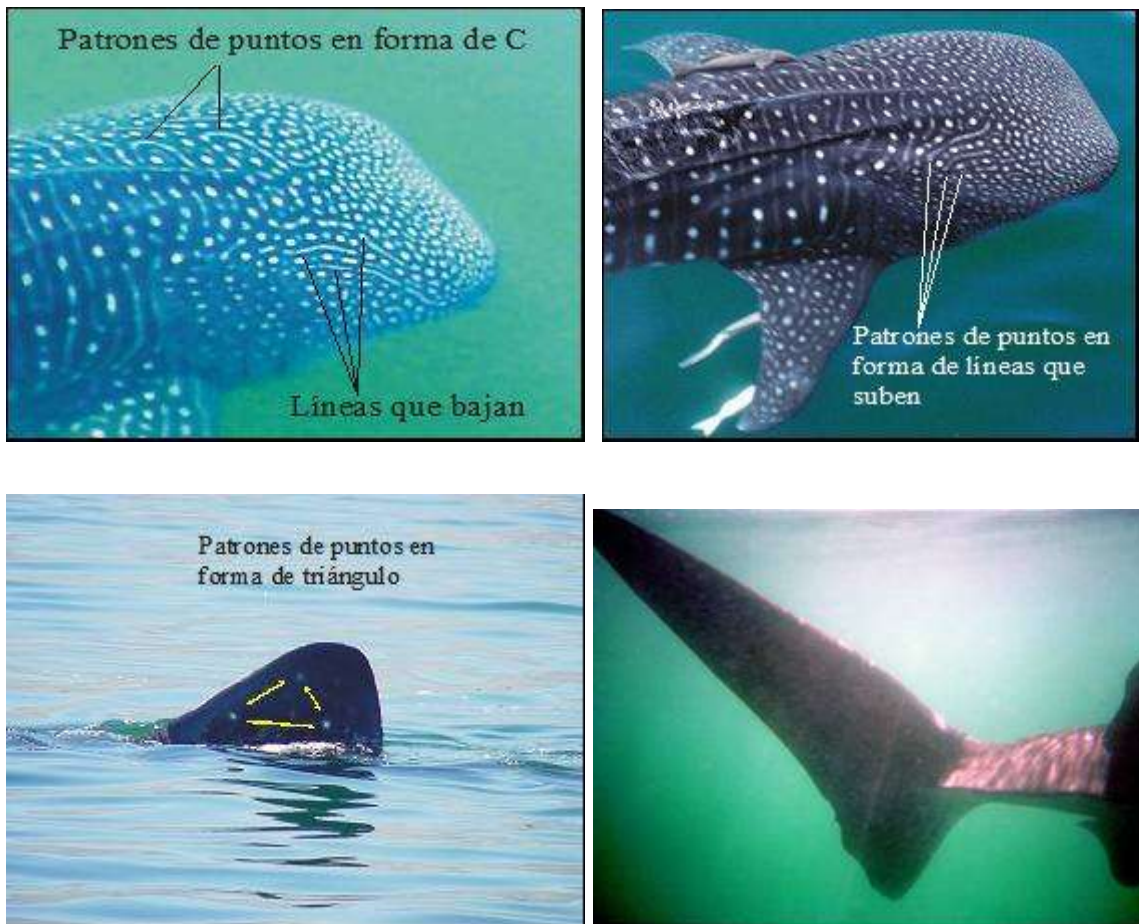


Figura 2. Ejemplos de patrones y características distintivas de tiburones ballena fotografiados en Bahía de los Ángeles.

Para los fines del estudio se utilizó la división del área de estudio propuesta por Enríquez Andrade y colaboradores (2003) la cual se presenta gráficamente en la Figura 3. Los recorridos se realizaron en trayectorias arbitrarias concentrándose en las zonas uno y dos debido a que, como ya se mencionó, son las zonas con mayor probabilidad de avistamiento.

