



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE
MADUREZ DEL TIBURÓN MARTILLO, *Sphyrna zygaena*
DEL OCÉANO PACÍFICO DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO

P R E S E N T A

PRISMA NAVA NAVA



DIRECTOR DE TESIS:
Dr. J. FERNANDO MÁRQUEZ FARÍAS
2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Hoja de Datos del Jurado.

1. Datos del alumno
Nava
Nava
Prisma
55 85 64 99 42
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
301319339
2. Datos del tutor
Dr.
Juan Fernando
Márquez
Farías
3. Datos del sinodal 1
M en C
Patricia
Fuentes
Mata
4. Datos del sinodal 2
M en C
Ignacio Andrés
Morales
Salas
5. Datos del sinodal 3
M en C
María Estela
Pérez
Cruz
6. Datos del sinodal 4
Biól
Luis Vicente
González
Ania
7. Datos del trabajo escrito
Determinación de la proporción de madurez del tiburón martillo,
Sphyrna zygaena del Océano Pacífico de México
64 p
2010

**En memoria de mis padres
Mireya y Enrique,
los ángeles que me guían y cuidan
en los momentos más difíciles.**

AGRADECIMIENTOS

La vida esta llena de tantas cosas buenas, pero también de malos momentos que dejan un sabor amargo y una profunda tristeza; pero afortunadamente siempre hay personas que brindan su amistad sincera y más aún fortalecen el espíritu cuando más se necesita.

Le agradezco tanto a la vida el haberme dado a los mejores padres del mundo, pues a pesar de no encontrarse en estos momentos conmigo llevo grabados en la memoria todos aquellos consejos y sabias enseñanzas que me dejaron antes de su partida, y más aún conservo intactos todos aquellos recuerdos que llenan de tanta felicidad los momentos más tristes. Todos los días los llevo en mi pensamiento y más aún en el corazón por que son dos grandes ejemplos a seguir, pero sobre todo son dos grandes pilares que forjaron mi vida, confiaron y creyeron en mí. Sin ustedes y todo el apoyo que me brindan día a día, no hubiera podido llegar hasta este momento importante, ya que a pesar de no tenerlos físicamente siguen conmigo; por que son dos grandes ángeles que me cuidan y guían en los momentos más difíciles que he pasado, y también me han dado la fortaleza necesaria para seguir adelante. Los amo tanto, siempre los voy a llevar en mi mente y en mi corazón; gracias por hacer de mí la persona que soy.

Desde que nuestros padres partieron mi hermana Evelyn se convirtió en mi segunda mamá y papá; muchas gracias hermana por aguantar mis berrinches y días de mal humor; pero sobre todo por preocuparte tanto por mí y estar pendiente de mi salud, alimentación, de los días en que llegaba tarde. Sin ti no hubiera podido culminar la carrera y más aún, la tesis; en verdad muchas gracias por quedarte a mi lado y soportarme, pero sobre todo por tener esa gran fortaleza y seguir adelante a pesar de ya no tener a nuestros padres, eres un gran ejemplo a seguir. Te quiero mucho hermana “precupona”, me has apoyado tanto, has creído y confiado en mí; éste es el resultado de aquellos dolores de cabeza que te pude haber ocasionado.....GRACIAS!!!!!!!

A mi hermano Elias el apoyo tan grande que me ha brindado, muchas gracias hermano, pues a pesar de estar a miles de kilómetros lejos de nosotros siempre nos has apoyado y dado muchos ánimos para seguir adelante a pesar de todo. Te quiero mucho hermano y no sabes cómo me gustaría que en estos momentos estuvieras conmigo, espero que pronto nos podamos ver; sé que te alegra tanto el saber que he terminado por fin la tesis, no te imaginas cómo me sirvieron aquellas pequeñas pláticas que tuvimos, ya que me ayudaron a creer y confiar en mí.

Gracias hermana Ivonne por ser la regañona de la casa y preocuparte por las cosas que hago; el hecho de cuestionar mis actos, siempre me hacen pensar más de una vez lo que voy a hacer; muchas gracias por apoyarme, confiar y creer en mí. Los consejos que me has dado me han servido de mucho, aunque creas en la mayoría de las ocasiones que tomo a la ligera todo lo que me dices, en verdad lo he analizado y pensado detenidamente. Te quiero hermana, muchas gracias por todo.

A pesar de las pequeñas diferencias que hemos tenido últimamente, te agradezco tanto hermano Henry por darme consejos y platicar conmigo en momentos realmente difíciles

para mí, no sabes cómo me han hecho reflexionar sobre mis actos. Y aunque lo dudes, te quiero mucho, gracias por todo; pues igual que nuestros hermanos has confiado y creído en mí y éste es el resultado de todo eso.

Después de los malos momentos que se viven, la vida recompensa con algo tan valioso e incomparable; le agradezco realmente a mi pequeño sobrino Juanito darnos tanta felicidad y llenar nuestros corazones de alegría. Gracias a ti mostrito volví a sonreír, te amo tanto pequeño porque llegaste a iluminar los momentos más oscuros de mi vida, pero sobre todo la llenaste de fe y esperanza cuando más lo necesitaba. No sabes cómo me encanta pelear contigo, pero también mimarte y golpearte de vez en cuando, te quiero mucho mi niño, formas parte importante en mi vida y gracias a ti he podido sobresalir y llegar hasta este momento.

Gracias a mi pequeña sobrina Lupita por aquellos momentos buenos que he pasado con ella. Eres otra gran recompensa que la vida me ha dado y me alegra tanto que te encuentres a nuestro lado y llenes de felicidad nuestra vida, te quiero mucho mi niña; gracias por llenar mi vida de un nuevo sabor y color.

A mis cuñados Memo y Emilio por estar a lado de las mejores personas del mundo, esas dos mujeres que han sabido sobrellevar la situación por difícil que ha sido. Gracias a ellos he podido creer en mí, ya que en innumerables ocasiones me han dado consejos y muchos ánimos para seguir adelante; pero sobre todo me han sabido dar buenos consejos, a veces creo que toman el rol de papá. Los quiero mucho cuñados y les agradezco mucho el apoyo que me han dado a lo largo de este camino, que aunque ha sido difícil he podido seguir en él.

Gracias a mi cuñada Nata por las tardes de risas que hemos pasado juntas y los ánimos que me ha dado; los cuales me han servido tanto en los días sombríos que he pasado. Gracias Nata por todo y finalmente te puedo decir que ya está la tesis terminada; pues me acuerdo que siempre que te veía me preguntabas por ella.

La vida y el destino me han dado la felicidad más grande e incomparable que jamás hubiera esperado y más aún imaginado; te agradezco tanto Osvaldo por llegar a mi vida en los momentos más grises, ya que la has iluminado y llenado de color; pero sobre todo me has llenado de tanta fe, esperanza y muchas ganas de seguir adelante a pesar de todo. Eres la mejor persona que me pude haber encontrado, ya que has estado conmigo en los buenos y en los malos momentos, has soportado mis cambios de humor y siempre me has dado el apoyo que necesito, pero sobre todo comprensión y muchos ánimos. Te amo tanto hermoso, gracias por estar a mi lado.

A mi familia paterna el apoyo que me han dado en innumerables ocasiones; pero sobre todo, gracias por preocuparse por mí.

Le agradezco tanto a mi querida y gran amiga Lupita todo el apoyo que me ha dado y por estar a mi lado en todos los momentos buenos y malos, te quiero mucho amiga porque a pesar de todo lo que hemos pasado sigues siendo mi mejor amiga y confidente. Tú y tu familia me han hecho pasar muy buenos momentos y cada que los visito me siento como en casa, muchas gracias familia López Jiménez por acogerme con tanto cariño.

Mi querida amiga Elizabeth, muchas gracias por hacerme pasar tantos momentos agradables; eres mi compañera de batalla, porque has estado conmigo desde que empezamos la carrera y más aún hemos emprendido y realizado tantos planes juntas. Recuerda, juntas hasta el final. Te quiero mucho amiga, muchas gracias por todo el apoyo que me has dado y darme ánimos cuando más lo necesitaba. Formas parte importante en mi vida junto con el pequeño André.

A mis grandes amigos que conocí durante la carrera, muchas gracias por todo el apoyo mi querido Jorge, Diana, Fany, Eder, Toño, Bety, Alejandro. Los quiero tanto amigos por alentarme a seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mi asesor Fernando Márquez por todo el apoyo que me brinda, pero sobre todo a perseverar y sacar adelante este trabajo; gracias Fer por preocuparte tanto por mí y por que la tesis saliera bien. Al fin quedó lista.