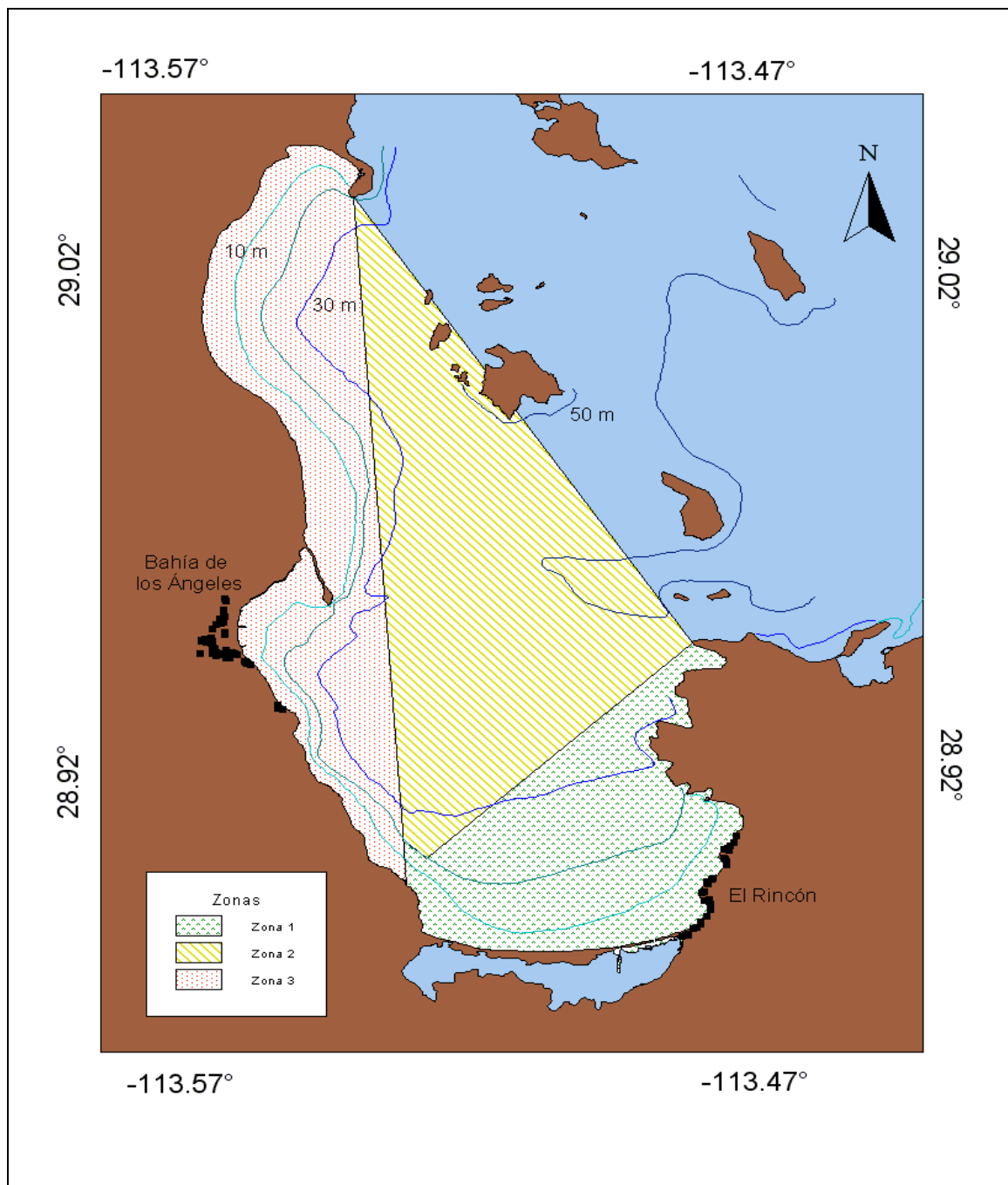


Figura 3. División del área de estudio para fines de conteo.

Con el fin de estimar la abundancia de la agregación presente en la bahía, sin la utilización de etiquetas, se procedió a identificar individualmente a los tiburones ballena, ya sea de manera visual directa o por medio de fotografías. Cuando se detectaba un tiburón ballena la embarcación se acercaba registrando su posición geográfica utilizando para ello un GPS. Posteriormente se navegaba paralelo al organismo y se tomaban fotografías de la aleta dorsal y caudal, ambos lados si era posible; así como, fotografías submarinas de cualquier característica que resaltara de los organismos. Se hizo énfasis en fotografiar cicatrices o cualquier otra marca distintiva. Se elaboraron fichas técnicas para cada organismo, en las cuales se sintetiza la información relevante a cada uno, misma que está acompañada de las fotografías de los tiburones. Para aquellos individuos que no fueron identificados en el campo se utilizaron comparaciones por medio de fotografías para identificarlos posteriormente.

Conteos indirectos (abundancia relativa)

Adicionalmente a los recorridos para identificación y “reidentificación” descritos en la sección anterior se recurrió al apoyo de los prestadores de servicios turísticos, para que en sus recorridos normales para observar tiburones ballena llevarán una bitácora de sus avistamientos. Con este propósito los prestadores fueron capacitados en un taller diseñado por investigadores de la UABC y auspiciado por la CONANP (Enríquez-Andrade e

Iñiguez-Hernández, 2004). En cada recorrido realizado por los prestadores que decidieron apoyar el proyecto se registraron los siguientes datos: fecha; hora inicial del recorrido y la hora al final del recorrido de búsqueda; la hora al minuto más cercano y la posición geográfica con GPS (cuando fue posible) al momento del avistamiento. Al final de la interacción con el tiburón, se tomó nuevamente la hora para continuar con el tiempo del recorrido o tiempo de búsqueda. La información fue capturada en un formato diseñado especialmente para eso por Enríquez-Andrade e Iñiguez-Hernández (2004). Dicho formato se reproduce en la Figura 4.

Tratamiento de datos

Análisis de “captura recaptura”

Para estimar el número de tiburones que se agregaron en la bahía en la temporada 2004 se utilizó el método de captura-recaptura de Jolly-Seber para una población abierta (Jolly, 1965; Seber 1965). Este modelo estima el tamaño de una población a partir de una secuencia de más de dos “capturas” y de acuerdo a Krebs (1999) requiere que (1) Cada animal en la población, marcado o no, tenga la misma probabilidad de ser capturado en la muestra t , siempre y cuando esté vivo y dentro de la población cuando se tome la muestra. (2) Cada animal marcado tenga la misma probabilidad de sobrevivir de la muestra t a la muestra $(t + 1)$ y de estar en la población al momento de tomar la muestra $(t + 1)$, tomando en cuenta que esté vivo y en la población inmediatamente después

de la liberación t . (3) Cada animal capturado en la muestra t tiene la misma probabilidad de regresar a la población. (4) Los animales marcados no pierden sus marcas y todas las marcas se reportan al recuperarse. (5) El periodo de etiquetado y muestreo es insignificante en relación a los intervalos entre un muestreo y otro.