A los miembros que conforman mi jurado, muchas gracias por todo Paty. Estela, gracias por las porras que me echaste y la buena vibra que me transmitiste. Mi querido Nachito, mil gracias por los ánimos, consejos y los momentos tan buenos que pasamos trabajando en el acuario; en verdad muchas gracias por preocuparte por mí y más aún por que terminara la tesis, pero ya por fin está terminada Nachito. En especial quiero agradecer a Luis Vicente toda la ayuda y el tiempo que me brindó en el desarrollo de éste trabajo; en verdad muchas gracias Luis por tenerme paciencia y ayudarme en todo momento.

A Alejandro Liedo por apoyarme tanto y tenerme toda la paciencia del mundo, mil gracias Alex por el apoyo, el tiempo y los conocimientos que me brindaste.

A la familia Reséndiz Berumen por acogerme con cariño y hacerme inmediatamente miembro de la familia.

A David Corro del CRIP-Mazatlán, del Instituto Nacional de la Pesca por proveer el material para realizar este trabajo.

A la Universidad por abrirme sus puertas y más aún a la Facultad por formarme durante estos años.

A aquellas personas que no mencioné pero que forman parte de mi vida y me han dado cosas tan buenas, muchas gracias.

ÍNDICE

Págs.

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	10
2. ANTECEDENTES	14
2.1. Aprovechamiento del tiburón	15
2.2. Conservación y gestión de las pesquerías de tiburón.....	17
2.3. Reproducción.....	19
2.4. Indicadores de la madurez sexual	21
2.5. Determinación de la edad en las pesquerías	24
2.6. Estudios realizados del Tiburón Martillo.....	24
2.7. Posición Taxonómica del tiburón martillo (<i>Sphyrna zygaena</i>).....	26
2.7.1. Descripción de la especie	26
2.7.2. Dentición.....	28
2.7.3. Color.....	28
2.7.4. Aspectos biológicos.....	28
2.7.5. Distribución	29
2.7.6. Reproducción.....	30
2.7.7. Talla.....	30
2.7.8. Alimentación	30
2.7.9. Importancia económica.....	30
3. JUSTIFICACIÓN	31
4. HIPÓTESIS	32
5. OBJETIVOS	33
6. ÁREA DE ESTUDIO	33
6.1. División oceanográfica del Pacífico Mexicano	33
6.1.1. Pacífico Tropical Mexicano.....	34
6.1.2. Costa Occidental de Baja California.....	35
6.1.3. Golfo de California.....	36
6.2. División biogeográfica del Pacífico Mexicano	37
7. MATERIALES Y METODOS	38
7.1. Muestreo biológico.....	38
7.2. Relación peso-longitud	39
7.3. Distribución temporal	39
7.4. Aspectos reproductivos.....	39
7.4.1. Proporción de madurez.....	40
8. RESULTADOS	41
8.1. Estructura de tallas por madurez.....	41
8.2. Relación peso-longitud	43
8.3. Distribución temporal	43
8.4. Proporción de madurez	47
9. DISCUSIÓN	51
9.1. Estructura de tallas por madurez.....	51
9.2. Distribución temporal	53
9.3. Proporción de madurez	53
9.3.1. machos.....	53
9.3.2. hembras.....	54
10. CONCLUSIONES	58
11. ANEXO	60
12. BIBLIOGRAFÍA	62

RESUMEN

Los tiburones se encuentran distribuidos en todos los océanos del mundo; se conocen entre 357 y 478 especies a nivel mundial. Las características biológicas que poseen son muy peculiares; pues presentan una fecundidad baja, periodos largos de gestación, ritmo de crecimiento lento, compleja estructura espacial por tamaños y segregación por sexos. Los tiburones desempeñan un papel ecológico importante en los océanos, ya que son por excelencia los depredadores tope de las cadenas tróficas marinas. A lo largo del tiempo estos organismos han sido de gran interés para los seres humanos y su captura ha tenido una larga y variada historia; han sido explotados en alta proporción a nivel mundial en los últimos años, lo cual ha reducido drásticamente las poblaciones de algunas especies. La estimación de la talla de madurez sexual es uno de los parámetros básicos para describir la estructura de la población y su dinámica; sobre todo es muy importante para las pesquerías, pues permite conocer y de cierta manera establecer tallas mínimas de captura. En el presente trabajo se establecieron tallas de primera madurez para machos y hembras del tiburón martillo, *Sphyrna zygaena* capturados en la Zona Económica Exclusiva del Océano Pacífico de México por embarcaciones palangreras, así como también de la captura artesanal del Golfo de California durante el periodo de 1996 a 2000. Se capturaron un total de 1070 tiburones (477 hembras y 593 machos). Los datos de las longitudes totales (LT) se agruparon en tablas de frecuencia y posteriormente se construyeron histogramas de frecuencias para ambos sexos combinados, encontrando que el intervalo de talla modal fue de 175 a 185 cm LT. Posteriormente se construyeron histogramas para cada sexo incluyendo el estadio de madurez de los organismos capturados, encontrándose que se capturaron organismos juveniles en mayor número. Asimismo se realizaron gráficas para observar la distribución de hembras y machos y de sus respectivos estadios de madurez a lo largo de las cuatro estaciones del año; solamente se trabajó con datos de los años 1998 y 1999 debido a que en los demás años no se reportó la estacionalidad de las observaciones; se encontró que en el verano se registró la mayor captura de organismos (35.4%). También se determinó la proporción de madurez a una longitud dada (PmL) para cada sexo utilizando la función logística $PmL = 1/(1 + \exp(-(L - L_{50\%})/z))$; en donde la estimación

de los parámetros ($L_{50\%}$, z) y sus respectivos intervalos de confianza; así como el intervalo de confianza de la curva ajustada se estimaron por medio de una regresión binomial utilizando el programa Minitab 15.0; se encontró que los machos presentan una talla de primera madurez de 193.0 cm LT y las hembras a los 201.8 cm LT. Estos resultados muestran que los machos maduran a una talla más pequeña que las hembras a pesar de presentar la misma condición sexual.

1. INTRODUCCIÓN

Los tiburones se encuentran ampliamente distribuidos en todos los océanos del mundo, se les puede encontrar a distintas profundidades que van desde la plataforma continental hasta la zona abisal e incluso en hábitats estuarinos (Simpfendorfer and Heupel, 2004). Este grupo de especies se caracterizan por poseer un esqueleto formado por cartilago que es ligero y flexible; y en la piel presentan escamas placoides que le confieren gran resistencia a la misma. En la actualidad se conocen entre 357 y 478 especies que se encuentran descritas en 8 órdenes, 30 familias y 100 géneros a nivel mundial (Compagno, 1988). Para México se han reportado 100 especies que se distribuyen en ambos litorales y de éstas 80 se han documentado científicamente (Applegate *et al.*, 1994).

La pesca de tiburones en nuestro país es una actividad que tradicionalmente se ha venido practicando desde el tiempo de los Aztecas y los Olmecas (Applegate *et al.*, 1979). De hecho, los primeros informes con los que se cuenta de esta pesquería en México datan de finales del siglo antepasado (1890-1900); durante estos años se realizaron las primeras exportaciones de aletas de tiburón de La Paz, Baja California Sur, hacia el mercado oriental; la pesca dirigida al consumo humano era muy reducida. En los años 30' s la pesquería de tiburones se hizo muy notoria, se inició en los puertos de Guaymas y Mazatlán. Para junio de 1939 se realiza la primera exportación de hígados de tiburón desde Guaymas a los Ángeles (Hernández, 1971).

Antes de 1937, la captura de tiburones era incidental y era poco el uso que se le daba a los productos derivados de ellos, de hecho, se llegaron a considerar muy poco útiles y solamente se capturaban pequeños volúmenes; de los cuales se fileteaba una proporción baja y las aletas eran las que generalmente se utilizaban para la elaboración de sopas.

En la zona del noreste de México, en 1942 se exportaron un total de 1087 toneladas de hígado de tiburón a los Estados Unidos, ya que era un producto altamente demandado por el aporte significativo como fuente natural de vitamina "A" durante la Segunda Guerra Mundial; a partir de tal demanda de hígados, varios dueños de las distintas

industrias mexicanas establecieron las primeras plantas procesadoras de productos derivados de tiburón; principalmente en Guaymas, Mazatlán y San Blas. Como consecuencia de tal demanda de hígados, la pesca de tiburón llegó a su máximo en esta época, registrándose para 1944 la primera cifra récord en captura de tiburones en México, con un total de 4833 toneladas; posteriormente en 1949 disminuyó esta pesquería y dichas plantas procesadoras se fueron a la quiebra debido a que se empezó a fabricar la vitamina “A” a un menor precio (Hernández, 1971).