En el caso de las agregaciones en Bahía de los Ángeles la “población” está constituida por los tiburones presentes dentro de la bahía en un momento determinado, la población es abierta en el sentido que los tiburones pueden entrar a la bahía, incrementando el tamaño de la población o salir de esta, disminuyéndolo. Es importante resaltar que no se está haciendo el intento de estimar la población de tiburón ballena en el sentido biológico, más bien se busca estimar la una “población” estadística conformada por los tiburones presentes dentro de la bahía en el periodo de análisis. Los nacimientos y muertes que pudieran ocurrir dentro de la bahía se consideran despreciables. Las capturas constituyen los tiburones ballena identificados visualmente o por medio de fotografías y las recapturas constituyen los tiburones ballena previamente identificados y que fueron observados nuevamente en subsecuentes campañas de conteo. El método no requiere que el intervalo de tiempo entre “muestreos” sea constante.

De acuerdo al método Jolly-Seber descrito por Krebs (1999) y adaptado en este estudio para identificación visual, la abundancia de la población justo antes del conteo (t) está dada por:

$$\hat{N}_i = \frac{\hat{M}_i}{\hat{\alpha}_i}$$

Donde:

$$\hat{M}_t = \frac{(s_t + 1)Z_t}{R_t + 1} + m_t = \text{Tamaño estimado de la población identificada justo}$$

antes del conteo t .

S_t = Número total de organismos identificados en el tiempo t

Z_t = Número de organismos identificados antes del tiempo t , no identificados en la muestra t pero si posteriormente

R_t = Número de los individuos s_t identificados en el tiempo t que se re identificaron posteriormente.

m_t = Número de organismos previamente identificados observados en el muestreo t

n_t = Total de tiburones observados en el conteo t

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\hat{m}_i + 1}{n_i + 1} = \text{Proporción de tiburones identificados}$$



Proyecto de Conservación y Aprovechamiento Sustentable del
Tiburón Ballena en la Bahía de los Ángeles



Registro periódico de actividades realizadas por prestadores de servicios turísticos
relacionados con el avistamiento de Tiburón Ballena (TB)

Nombre del prestador de servicios turísticos _____

	Encuentro 1 con tiburón ballena	Encuentro 2 con tiburón ballena	Encuentro 3 con tiburón ballena	Encuentro 4 con tiburón ballena
Fecha				
Hora				
Latitud				
Longitud				
Temperatura del agua				
Tamaño del tiburón				
Comportamiento del tiburón (A=amistoso, I=indiferente, E= Evasivo)				
No. de turistas en el recorrido				
No. de turistas que nadaron con el tiburón				
Nombre local con el que se conoce				
Características del tiburón ballena				

Figura 4. Bitácora para la captura de información en el campo por parte de los prestadores de servicios turísticos

Abundancia relativa

Para analizar la abundancia relativa se definió un índice que considera el número de avistamientos y el esfuerzo de observación. Formalmente:

$$AR = \frac{ATD}{TR}$$

Donde *AR* es el índice de abundancia relativa, *ATD* es número total de tiburones observados en un recorrido dividido y *TR* tiempo total de recorrido en estado de búsqueda. Este último consiste tiempo total de cada recorrido descontando el tiempo de duración de interacción con cada tiburón. Se calcularon promedios de abundancia relativa mensuales y para toda la temporada.

Así mismo, las bitácoras de observación que contenían información sobre las coordenadas geográficas del avistamiento fueron integradas en un sistema de información geográfica para analizar la distribución espacial de los avistamientos.

Filopatría

Con el objeto de detectar evidencias de filopatría, las fotografías de los tiburones identificados en la temporada 2004 fueron comparadas con las fotografías obtenidas en las temporadas 2001 al 2003 (Enriquez-Andrade, et al.

2003; Enriquez-Andrade e Iñiguez-Hernández, 2004). Para detectar individuos que regresaron a Bahía de los Ángeles en 2004 y que habían sido identificados en temporadas anteriores.

RESULTADOS

Abundancia absoluta

La Tabla 2 presenta los datos de “captura recaptura” de tiburón ballena obtenidos en las seis campañas de muestreo de la temporada 2004 conforme al método de Jolly-Seber. Como se aprecia en la Tabla 2 en la última campaña de muestreo no se observaron tiburones. Esto último a pesar de haberse realizado el mismo esfuerzo de observación que en las campañas anteriores, lo que sugiere que la temporada terminó a finales de noviembre o principios de diciembre.