Como consecuencia de la caída abrupta del mercado de hígado de tiburón, la captura de este recurso pesquero disminuyó en gran medida en 1950, pero se recuperó en 1958 cuando nuevamente el hígado volvió a ser objeto de aprovechamiento; pero ahora para la producción de aceites con alto contenido de vitamina “A” destinados a elaborar alimentos balanceados para aves y ganado, y también para elaborar cápsulas para el consumo humano.

A partir de los años 60’ s comenzó un nuevo incremento en las capturas de tiburón, que resultó como consecuencia de la gran demanda de aletas y otros productos derivados de los tiburones a nivel mundial. Durante estas capturas la participación de las cooperativas de producción pesquera (sector social) aceleraron el desarrollo de dicha actividad; lo cual se vio perfectamente reflejado en el crecimiento decidido de la pesquería artesanal más grande del mundo (Hernández, 1971).

Para los 70’ s, el volumen de producción se incrementó en aproximadamente 15000 toneladas y en 1981 alcanzó la primera captura record anual con 36290 toneladas (Castillo y Márquez, 1993).

Las capturas de tiburones que se han realizado en los últimos años han venido en aumento; para 1990 México ocupó el quinto lugar de la producción pesquera nacional con el 2.5% del total. Hasta octubre del 2000 la producción pesquera registrada en México fue de 1,145, 461 toneladas, de las cuales el 60% corresponde a “tiburón” y el 40% a “cazón” (SAGARPA, 2001).

Sin duda alguna, en la actualidad, la pesca de tiburones es una actividad realmente importante del sector pesquero, pues genera un número considerablemente alto de

empleos en las fases de captura, manejo, distribución y comercialización de los productos y subproductos obtenidos. El 90% de la producción total es destinada al consumo humano, ya que aparte de ser una carne de bajo costo es una buena opción como fuente natural de proteína animal (Bonfil, 1994). La demanda de los subproductos obtenidos ha ido variando a lo largo del tiempo, ya que por ejemplo, el aceite del hígado se ha usado como lubricante en equipos de alta precisión, aparte de la extracción de vitamina “A”; también se ha utilizado en gran medida en la industria farmacéutica y en investigaciones médicas debido a sus propiedades anticoagulantes. De hecho, la característica esencial de los tiburones es que se pueden aprovechar todas sus partes, como son la carne, las aletas, la piel, el hígado, los dientes y los desechos.

En la pesquería de tiburones se usan embarcaciones menores, de mediana altura y de altura; las embarcaciones menores operan a lo largo de los dos litorales marinos y contribuyen con el 40% de la producción nacional; la de mediana altura se lleva a cabo en las aguas costeras y oceánicas de ambos litorales y la de altura opera tanto en aguas costeras como en aguas oceánicas dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del Océano Pacífico; estos dos últimos tipos de embarcaciones contribuyen con el 60% de la producción nacional. Para este tipo de capturas se utilizan principalmente redes de enmalle y palangres; pero generalmente varían dependiendo de las técnicas que se usen, de la autonomía y del tamaño (CONAPESCA-INP, 2004).

La pesquería es sostenida principalmente por los tiburones, ya que de las más de 200 especies que se distribuyen en las aguas de jurisdicción federal; son 50 especies las que se presentan con mayor frecuencia en la producción nacional; dentro de éstas, son 12 las que se capturan con gran frecuencia en ambos litorales, pertenecientes a las familias *Alopiidae*, *Carcharhinidae*, *Squatinae*, *Sphyrnidae* y *Triakidae* (CONAPESCA-INP, 2004).

Del total de la producción nacional de tiburones, aproximadamente el 60% corresponde a grandes tiburones y el 40% a especies pequeñas y juveniles, agrupadas en la categoría estadística de “cazón” (CONAPESCA-INP, 2004). El litoral más importante es el Pacífico, ya que se ha estimado una contribución a la producción nacional del 62% aproximadamente, el resto corresponde al Golfo de México y Mar Caribe (Bonfil, 1997). La pesquería de tiburones para el 2008 ocupó a nivel nacional el décimo cuarto

lugar; pescándose 18725 toneladas con un valor de captura de \$199, 935,000 pesos; en el Pacífico Mexicano se pescaron 16760 toneladas y para el Golfo de México y Mar Caribe 1964 toneladas (SAGARPA, 2008).

Las características biológicas que poseen los tiburones son muy particulares, pues presentan una fecundidad baja (de 4 a 30 embriones) y periodos largos de gestación (de uno a dos años), lo cual hace que su potencial de reproducción sea bajo; además tienen un ritmo de crecimiento lento (10 años en promedio) y una alta longevidad, esto hace que sus tasas de crecimiento poblacional sean bajas; también presentan una compleja estructura espacial por tamaños y segregación por sexos y una estrecha relación stock-reclutamiento (Pratt y Casey, 1990; Bonfil, 1994; Bonfil, 1997; Bonfil *et al.*, 1993). Las especies de tiburones para las que se han desarrollado y verificado estimaciones de edad y crecimiento presentan una estrategia de vida “K” muy marcada, similar a la de los mamíferos marinos. Estas estrategias de vida “K” son adecuadas y exitosas en un medio donde los depredadores principales son los tiburones muy grandes. Por otra parte, este tipo de estrategia “K” hace que las poblaciones sean muy sensibles a periodos prolongados de explotación, pues combinada con la tendencia de muchas especies de tiburones a agruparse, hacen a las poblaciones muy sensibles al agotamiento por pesca (Hoenig y Gruber, 1990; Castillo, 1992). Por lo cual es importante que se consideren todas estas características particulares de su ciclo de vida para mejorar el conocimiento de las poblaciones y lo vulnerables que se encuentran ante la alta explotación que como recurso pesquero se les ha venido dando.

Los conocimientos que se han obtenido por medio de diversos estudios relacionados con las tallas y edades de madurez de diferentes especies de tiburones han sido elementos de gran utilidad en la biología pesquera, pues por medio de éstos se pueden calcular parámetros poblacionales, como son la edad de madurez, longevidad y tasa de mortalidad (Ricker, 1995; Gulland, 1983; Sparre y Venema, 1992; Anislado, 1995); lo cual resulta en una información muy valiosa para desarrollar diversos modelos que ayuden a un mejor manejo sustentable de este recurso.

Asimismo, la estimación de las tasas de crecimiento y el cálculo de las edades de los organismos que son capturados resultan muy importantes para entender la dinámica y situación de una población (Powers, 1983; Anislado, 1995). También se puede asociar tanto el crecimiento como la longevidad a las tasas de mortalidad.

2. ANTECEDENTES

Los tiburones desempeñan un papel ecológico importante en los océanos, ya que son por excelencia los carnívoros que ocupan los niveles superiores de alimentación de todas las redes tróficas marinas; además de que tienen una amplia distribución geográfica, su importancia se centra en los desplazamientos transoceánicos realizados; así como en las migraciones estacionales que realizan en busca de presas o relacionadas con las actividades reproductivas, como apareamiento y alumbramiento (Castillo, 1992).

Se conoce poco sobre el papel que desempeñan los tiburones dentro del ecosistema marino, la mayoría de las especies son depredadores oportunistas que ocupan los niveles superiores de las cadenas alimenticias (depredadores tope), que actúan como reguladores de la densidad de las poblaciones de cefalópodos, peces, crustáceos y mamíferos marinos (Castillo, 1992). Por lo cual son una pieza importante dentro de este ecosistema; y al reducir drásticamente las poblaciones de tiburones como se ha venido haciendo en los últimos años, se está generando poco a poco un desequilibrio ecológico; ya que el número de presas podría estar aumentando.

Estos organismos a lo largo del tiempo han sido de gran interés para los seres humanos y su captura ha tenido una larga y variada historia; este tipo de pesquerías es comúnmente reducida e inconstante en comparación a las pesquerías de peces óseos de interés comercial, pues tienden a durar poco, pero son o han sido muy importantes en algunas regiones como Noruega, Europa y Australia meridional (Compagno *et al.*, 2006).