Tabla 2. Datos de “captura recaptura”

	Recorrido (t)					
	1	2	3	4	5	6
Tiempo de la última identificación						
1		6	4	2	1	0
2			4	2	1	0
3				2	1	0
4					2	0
5						0
6						
Total identificados	0	6	8	6	5	0
Total no identificados previamente	11	4	2	2	0	0
Total observados	11	10	10	8	5	0

A partir de la información de la Tabla 2 se obtuvieron estimaciones del tamaño de las agregaciones en diferentes momentos de la temporada los cuales se presenta en la Tabla 3. Las estimaciones de abundancia (cuarta columna de la tabla) van desde 20 tiburones justo antes del periodo 23-24 de octubre a un individuo justo antes del 15-16 de noviembre. El número total de tiburones identificados en la temporada fue 19; coincidiendo este último casi con el máximo número de tiburones estimado

Tabla 3. Estimación de los parámetros de las agregaciones de *R. typus*.

Recorrido	Proporción de tiburones identificados (α_t)	Tamaño de la población identificada (M_t)	Tamaño estimado de la agregación (N_t)	Número estimado de tiburones nuevos entrando (B_t)
Oct. 16-17	0.000	0	NA	NA
Oct. 23-24	0.636	13	20	1
Oct. 29-30	0.818	12	16	3
Nov. 7-6	0.778	12	15	-1
Nov. 15-16	1.000	2	1	--
Nov.- 29-30	1.000	--	--	--

-- = Este parámetro no se puede estimar con la información disponible.

Abundancia relativa

Se contabilizaron datos de un total de 31 recorridos: nueve en septiembre doce en octubre y diez en noviembre. El esfuerzo de búsqueda fue de un poco más de 81 horas, 22 en septiembre, 35 en octubre y 24 en noviembre. Se reportaron 51 avistamientos en toda la temporada por lo que el índice de abundancia relativa AR (tiburones avistados por hora de búsqueda) fue de 0.63 avistamientos por hora de búsqueda. Los resultados del índice de abundancia AR (tiburones avistados por hora de búsqueda) por mes se presentan en la Tabla 4. Octubre fue el mes con mayor abundancia relativa seguido de noviembre. Aunque se realizaron recorridos en diciembre, no se reportaron avistamientos, por lo que dichos recorridos fueron excluidos del análisis.

Distribución de los avistamientos

Se observó que el 96.67% de los avistamientos para los cuales se obtuvo referencia geográfica en esta temporada se dieron dentro de la zona 1, zona conocida localmente como El Rincón. Octubre fue el mes en el que se dieron el mayor número de avistamientos de toda la temporada de muestreo con el 54.84% de avistamientos y fue también en este mes donde se dio el único avistamiento fuera de la zona 1.

Tabla 4. Resultados de abundancia relativa (tiburones contados por hora de búsqueda) por recorrido y mes.

	Tiempo de búsqueda por recorrido (hrs.)	No. de tiburones ballena por recorrido	Abundancia relativa por recorrido	Promedio de abundancia relativa por mes
Septiembre	3.00	1	0.33	0.47
	5.00	0	0.00	
	1.50	1	0.67	
	3.20	1	0.31	
	0.90	1	1.11	
	1.50	1	0.67	
	2.45	2	0.82	
	3.40	1	0.29	
	1.10	0	0-00	
Octubre	5.00	1	0.20	1.20
	2.71	1	0.37	
	1.62	2	1.23	
	1.16	4	3.45	
	2.89	5	1.73	
	1.50	1	0.67	
	5.20	1	0.19	
	6.20	2	0.32	
	1.60	4	2.50	
	3.25	3	0.92	
	2.30	2	0.87	
	2.00	4	2.00	
	Noviembre	6.59	1	
2.17		1	0.46	
3.00		0	0.00	
1.53		1	0.65	
2.16		1	0.46	
1.53		1	0.65	
0.75		1	1.33	
2.75		1	0.36	
1.00		3	3.00	
2.16		3	1.39	