La frontera más reciente para las pesquerías es la región profunda del mar, lejos de los bordes de la plataforma continental y en torno a las islas oceánicas, donde existe una muy notable diversidad de especies de tiburones adaptadas a las bandas de profundidad relativamente estrechas y a un ambiente muy estable de baja energía. Estas especies tienden a crecer y reproducirse aún más lentamente que las especies de las aguas costeras u oceánicas, lo cual las hace más vulnerables al agotamiento por la sobrepesca; pero lo que están provocando estas pesquerías es la explotación de especies

desconocidas y muchas veces sin identificar, y también podrían estar llevando a la extinción a especies que nunca han sido descritas (Compagno *et al.*, 2006).

En los últimos años las pesquerías recreativas de tiburones han tomado una importancia económica creciente; ya que los pescadores valoran mucho a estos organismos como blanco recreativo debido a que las poblaciones de otros peces se han ido reduciendo considerablemente; la pesca recreativa de tiburones podría proporcionar una fuente importante de ingresos económicos a las comunidades pesqueras superiores a las pesquerías industriales. Uno de los grandes beneficios de este tipo de pesca deportiva para el ecosistema marino es que se puede basar en la captura y puesta en libertad de los organismos siempre y cuando se encuentren en buenas condiciones para regresar al mar (Compagno *et al.*, 2006).

2.1. Aprovechamiento del tiburón

De los tiburones se pueden aprovechar todas sus partes tales como la carne, la cual ha sido un alimento importante durante miles de años, tiene un valor nutritivo y alimenticio similar a la de un pez óseo; pero debido a que se descompone muy rápido se tiene que congelar o también se puede desecar o ahumar. En muchas ocasiones la carne tiene un sabor desagradable debido a que existen niveles elevados de urea en la sangre y en la carne, la cual es necesaria para la osmorregulación y si no se trata adecuadamente y se almacena tras su captura toma este característico sabor; esto se debe a la acción de enzimas producidas por las bacterias, que convierten la urea en amoníaco después de la muerte del tiburón. Otra cosa que se puede aprovechar son las aletas, las cuales han sido uno de los alimentos de origen marino muy valioso durante los últimos años; éstas son comercializadas principalmente para preparar sopas de aleta, aunque también se pueden encontrar desecadas, semipreparadas (sin piel), preparadas (sin piel y con las fibras cartilagosas separadas), congeladas e incluso enlatadas. En cuanto al uso que se le da al aceite que se extrae del hígado, se emplea por ejemplo en la impermeabilización de barcos, para el alumbrado y para toda una gran variedad de fines médicos, también se ha utilizado en la industria cosmética; y el hígado como tal se ha usado en la elaboración de productos farmacéuticos debido a la gran riqueza tanto de vitamina “A” como “D”, pero igualmente se utiliza en la industria textil y de curtidos, así como también en la elaboración de lubricantes muy resistentes al calor y la fricción. La piel es un cuero muy resistente y de alta calidad que se usa en la peletería para la elaboración de cinturones,

bolsas, zapatos, carteras, portafolios. Los desechos que no son utilizados, como el cartílago son principalmente destinados para la producción de harina de pescado que se usa como abono, para el forraje del ganado e incluso en su forma refinada para el consumo humano (Compagno *et al.*, 2006).

En general, las poblaciones de elasmobranchios han sido explotadas en muchos sitios a nivel mundial, en algunos casos como fauna de acompañamiento y en otros como especie objetivo, en las pesquerías que se han extendido de una forma rápida e intensiva se han observado reducciones drásticas de las poblaciones en periodos relativamente cortos y consecuentemente se alteran gravemente las tasas de renovación de la población e incluso en muchas ocasiones se requiere de décadas para que estas poblaciones recuperen más o menos sus niveles originales (Pratt y Casey, 1990).

Desde hace mucho tiempo México ha sido una de las regiones principales de explotación de este recurso (Bonfil, 1994), pues es uno de los cinco países donde se captura un mayor número de tiburones (FAO, 2001). En 1997 se registró una disminución considerable en la captura, debido, entre otros factores a fenómenos climáticos como “El Niño”, el cual es la componente oceánica del ENSO (El Niño Southern Oscillation) y se define como el calentamiento de la superficie del Océano Pacífico central y oriental; este aumento de las temperaturas superficiales es muy determinante para la distribución y abundancia de los tiburones (Tovar, 2000). En este fenómeno climático lo que sucede es que aumenta la contracorriente ecuatorial con la cual se intensifica la lengua de agua cálida que viaja hacia el norte a lo largo de las costas de América (Obeso-Nieblas, 2002). Esto a su vez influye en la salinidad de las aguas cambiando las condiciones ambientales del Pacífico Oriental Tropical; con esto se incrementa el transporte de agua cálida pobre en nutrientes proveniente del Pacífico Central que hunde la capa de mezcla y coincide con periodos bajos de producción primaria y secundaria en la Corriente de California debido a que los procesos de surgencias se interrumpen (De la Lanza, 1991).

Este fenómeno de El Niño no solamente afecta el clima de una región, sino que además produce una marcada alteración en el ecosistema marino, con efectos directos en los recursos que se ven reflejados en sus procesos fisiológicos con los consiguientes cambios de densidad poblacional y biomasa (Coayla, 1999). En consecuencia estos cambios afectan los volúmenes de producción primaria y por supuesto las poblaciones

de peces (Trigueros, 2002). Estas comunidades son afectadas por el cambio climático y la falta de alimento, lo cual provoca la disminución de las poblaciones debido a bajos reclutamientos (Lenarz *et al.*, 1995). Los eventos que se dan en El Niño se han asociado con marcadas alteraciones en los patrones de reproducción, abundancia, distribución y desde luego disminución de una gran cantidad de organismos; no obstante cada evento presenta particularidades que modifican su impacto sobre cada ecosistema.

El Golfo de California es una zona de reproducción muy importante para varias de las especies de tiburones tanto costeros como oceánicos, entre los que se encuentran algunas especies de los géneros *Carcharhinus*, *Alopias* y *Sphyrna*; pero a pesar de esta gran importancia todavía no se han logrado establecer las áreas de crianza para los neonatos y esto ha impedido que se puedan conocer más a fondo los ciclos de vida de los tiburones y más aún no se han podido proteger adecuadamente estas importantes áreas que reclutan nuevas generaciones de organismos a las diferentes poblaciones.

2.2. Conservación y gestión de las pesquerías de tiburón

La pesca a nivel mundial afecta a muchas especies de tiburones y a otras las ha eliminado de grandes áreas; hay tiburones que son más resistentes a la pesca gracias a sus estrategias de vida y parámetros poblacionales. A escala de especie, la pesca puede alterar la estructura de tallas y parámetros poblacionales; la pesca también puede afectar a las interacciones tróficas, causando reemplazo de especies y cambios en la composición de las comunidades (Stevens *et al.*, 2000).

La mayoría de las pesquerías de tiburón en el mundo prácticamente no realizan ningún seguimiento ni mucho menos gestión de esta actividad pesquera; la demanda y el valor de los productos derivados de los tiburones está en continuo crecimiento y por supuesto la presión pesquera aumenta cada vez más, dando como resultado que las poblaciones disminuyan drásticamente debido a que las características biológicas que presentan dificultan en gran medida que estas poblaciones de tiburones crezcan suficientemente rápido como para sustituir a los ejemplares capturados. Algunas publicaciones científicas que se han hecho dan a conocer que en pocos años se han observado grandes descensos en poblaciones que anteriormente eran muy grandes; algunas de estas poblaciones han sido agotadas en un 90% por parte de las pesquerías con especies

objetivo o por capturas accidentales, a la vez que descensos de un 70% en las poblaciones ha sido la norma en estos últimos 20 a 30 años (Compagno *et al.*, 2006).

Durante la década pasada, los gobiernos de las Naciones Unidas, las pesquerías y las agencias medioambientales han reconocido que es urgente que se introduzcan programas realmente eficaces para la conservación y gestión de los tiburones, pero desafortunadamente se han conseguido muy pocos progresos al respecto. La falta de iniciativas es el resultado del valor económico tradicionalmente bajo de las pesquerías de tiburones y aunado a esto está la mala imagen pública que se les ha hecho a estos animales; en años pasados, los programas para erradicar a los tiburones disponían de más recursos económicos que los programas de conservación y gestión. Otras amenazas muy grandes para estos organismos son los daños, la pérdida y la alteración de su hábitat debidos principalmente al desarrollo de la costa, la contaminación antropogénica y el impacto provocado por las pesquerías de especies bentónicas y las que constituyen su alimento (Compagno *et al.*, 2006).

Las iniciativas para la conservación de los tiburones que reconocen la importancia y la urgencia de gestionar sus poblaciones comprenden la adopción de un Plan Internacional de Acción para la Gestión y la Conservación de los Tiburones (IPOA-Sharks) bajo la dirección de la FAO en 1999, que exigió a los estados que se dedicaban a la pesca de tiburón a que elaboraran informes sobre evaluaciones y adoptaran planes para su gestión para el 2001. El IPOA-Sharks afecta sobre todo a la plataforma continental dentro de la Zona Económica Exclusiva de los Estados; no abarca las pesquerías de tiburones de alta mar, que están fuera de la jurisdicción de los estados costeros; sin embargo, muchas especies pelágicas están en la lista de la Convención de las Naciones Unidas sobre la ley del Mar (UNCLOS), que se supone ha sido mejorada por el Acuerdo de las Naciones Unidas sobre las Poblaciones de Peces Transzonales y Especies Altamente Migratorias, pero a pesar de que este acuerdo fue ratificado hace varios años no ha sido mejorado. La mayoría de las organizaciones encargadas de la gestión de las pesquerías regionales que se han fundado para gestionar las pesquerías de altamar y las poblaciones de peces compartidas no están haciendo un seguimiento de las capturas y ninguna de ellas gestiona las pesquerías (Compagno *et al.*, 2006).

La naturaleza vulnerable de los tiburones, las pesquerías insostenibles que amenazan cada vez más con llevar a la extinción a ciertas especies y el gran fracaso de las distintas

entidades gestoras pesqueras para afrontar las amenazas a las que están sometidos estos organismos, han dado como resultado que toda una serie de acuerdos sobre la vida silvestre dirijan su interés hacia la conservación de los tiburones. La Convención sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) fue una de las primeras en alarmar sobre las pesquerías insostenibles de tiburones impulsadas por la demanda internacional de aletas de tiburón en 1994 y ha estado presionando para que se mejore la gestión y conservación a través de las resoluciones sobre la conservación y gestión de los tiburones. La Conferencia de los Grupos de CITES (representantes de más de 160 naciones) estuvo completamente de acuerdo en incluir al tiburón ballena *Rhincodon typus* en el Apéndice II en 1999, el tiburón blanco *Carcharodon carcharias* lo fue en los Apéndices I y II en 2002, y el tiburón peregrino *Cetorhinus maximus* también fue incluido en ambos Apéndices en 2005. Esto no quiere decir que se prohíban comercialmente estas especies, sino que en el comercio internacional todos los productos tienen que llevar ciertos permisos que comprueben que la captura de dichos productos no afecta a las poblaciones; con esto se espera que en los próximos años se incluyan más especies dentro de esta lista. El Grupo de Especialistas de Tiburones (SSG) de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) proporciona información importante para las decisiones que se toman en estas convenciones; la SSG realiza revisiones de la situación de amenaza de algunas especies de rayas, quimeras y tiburones para publicarlas en la *Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN*. En el 2003 el 21% de las especies que han sido evaluadas se consideraron amenazadas de extinción (gravemente amenazadas, amenazadas o vulnerables) y el 24% casi amenazadas; otro 24% se calificó con datos incompletos y el resto fue calificado de poca importancia. Las especies que se encuentran con un elevado riesgo de extinción incluyen a los tiburones que habitan las profundidades del mar, también a los que están limitados a las aguas dulces y a los que habitan de forma endémica en las costas; pues todos ellos están expuestos a los elevados niveles de pesca (Compagno *et al.*, 2006).

2.3. Reproducción

El éxito evolutivo que han tenido los tiburones por más de 400 millones de años se debe a las distintas adaptaciones y estrategias reproductivas que parten de la simple oviparidad; la más significativa dentro de estas adaptaciones es la fertilización interna y la producción de un número pequeño de crías desarrolladas completamente y de un

tamaño relativamente grande; lo cual reduce el número de depredadores potenciales y aumenta sus posibilidades de supervivencia (Castro, 1983).

Las estrategias reproductivas de los elasmobranquios se pueden dividir en dos grupos, ovíparos y vivíparos; a su vez, éstos últimos se dividen en placentados y no placentados. La distinción entre ovíparos y vivíparos la hizo por primera vez Aristóteles aproximadamente en el año 343 A. C. (Aristotle, 343 B. C. Thompson translation, 1949); también notó la copulación en los elasmobranquios, la presencia de los claspers en los machos, la oviparidad y la membrana vitelina de la placenta de los vivíparos, la cual la distinguió como una placenta muy parecida a la de los mamíferos.

La oviparidad la presentan tres familias de quimeras, cuatro familias de rayas y 10 familias de tiburones; la viviparidad se encuentra más ampliamente distribuida en 453 especies de las aproximadamente 700 de condriictios conocidas; este tipo de reproducción es particularmente característica de los tiburones con el 69% de las especies (Otake, 1990). De las aproximadamente 159 especies del orden Carcharhiniformes, cerca del 34% son ovíparos; 18% son vivíparos aplacentados (ovovivíparos), y 47% son vivíparos placentados (Compagno, 1988).

Los ovíparos retienen durante un cierto periodo los huevos y después son depositados sobre el sustrato y hasta el momento se desconoce si hay cuidado parental una vez depositados; posteriormente los embriones se alimentan de una provisión de yema que tienen dentro del saco vitelino. La incubación puede durar varios meses dependiendo de la especie. Los elasmobranquios ovíparos son bentónicos, principalmente de hábitat litoral o batial y raramente alcanzan tallas grandes (Tortonese, 1950; Carrier *et al.*, 2004). Cuando eclosionan las crías, presentan tamaños pequeños debido a que la cantidad de nutrientes disponibles en el saco vitelino para su desarrollo embrionario es limitado. La oviparidad solamente se presenta en tres familias de tiburones: *Heterodontidae*, *Scyliorhinidae* y *Orectolobidae* y en una raya de la familia *Rajiformes*.

Los vivíparos retienen a los embriones dentro del útero durante todo el periodo de desarrollo embrionario y éstos nacen completamente desarrollados; los vivíparos se dividen en placentados y aplacentados dependiendo de si la conexión de la placenta está desarrollada entre la madre y la cría (Budker, 1958; Carrier *et al.*, 2004).

Los vivíparos aplacentados no forman una conexión placentaria entre la madre y la cría, anteriormente se les asignaba el nombre de ovovivíparos. Wourms (1977) los dividió en tres grupos funcionales dependiendo de si los embriones (1) dependen solamente de las reservas de la yema, en donde los embriones son retenidos en el útero simplemente para protegerlos, sin recibir ningún nutriente suplementario por parte de la madre durante la gestación, (2) practican la oofagia, los embriones dependen de la yema por un tiempo corto y cuando es consumida la yema empiezan a ingerir a otros huevos en el útero, generalmente quedan sólo unos pocos huevos fertilizados; cuando los embriones alcanzan un tamaño de 10 a 12 cm de longitud, éstos buscan a otros embriones y los matan para alimentarse de ellos, este consumo intrauterino de hermanos es conocido como canibalismo intrauterino o adelofagia y (3) los que son nutridos directamente por una placenta análoga, que simplemente son regiones de epitelio uterino que secreta una “leche uterina” o embriotrofia que es secretada por un largo conducto llamado trofonemata (Carrier *et al.*, 2004). Este modo de nutrición es común en las rayas (Myliobatiformes).

Los embriones de los vivíparos placentados son nutridos por una provisión de yema en el saco vitelino durante las primeras semanas de desarrollo, cuando estos nutrientes se agotan el saco vitelino se elonga y se vuelve altamente vascularizado tocando la pared uterina, los tejidos de la madre y la cría crecen dentro de un íntimo contacto formando el saco vitelino placentario. Una vez que la placenta está formada, los nutrientes pasan directamente al embrión para su desarrollo por medio de la sangre de la madre; en este caso, los embriones tienen una disponibilidad ilimitada de nutrientes para un óptimo desarrollo embrionario, la única limitante que se podría presentar es que la madre no disponga de alimento o que se encuentre enferma (Carrier *et al.*, 2004).

2.4. Indicadores de la madurez sexual

La estimación de la talla a la cual alcanzan la madurez sexual los tiburones es uno de los parámetros básicos usados para describir la estructura de la población y su dinámica; sobre todo es muy importante para las pesquerías, pues permite conocer y de cierta manera establecer tallas mínimas a las cuales se pueden capturar los tiburones; esto con la finalidad de dejar que se recuperen las poblaciones, pues en los últimos años se han extraído grandes cantidades de tiburones en un estadio de desarrollo inmaduro. En

términos generales la talla de madurez puede ser definida de acuerdo a algunos criterios: morfométricos (o alométricos), gonadales (o histológicamente) y funcionales.