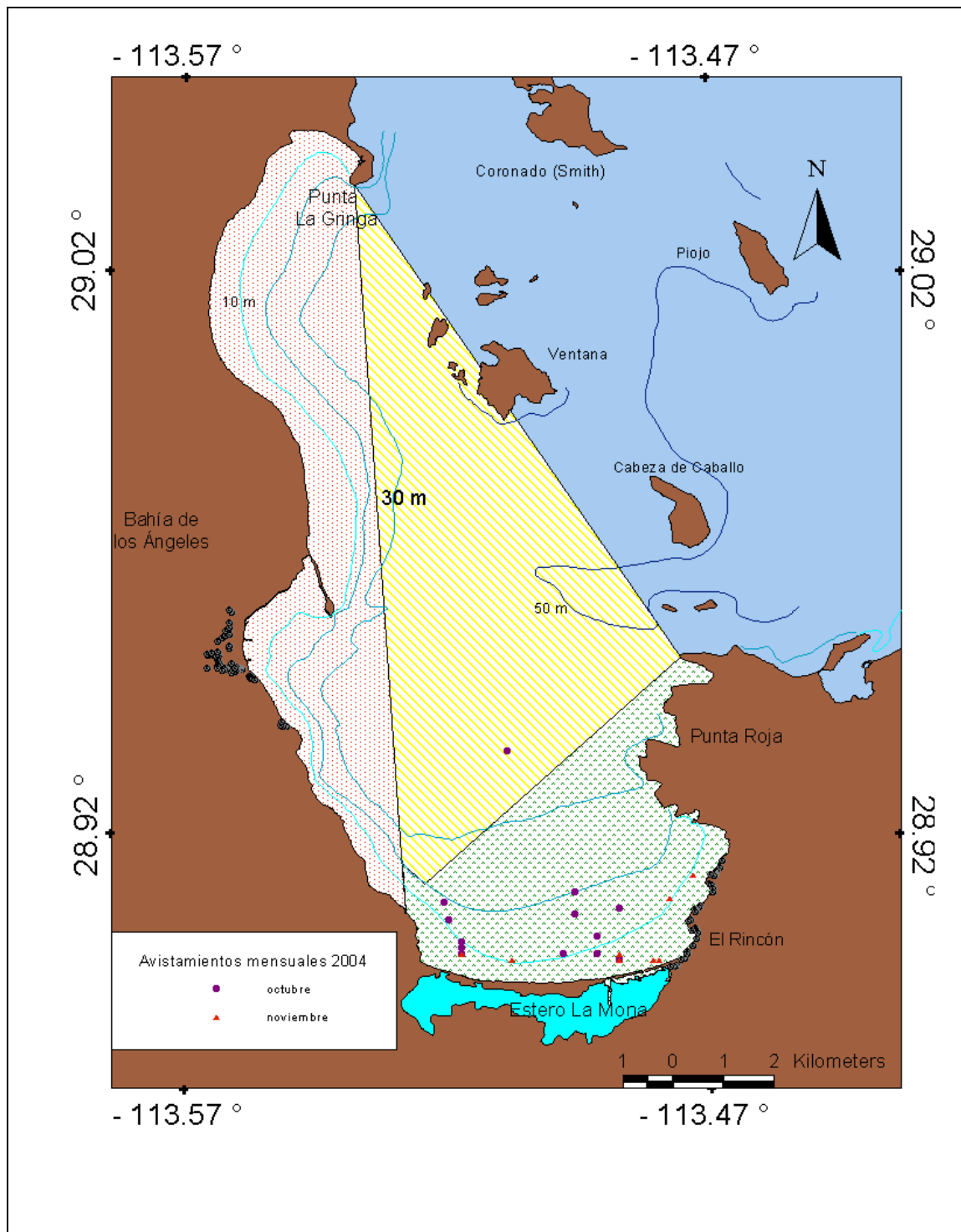


Figura 5. Distribución espacial de los avistamientos en la temporada 2004.

En general se observó que de las 7:00 a las 10:00 a.m. se dieron el 33.3% de los avistamientos, de las 10:00 a.m. a la 1:00 p.m. se dio el 43.33% y de la 1:00 a las 3:00 p.m. el 23.33% de todos los avistamientos de esta temporada de muestreo. El avistamiento más temprano reportado fue a las 7:24 a.m. y el más tarde a las 2:42 p.m. El promedio de avistamientos se dio alrededor de las 10:40 a.m.

Filopatría

De los 19 tiburones identificados en la temporada 2004, seis habían sido identificados en la temporada 2003, aproximadamente el 30%. La información sobre estos avistamientos recurrentes se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Tiburones ballena identificados en la temporada 2004 que ya habían sido identificados en temporadas anteriores

Identificación	Fecha avistamiento 2004	Avistamientos en previas temporadas	Comentarios
0710203BA06	Oct/16	OCT/O7/2003	Macho de 5 a 6 metros
02102003BA02	Oct/16	OCT/02/2003	Macho de 7 a 8 metros
07102003BA05	OCT/16	OCT/07/2003	Hembra de 7 metros. Le falta la aleta pectoral izquierda
20102003BA14	OCT/16	OCT/20/2003	Macho de 6 metros.
16102003BA11	OCT/17	OCT/16/2003	Macho 6 a 7 metros
21102003BA15	OCT/17	OCT/21/2003	Hembra de 4 metros

DISCUSION

Abundancia absoluta

Varios investigadores del tiburón ballena han coincidido en señalar que la identificación visual y por medio de fotografías es un método viable para realizar estudios poblacionales y patrones migratorios (Graham y Roberts, 2007; Holmberg, et al., 2009). Los patrones distintivos de las líneas y manchas de su cuerpo particularmente de sus costados pueden ser distinguidos visualmente e incluso por medio de algoritmos computacionales diseñados con ese propósito específico (Holmberg, et al., 2009). Los pocos estudios poblacional de largo plazo y amplia escala para tiburón ballena sean realizado gracias a esta herramienta (Holmberg et al., 2008; Holmberg et al., 2009).

Considerando lo anterior y retomando los estudios previos de fotoidentificación realizados en Bahía de los Ángeles, esta tesis utilizó la identificación visual directa y la foto identificación para estimar el tamaño de las agregaciones de tiburón ballena en la temporada 2004 (octubre y noviembre) en Bahía de los Ángeles. Se recurrió para ello al método de Jolly-Seber para poblaciones abiertas.

Los resultados del ejercicio arrojan una estimación de abundancia máxima de 20 tiburones justo antes del 23 de octubre, esta cifra coincide

cercanamente con el número total de tiburones distintos identificados en la temporada que fue 19 tiburones.

La estimación de abundancia máxima obtenida en esta tesis (20 tiburones) está dentro del intervalo de 4 a 22 tiburones estimados previamente en las temporadas 2001-2003. Esta estimación coincide también con el estudio de Nelson (2004) quien reporta haber identificado 19 tiburones distintos en 1999.

Es importante volver a señalar aquí que lo que se está estimando no es el tamaño de la población biológica de *R. typus*, más bien es un subconjunto muy particular de esta población, definido como los tiburones que están adentro de la bahía en un momento determinado y que son sujetos de avistamiento. Solamente se incluyen en esta “población” aquellos tiburones cuyo patrón de comportamiento los lleva a permanecer parte del día cerca de la superficie donde pueden ser observados desde embarcaciones menores. Se desconoce si todos los tiburones que utilizan la bahía como hábitat presentan este comportamiento. Si hay tiburones dentro de la bahía que no se acercan a la superficie estos no pueden ser vistos ni identificados y por lo tanto no pueden ser considerados en las estimaciones; consecuentemente estas estarán sesgadas hacia abajo. Por lo tanto las estimaciones obtenidas en esta tesis deben ser interpretadas como el mínimo número de tiburones dentro de la bahía en un momento dado.

En la última campaña de muestreo, 29 y 30 de noviembre no se observaron tiburones a pesar de que el esfuerzo fue muy cercano al realizado en las campañas anteriores, lo que sugiere que la temporada 2004 terminó a finales de noviembre y principios mes de diciembre. Se refuerza la evidencia de los estudios anteriores que señalan que a finales noviembre terminan las condiciones favorables para los tiburones ballena, por lo que salen de la bahía. Se especula aquí que el descenso en la temperatura del agua pudiera ser el factor condicionante.

Abundancia relativa y distribución espacial

Octubre resultó ser el mes con un promedio más alto del índice de abundancia relativa. Así mismo el índice de abundancia más alto obtenido para un recorrido individual (2.5 avistamientos por hora) se dio a mediados de octubre coincidiendo con las estimaciones de máxima abundancia absoluta.

La mayoría (96.67%) de los avistamientos se dieron en la zona 1, lo que refuerza la evidencia que los tiburones ballena tienen preferencia por esta parte de bahía que utilizan presumiblemente para alimentarse. Por lo tanto una de las recomendaciones que surgen de esta tesis es que esta zona se le debe dar una protección especial en el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera.

Filopatría

El análisis de las fotografías de los tiburones identificados en la temporada 2004 y las temporadas previas refuerzan la evidencia de que los tiburones ballena que se agregan en Bahía de los Ángeles presentan al menos filopatría de alimentación (filopatría débil). Hueter y Heupel (2004) utilizan el término filopatría de alimentación para describir el comportamiento en la cual algunas especies de tiburones regresan a ciertas áreas después de algún periodo de tiempo para alimentarse. Este puede ser el caso del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles ya que se presume, por lo expuesto anteriormente, que estos se agregan en la bahía principalmente con este propósito.

Un caso particularmente interesante que surgió durante esta investigación y que puede presentarse como una prueba concluyente de la tendencia de algunos tiburones a regresar a la bahía es el del tiburón RT07102003. Una hembra de aproximadamente siete metros de longitud total a la cual le hace falta la aleta pectoral izquierda (Figura 6). Este individuo que fue identificado por primera vez el siete de octubre de 2003 fue observado nuevamente el 16 de octubre de 2004 y posteriormente reportado en cuatro ocasiones más durante el 2004.

Nuestros resultados son consistentes con el estudio realizado por Ramirez-Macías y colaboradores (2007), quienes con base en un análisis de DNA mitocondrial realizado tiburones del Golfo de California reportan evidencia

de filopatría de los tiburones ballena en el Golfo de California. Incluso sugiriendo la posibilidad de que se trate de filopatría natal (fuerte).



Figura 6. Fotografía del tiburón RT071022003 tomada el 16 de octubre del 2004, mostrando la ausencia casi completa de la aleta pectoral izquierda. Este tiburón fue observado en repetidas ocasiones tanto en la temporada 2003 como en la 2004.

La existencia de afinidad a Bahía de los Ángeles por parte de algunos tiburones ballena tiene importantes implicaciones para manejo ambiental de la región. Refuerza los argumentos que se han venido señalando respecto de la importancia de la bahía como hábitat temporal, muy probablemente de alimentación. Aporta información importante para el diseño de las políticas de conservación, particularmente la zonificación, del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Bahía de los Ángeles Canales de Ballenas y de Salsipuedes.

CONCLUSIONES

- En este estudio el empleo de identificación visual y fotográfica resultó ser un método viable para realizar estudios poblacionales en *R. typus*.
- La estimación de abundancia máxima fue de 20 tiburones justo antes del 23 de octubre.
- El índice de abundancia relativa (tiburones avistados por hora de búsqueda) fue de 0.63 avistamientos por hora de búsqueda.
- Octubre resultó ser el mes con el promedio mayor de abundancia relativa siendo éste de 1.20.
- El 96.67% de los avistamientos en la temporada 2004 se dieron dentro de la zona 1.
- Se encontró evidencia de comportamiento filopátrico.