Los machos maduros tienen testículos relativamente largos y durante la época de apareamiento llevan los espermatozoides profusos en la parte superior e inferior del epidídimo (Pratt, 1979; Pratt y Carrier, 2005). La abundante producción de espermatozoides es usualmente un indicador de la competencia espermática, que puede ser una faceta de muchos tiburones en sistema de apareamiento (Eberhard, 1998); en los tiburones maduros con sexualidad activa, los paquetes de espermatozoides son acumulados en la ampulla del epidídimo. En cuanto a los claspers, en los tiburones maduros se calcifican, rotan hacia delante y están articulados con la base de la aleta pélvica.

La madurez en las hembras no está ambiguamente definida, pero en la mayor parte de los animales se considera que son maduros cuando los folículos de los ovarios aumentan de tamaño, los ovarios son largos, frecuentemente portan un brillo amarillento y los oocitos vitelogenéticos se encuentran en la superficie; sin embargo esto es arbitrario, subjetivo y probable para proveer resultados irrepetibles. El criterio menos ambiguo que puede ser adoptado para definir la madurez es el relacionado con los niveles de la selección de las hormonas en la sangre, el inicio de la vitelogénesis, el primer apareamiento, el primer almacenamiento de espermatozoides en la glándula oviducal o la primera ovulación (Pratt y Carrier, 2005). En la tabla 1 se encuentran las características de los estados de madurez de los tiburones, la cual fue modificada en 1995 por Mendizábal (Anislado, 2000).

Tabla 1. Características de los estadios de madurez de los tiburones.

Estadio de madurez	hembras	machos
Neonato	-Ovario pequeño, liso e incoloro; con los oviductos delgados y rectos.	-Los claspers son cortos y suaves. -Los testículos son delgados y de forma subcilíndrica, incoloros y no están vascularizados. -Los conductos deferentes son rectos
Juvenil	-Cuando los juveniles son aún pequeños, el ovario presenta muchos folículos sin desarrollar (granulado a simple vista) con un color pálido. La glándula oviducal y el útero no están diferenciados del oviducto. -Cuando se encuentran en una etapa más avanzada, el ovario presenta folículos amarillentos que alcanzan los 5 mm de diámetro. -El útero y la glándula oviducal tienen forma de corazón y se encuentran ya diferenciados.	-Cuando son aún pequeños, los claspers siguen siendo cortos y de consistencia suave. -La vascularización de los testículos apenas empieza y los conductos deferentes siguen siendo rectos. -Cuando se encuentran en una etapa más avanzada, los claspers ya son elongados y rígidos, pues se empiezan a calcificar. -Los testículos ya están desarrollados y los conductos deferentes se observan de forma espiral de color crema y ya hay una vascularización visible.
Adulto	-El útero es largo y flácido, la glándula oviducal es grande y en forma de corazón. -En el ovario ya hay óvulos desarrollados de color amarillento y los óvulos miden de 3 a 5 cm de diámetro.	-Los mixopterigios son elongados y rígidos y totalmente calcificados. -Los testículos son engrosados, los conductos deferentes son de forma espiralada de color crema y la vesícula seminal es turgente con esperma y presenta una alta vascularización. -El saco sifonal contiene semen denso y blanquecino.
Preñada	-Hay presencia de embriones en el útero; si abortaron anteriormente, se encuentran restos de cordón umbilical, de placenta o el útero está flácido y hay desgarres internos, y la cloaca se encuentra altamente vascularizada.	

2.5. Determinación de la edad en las pesquerías

Es importante conocer la edad, las características de crecimiento, los procesos de madurez y la longevidad de las especies capturadas en las pesquerías de tiburones para hacer una evaluación de la situación actual de las poblaciones y de cierta manera predecir cómo es que pueden cambiar con la sobrepesca de los organismos (Ricker, 1995; Cailliet *et al.*, 1986b; Cailliet y Goldman, 2004). En la biología pesquera se tienen que usar los datos de edad, longitud y peso, los cuales son de suma importancia para los modelos poblacionales basados en la edad; especialmente son importantes los detalles acerca de las tasas de crecimiento y mortalidad, edad de madurez y longevidad.

Holden (1974), sugirió que los tiburones poseen historias de vida que los hace vulnerables a la sobrepesca, estas características son: crecimiento lento, edad de madurez tardía, tienen pocas crías y periodos prolongados de gestación; por lo cual se han tratado de implementar las pesquerías dirigidas y sobre todo las de descarte, principalmente cuando se capturan como fauna de acompañamiento de alguna especie objetivo a fin de no afectar considerablemente a la población. Pero más que nada, hacen falta muchos estudios acerca de sus historias de vida, edad, crecimiento y reproducción; ya que hasta el momento los conocimientos que se tienen de estos aspectos tan importantes para las pesquerías son muy pocos y esto ha llevado a la abrupta reducción de muchas poblaciones de las distintas especies de elasmobranquios que existen.

2.6. Estudios realizados del Tiburón Martillo

En México se han venido realizando importantes estudios sobre las capturas de tiburones desde 1967, como los de Kato y Hernández, Castro-Aguirre (1967), Hernández-Carballo (1971), Applegate *et al.* (1979), Castro-Aguirre (1965), Compagno (1984), Branstetter y McEachran (1986), Vélez-Marín *et al.* (1989), Castillo-Géniz (1992), Mendizábal y Oriza (1995), Sierra-Rodríguez (1995), Villavicencio-Garayzar (1996a y 1996b), Villavicencio-Garayzar *et al.* (1994 y 1996), Castillo-Géniz *et al.* (1997), Del Rosario (1998), Ronquillo-Benítez (1999), Torres-Huerta (1999), Cárdena-Cárdenas y Villavicencio Garayzar (2000), Soriano-Velásquez *et al.* (2003), Domínguez-Arellano (2003), Hoyos- Padilla (2003), Sánchez-De ita (2004), Andrade-

González (2005); todos estos estudios han contribuido de una manera muy importante en cuanto a la información biológica y pesquera de las diferentes especies de tiburones en México.

Hasta el momento, los estudios que se han realizado sobre el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* son muy escasos; en particular los referentes a la estimación de la edad y talla de madurez; pues hasta ahora no hay autores que propongan tallas o edades de madurez que se puedan tomar como referencia para los trabajos como el presente o algunos otros que se tengan que desarrollar a pesar de que se ha documentado como un pez que sostiene parte fundamental de las pesquerías del Pacífico Mexicano, especialmente en la costa de Mazatlán, Sinaloa por la cantidad tan alta de organismos capturados (Hernández-Carballo, 1967). Sánchez (1977) hizo un análisis de la pesquería en la zona Seri de Sinaloa y reporta datos en el sentido de que aparentemente hay sobreexplotación del tiburón martillo *S. zygaena*.

Se han realizado investigaciones sobre comportamiento y segregación del tiburón martillo, uno de ellos lo hizo Clarke (1971), que reporta la incidencia de neonatos en áreas específicas de crianza en Hawaii. Para los 80's y principios de los 90's hay una serie de estudios sobre el ciclo de vida y el comportamiento de *Sphyrna lewini*, en la parte sur del Golfo de California; con esto, se empiezan a tomar las medidas necesarias para un manejo sustentable de las pesquerías (Klimley y Brown, 1983; Klimley y Nelson, 1984; Klimley, 1985; Klimley y Blutler, 1988; Klimley *et al.*, 1988; Klimley *et al.*, 1993).

2.7. Posición Taxonómica del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*)

En el presente trabajo se utiliza la posición sistemática propuesta por Compagno en 1984.

Orden: Carcharhiniformes (Compagno, 1973)

Familia: Sphyrnidae (Linnaeus, 1810)

Género: *Sphyrna* (Rafinisque, 1810)

Especie: *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758)

Nombres comunes: pez martillo, tiburón martillo (Español-Uruguay), Cornuda cruz (Español -FAO), Smooth hammerhead (Inglés), Requin-marteau commun (Francés-FAO), Cambeva, cornuda, Caçao martelo (Portugués-Brasil).