LITERATURA CITADA

- Álvarez Borrego, S. 2008. Oceanografía de la región de las grandes islas. En: Gustavo D. Danemann y Exequiel Ezcurra (Eds.). Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad Línea base 2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Pronatura Noroeste A.C., San Diego Natural History Museum, Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). 45-65 Pp.
- Amador-Buenrostro, A., Serrano-Guzmán, S. J. y Argote-Espinoza, M. L. 1991. Modelo numérico de la circulación inducida por el viento en Bahía de los Ángeles, BC, México. *Ciencias. Marinas*. 17(3): 39–57.
- Ávila-Moreno, B. 2005. Una contribución al conocimiento de la biología, comportamiento y hábitat de las congregaciones de tiburón ballena *Rhincodon typus* (Smith, 1828) de Bahía de los Ángeles, Baja California, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, BC, 58 pp
- Cárdenas-Torres, N. 2007. Valoración económica de la actividad recreativa con tiburón ballena y su relación con la calidad del hábitat en Bahía de los Ángeles, Baja California” Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, Baja California, México. 54 pp
- Cárdenas-Torres, N., Enríquez-Andrade, R. y Rodríguez-Dowdell, N. 2007. Community-based Management through ecotourism in Bahia de los Angeles, Mexico. *Fisheries Research* 84:114-118.
- CITES 2002 Inclusion of the whale shark (*Rhincodon typus*) in Appendix II of CITES. Proponents: India and the Philippines. Prop 12.35, disponible en www.cites.org/eng/cop/12/prop/E12-P35.pdf. Consultado Diciembre, 2001.
- Clark, E. y Nelson, D.R. 1997. Young whale sharks, *Rhincodon typus*, feeding on a copepod bloom near La Paz, Mexico. *Environmental Biology of Fishes*. Vol 50(1): 63-73.
- Colman, J.G. 1997a. A review of the biology and ecology of the whale shark. *Journal of Fish Biology* 51, 1219-1234.
- Colman, J. 1997b. Whale Shark Interaction Management, with particular reference to Ningaloo Marine Park 1997–2007. Western Australian

Wildlife Management Program, Department of Conservation and Land Management, 63 pp.

- Compagno, L.J.V. 2002. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 1. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO, Rome. 269 pp.
- De la Parra Venegas, R., Hueter, R., González Cano, J., Tyminski, J., Gregorio Remolina, 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. doi:10.1371/journal.pone.0018994
- Delgadillo-Hinojosa, F. 1992. Productividad ORGÁNICA Primaria y su Relación con las Variables Ambientales de Bahía de los Ángeles, B.C. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, 59 p.
- Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 2007. Decreto del 5 de Junio. Declara Área Natural Protegida, con la categoría de Reserva de la Biosfera, la zona marina conocida como Bahía de los Ángeles, canales de Ballenas y de Salsipuedes, comprendiendo la zona federal marítimo terrestre correspondiente a la porción de la costa oriental de la península de Baja California, ubicada frente al Municipio de Ensenada, en el Estado de Baja California, México, D.F.
- Eckert, S.A. y Stewart, B. S. 2001. Telemetry and satellite tracking of whale sharks, *Rhincodon typus*, in the Sea of Cortez, Mexico, and the North Pacific Ocean. Environmental Biology Fishes. 60: 299-308.
- Enríquez-Andrade, R. R. e Iñiguez-Hernández, L. 2004. Informe final del estudio técnico del PRODERS denominado "monitoreo de tiburón ballena en Bahía de los "Ángeles, B.C. un enfoque participativo", Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C..
- Enríquez-Andrade, R. R., Rodríguez-Dowdell, N., Zavala-González, A., Cárdenas-Torres, N., Vázquez-Haikin, A. y Godínez-Reyes C. 2003. Conservación y Aprovechamiento Sustentable del Tiburón Ballena a través del Ecoturismo en Bahía de los Ángeles, BC (Informe Técnico). UABC- Dirección Regional en Baja California del APFF Islas del Golfo de California, 100 pp. + anexos.

- García-García, B. M. 2002. Relación entre la biomasa zoopláctica y los avistamientos de tiburón ballena (*Rhincodon typus*; Smith, 1828) en Bahía de los Ángeles, B.C. México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, BC, 50 pp.
- Graham, R. y Roberts, C. 2007. Assessing the size, growth rate and structure of a seasonal population of whale sharks (*Rhincodon typus* Smith 1828) using conventional tagging and photo identification. *Fisheries Research* 84:71–80
- Hacohen-Domene, A. Galvan-Magana, F y Ketchum-Meija J. 2006. Abundance of whale shark (*Rhincodon typus*) preferred prey species in the southern Gulf of California, Mexico. *Cybiium*. Vol 30(4): 99-102.
- Heyman, W. D., Graham, R. T., Kierfye, B. y Johannes, R. E. 2001. Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize. *Marine Ecology Progress Series*, 215: 275-282.
- Holmberg J, Norman B, Arzoumanian Z. 2008. Robust, comparable population metrics through collaborative photomonitoring of whale sharks *Rhincodon typus*. *Ecol Appl* 18:222–233
- Holmberg, J., Norman, B. y Arzoumanian, Z. 2009. Estimating population size, structure, and residency time for whale sharks *Rhincodon typus* through collaborative photo-identification. *Endangered Species Research*, (7) 39-53.
- Hueter, R. E. y Heupel, M. R. 2004. Evidence of Philopatry in Sharks and Implications for the Management of Shark Fisheries. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, Vol. 35: 239–247.
- Iñiguez Hernández, L. 2004 Análisis de distribución y tamaño de las congregaciones de tiburón ballena *Rhincodon typus* durante la temporada 2003 en Bahía de los Ángeles, B.C. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, BC, 81 pp
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) 2011. Red List of Threatened Species. Disponible en: www.iucnredlist.org/. Consultado en Agosto de 2011)
- Jolly, G. M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration Stochastic model. *Biometrika* 52 225-247.

- Jorgensen S.J. et al. 2010. Philopatry and migration of Pacific white sharks. Proc. R. Soc. B 7. vol. 277 no. 1682 679-688
- Krebs, J. C. 1999. Ecological methodology. 2nd ed. Benjamín Cummings Pub., California, USA. 620 pp.
- Kukuyev, E. I. 1996. The New Finds in Recently Born Individuals of the Whale Shark *Rhincodon typus* (Rhiniodontidae) in the Atlantic Ocean. Journal of Ichthyology, 36(2):203-205.
- Mayorga-Martínez, M. 2011. Patrones en los movimientos horizontales y verticales del tiburón ballena y su relación a variables oceanográficas. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California. 65 pp.
- Mayr, E. 1963. Animal Species and Evolution. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 797 p.
- Nelson JD. 2004. Distribution and foraging ecology by whale sharks (*Rhincodon typus*) within Bahía de los Angeles, Baja California Norte, Mexico. Master of Science Thesis. University of San Diego, San Diego, California, 118 pp.
- Nelson, J. D. y Eckert, S. A. 2000. Local habitat distribution and utilization of whale shark (*Rhincodon typus*) within Bahía de los Angeles, B.C.N., Mexico. *American Elasmobranch Society Annual Meeting*. Appendix 2. Abstracts and Notes: AES Whale Shark Symposium.
- Nelson, J. D. y Eckert, S. A. 2007. Foraging ecology of whale sharks (*Rhincodon typus*) within Bahía de los Angeles, Baja California Norte, México. Fisheries Research 84 (2007) 47-64.
- Nelson, J. D. 2004. Distribution and foraging ecology by whale sharks (*Rhincodon typus*) within Bahía de los Angeles, Baja California Norte, México. Master of Science Thesis. University of San Diego, San Diego, California, 118 pp.
- Rezzolla, D. T. y Storai. 2010. "Whale Shark Expedition": Observations on *Rhincodon typus* from Arta Bay, Gulf of Tadjoura, Djibouti Republic, Southern Red Sea. *Cybium*, 34(2): 195-206.
- Ramírez-Macías, D. Vázquez-Juárez, R. Galván-Magaña, F. Munguía-Vega, A. 2007. Variations of the mitochondrial control region sequence in whale

sharks (*Rhincodon typus*) from the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research: 84 (1),: 87-95

- Rodríguez- Dowdell, N., Enríquez-Andrade, R., y Cárdenas-Torres, N. 2008. Tiburón ballena. En: Gustavo D. Danemann y Exequiel Ezcurra (Eds.). Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad Línea base 2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Pronatura Noroeste A.C., San Diego Natural History Museum, Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). 364-384 Pp.
- Rodríguez- Dowdell, N., Enríquez-Andrade, R., y Cárdenas-Torres N. 2007. Property Rights-based Management: whale shark ecoturismo in Bahía de los Angeles, Mexico. Fisheries Research 84 (2007) 119-127.
- Santos del Prado-Gasca, K., Rodríguez-Dowdell, N., Godínez-Reyes, C., Cárdenas-Torres, N., Pérez, J., Zavala-González, A., Enríquez-Andrade, R. R., Camacho, A., Miller, P., y Carrillo, L., Editores. 2005. 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. Mexico, D.F.: SEMARNAT, CONANP, UABC, CBSG, APFFIGC.
- Seber, G. A. F. 1965. A note on the multiple recapture census. Biometrika 52: 249-259.
- Secretaría del medio ambiente recursos naturales, 2008. Norma Mexicana NMX-AA-142-SCFI-2008, que Establece Especificaciones Y Lineamientos Para El Desarrollo De Actividades De Aprovechamiento Sustentable (Buceo, Nado y Observación) Con Tiburón Ballena *Rhincodon Typus*, Relativas a Su Protección, Manejo y La Conservación de su hábitat. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 1 de octubre de 2008.
- Smith, A. 1828. Descriptions of new, or imperfectly known objects of the animal kingdom, found in the south of Africa. South African Commercial Advertiser. 3(145): 2.
- Taylor, G. 1994. Whale Sharks: The Giants of Ningaloo Reef. Angus & Robertson, New York, 176 pp.
- Wolfson, F. H. y Di Sciara, G. N. 1987. The whale shark, *Rhincodon typus* Smith, 1828, off Baja California, Mexico (Chondrichthyes: Rhinodontidae). Mem. V Simposium de Biología Marina. Universidad. Autónoma de Baja California Sur, 103-8.