2.7.1. Descripción de la especie

La cabeza tiene expansiones laterales por delante de las hendiduras branquiales, las cuales adoptan forma de martillo o hacha; estas expansiones son muy anchas, de 26-29% del largo total (generalmente superiores al 26%), pero longitudinalmente son cortas. Distancia desde la punta del hocico hasta la inserción del margen posterior de las expansiones laterales menores a la mitad del ancho de la cabeza. Margen anterior de la cabeza muy curvado tanto en jóvenes como en adultos, con prominentes escotaduras laterales trilobuladas, pero sin escotadura media. Los márgenes posteriores de las expansiones laterales son amplios, oblicuos y generalmente más anchos que la boca. Surcos prenasales bien desarrollados por delante de las narinas. Distancia preoral aproximadamente 1/5 o menor a 1/3 del ancho de la cabeza. Extremo posterior de los ojos ligeramente por detrás de la sínfisis superior de la boca. Boca moderadamente amplia y curva (Compagno, 1984).

La primera aleta dorsal es alta, estrecha, algo inclinada y de extremo suavemente apuntado; el origen de esta aleta se encuentra sobre la inserción de las pectorales. La segunda aleta dorsal es más baja que la anal, de base apenas menor y ligeramente más retrasada que ésta, con margen posterior apenas cóncavo; margen interno largo,

aproximadamente el doble de su altura y con su extremo posterior por delante del origen de la caudal. Aletas pélvicas pequeñas, bajas y de concavidad poco aparente. Aleta anal ligeramente más larga que la segunda dorsal y algo larga; su base es 4,3 a 5,7% del largo total, con su origen ligeramente por delante del origen de la segunda dorsal y su margen posterior profundamente cóncavo. Con 193 a 206 centros vertebrales (Compagno, 1984) (Figura 1).

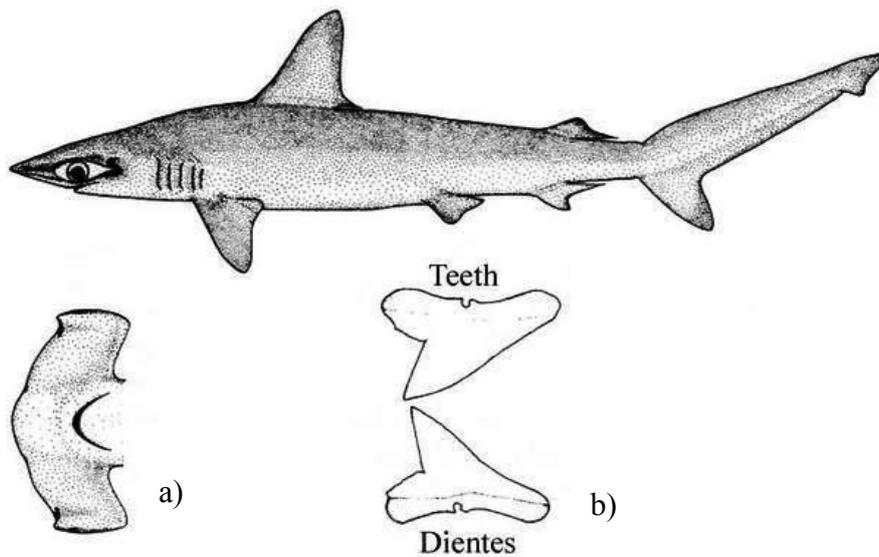


Figura 1. Vista lateral de un ejemplar de *Sphyrna zygaena*. a) Vista ventral de la cabeza. b) Dientes de la mandíbula superior e inferior.

2.7.2. Dentición

Dientes anteriores con cúspides moderadamente largas y muy robustas, con bordes lisos o débilmente aserrados; dientes posteriores mayormente cuspidados, sin quillas y molariformes (Figura 2).



Figura 2. Dentición de *Sphyrna zygaena*.

2.7.3. Color

Superficie dorsal y flancos color verde oliva oscuro o gris oscuro, con manchas oscuras en las aletas pectorales. Superficie ventral blanca (Compagno, 1984).

2.7.4. Aspectos biológicos

Sphyrna zygaena es una especie que se encuentra en aguas superficiales costeras y semioceánicas de la plataforma continental (de 0 a 200 metros al menos) bastante común y abundante; vive cerca de la costa (especialmente los juveniles) y cerca de la superficie en zonas profundas pero no muy alejadas de la costa. Es un nadador potente y gregario que realiza migraciones hacia el norte durante el verano; no presenta un dimorfismo sexual marcado, los juveniles forman frecuentemente cardúmenes de centenares de individuos. Aparentemente es el tiburón martillo con mayor tolerancia a las condiciones térmicas del ambiente, lo que se ve reflejado en su amplia distribución.

2.7.5. Distribución

Se distribuye en aguas templadas frías a tropicales, pero más frecuente en aguas frías a templado cálidas; aparentemente es el tiburón martillo que tiene un rango de tolerancia muy amplio en cuanto a las variaciones térmicas del ambiente. En el Atlántico oeste se distribuye de Nueva Escocia a Florida e Islas Vírgenes; del sur de Brasil al sur de Argentina. En el Atlántico noreste: del Mediterráneo e Islas Británicas hasta Senegal, Islas Cabo Verde, Guinea y Costa de Marfil. En el oeste del Océano Índico: Sudáfrica y sur de Mozambique, India y Sri Lanka. En el Pacífico oeste: de Vietnam (Golfo de Tonkin) hacia el sur de Japón y Siberia; Australia, Nueva Zelanda. En el Pacífico Central: en las Islas Hawaii. En el Pacífico este: desde el norte de California al Golfo de California, Panamá, Islas Galápagos, de Ecuador hasta Chile (Figura 3).

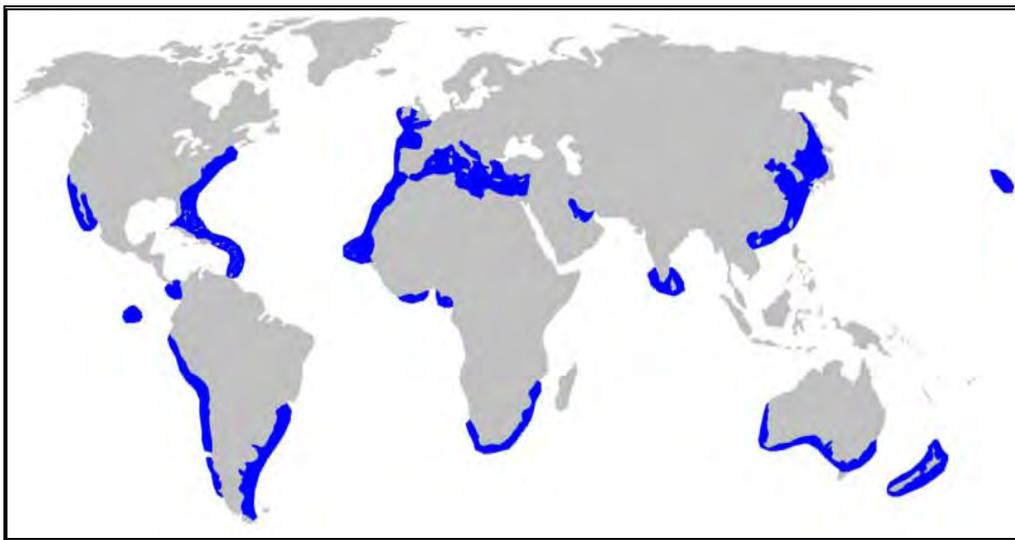


Figura 3. Distribución mundial del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*). Tomado de FAO (1995) (modificado).

2.7.6. Reproducción

Es una especie vivípara placentaria, de cordón umbilical festoneado, con un número de embriones por camada de 29 a 37, el periodo de gestación dura de 10 a 11 meses; los nacimientos se producen a finales de verano y las crías miden entre 50 y 61 cm LT al nacer (Compagno, 1984). La talla de primera madurez en ambos sexos es entre 235-335 cm LT.

2.7.7. Talla

La talla máxima conocida es de 390 cm, los machos maduran sobre los 240 cm LT y las hembras con aproximadamente 260 cm LT (Moreno, 2004).

2.7.8. Alimentación

Preda sobre un amplio espectro de peces óseos, incluyendo arenques y sardinas, meros, sierras y pargos; también sobre pequeños tiburones, rayas y chuchos; cangrejos, camarones, lapas; también calamares y otros cefalópodos (Compagno, 1984). Según este autor tiene marcada preferencia por las especies cartilaginosas, siendo un activo predador de los peces que encuentra atrapados en las redes de las distintas artes de pesca.

2.7.9. Importancia económica

EL tiburón martillo, *S. zygaena*, es una especie común en las pesquerías con palangre, su carne es utilizada fresca, salada y posiblemente ahumada para consumo humano. Su piel se utiliza en marroquinería. También son utilizadas sus aletas, se extrae aceite de su hígado y los desechos son utilizados en la elaboración de harinas (Compagno, 1984). En general, su aprovechamiento depende en algunas ocasiones de la región.

3. JUSTIFICACIÓN

Los tiburones juegan un papel importante en los ecosistemas marinos como depredadores tope de la cadena trófica; no obstante, las poblaciones de éstos han venido en decremento en los últimos años debido esencialmente a la sobrepesca y a la captura dirigida e incidental de neonatos y hembras grávidas, lo cual representa un impacto negativo en la población. Otros aspectos que también amenazan a las poblaciones de tiburones son la disminución en las poblaciones de sus presas y la pérdida de hábitat, como resultado principalmente de la contaminación y el desarrollo costero.

Los tiburones poseen características biológicas particulares que los hacen vulnerables a la sobrepesca, las cuales incluyen lento crecimiento, una fecundidad y productividad relativamente baja (camadas pequeñas y poco frecuentes), largos periodos de gestación, madurez a edades tardías. De tal modo que es importante con base en investigaciones sobre la biología, reproducción, comportamiento, ecología y pesquería se identifiquen parámetros para proteger a dicho recurso. Entre las iniciativas más comunes para el manejo y ordenamiento de las pesquerías están los periodos de veda, límites de captura en áreas geográficas específicas, como son las áreas de reproducción y crianza.

El conocer la proporción de madurez de los individuos de una población permite delinear estrategias de manejo pesquero que garanticen el aprovechamiento responsable del recurso. La talla de primera madurez o aquella en la que la mitad de la población ha madurado ($L_{50\%}$) es frecuentemente utilizada como un punto de referencia para el establecimiento de tallas de primera captura garantizando con esto que las hembras de la población se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturadas.

Desafortunadamente en México son pocas las líneas de investigación pesquera dirigidas hacia los tiburones; la poca información que se tiene hasta el momento es principalmente sobre estrategias de vida, biología reproductiva y dinámica poblacional solamente para algunas de las especies de interés comercial para las pesquerías. La razón principal radica en la dificultad de recopilar datos para la mayoría de las poblaciones de tiburones, en particular de aquellas que se encuentran restringidas a un hábitat de aguas profundas o que son muestreadas solamente en ciertas épocas del año, o en ciertas etapas del ciclo de vida, siendo la mayoría de las investigaciones

dependientes de las actividades pesqueras. Un ejemplo claro de esta situación es *S. zygaena*, una especie de la cual se conoce poco debido a que los registros que se tienen son en gran parte incompletos e insuficientes.

En el presente estudio se dan a conocer las tallas de primera madurez tanto de hembras como de machos de *Sphyrna zygaena*, la cual es una de las especies de interés comercial más importantes del Pacífico Mexicano y de acuerdo a la Lista *Roja de Especies Amenazadas de la IUCN* (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) se encuentra catalogada como una especie “vulnerable” debido a la sobrepesca de los últimos años, pero también por la pesca incidental en las pesquerías de altamar de atún y peces espada.

4. HIPÓTESIS

No existen diferencias significativas de la proporción de madurez en función de la longitud total entre las hembras y los machos del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* del Pacífico de México.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la proporción de madurez en función de la longitud total del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* del Océano Pacífico de México.

Objetivos particulares

- Determinar la estructura de la población en términos de tallas, sexos y estadios de desarrollo de los organismos capturados.
- Determinar las relaciones morfométricas para ambos sexos.
- Determinar la talla de primera madurez ($L_{50\%}$) de machos y hembras.

6. ÁREA DE ESTUDIO

El Pacífico es el océano más grande y profundo, pues cubre más de 166 millones de km² y tiene una profundidad promedio de 4188 m (De la Lanza, 1991); el litoral mexicano en el Océano Pacífico mide 4054 km de longitud. Para fines prácticos el Pacífico Mexicano se ha dividido de varias formas, estas divisiones dependen de cuestiones turísticas, navales, oceanográficas, pesqueras, geomorfológicas y biogeográficas; y aunque algunas de estas divisiones coinciden en los límites, no depende una de la otra (De la Lanza, 1991).

6.1. División oceanográfica del Pacífico Mexicano

Por su oceanografía, el Pacífico Mexicano está dividido en tres regiones, 1) Costa Occidental de Baja California, la cual comprende la costa Occidental de la península de Baja California hasta Cabo San Lucas; 2) Golfo de California, que como su propio nombre lo indica, comprende el Golfo de California y se limita al sur por el polígono formado por Cabo San Lucas y Cabo Corrientes y 3) Pacífico Tropical Mexicano que va de Cabo Corrientes a la frontera con Guatemala (De la Lanza, 1991) (Figura 4).

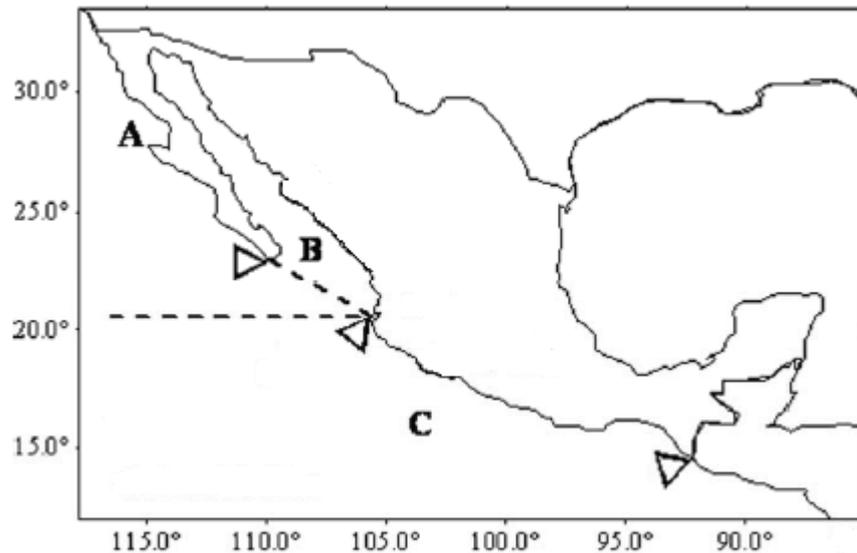


Figura 4. Regiones Oceanográficas del Pacífico Mexicano; las líneas punteadas separan a cada zona oceanográfica: **A)** Costa Occidental de Baja California, **B)** Golfo de California y **C)** Pacífico Tropical.

6.1.1. Pacífico Tropical Mexicano

Su topografía carece de la simetría del Atlántico; además de sus dorsales, una de sus principales características son las grandes trincheras que circunscriben la mayor parte de los límites del océano. Tiene tres rasgos topográficos sobresalientes: la Dorsal del Pacífico Este, la zona de Fractura y la Trincheras Mesoamericana; en cuanto a la plataforma continental, está considerada como la superficie que se extiende desde la línea de costa hasta la isóbata de 200 m, hacia el Sur del paralelo 22° alcanza hasta 70 km de anchura, al Sur tiene una amplitud de 10 a 15 km, con una pendiente menor de 1° a 30°. Estos rasgos son más o menos constantes a lo largo de todo el margen continental, aunque se producen ampliaciones de algunos km en bahías como la de Manzanillo, Petacalco y como una excepción, frente a Punta Maldonado en Oaxaca, donde la plataforma alcanza 21 km (Lugo, 1986).

Presenta un talud continental más o menos uniforme en amplitud (25 a 50 km) y una profundidad de 2500 a 3000 m; presenta laderas escarpadas en especial frente a las costas de Michoacán y Oaxaca; la uniformidad en amplitud se debe principalmente a la presencia de la Trincheras Mesoamericana (De la Lanza, 1991).

De acuerdo a McCoy y Sancetta (1985) se tienen tres tipos de sedimentos superficiales: terrígenos y arcillas pelágicas, fango calcáreo y fango biosilíceo y limo, los cuales están en función de la productividad biológica, efectos químicos, redepositación y actividad biológica del bentos.

La variación anual de la temperatura superficial fluctúa entre 26 y 28 °C (Weare *et al.*, 1981); la intrusión de agua superficial Subtropical propicia cambios anuales de 5 °C o más en el área cercana a Cabo Corrientes, mientras que en Golfo de Tehuantepec oscila entre 3 y 4 °C. La Costa Occidental Tropical de México está dominada por dos grandes corrientes, la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial (ambas pertenecen a la gran circulación local) (De la Lanza, 1991).

En general, el Pacífico Tropical Mexicano es una zona pobre en elementos nutritivos, se aprecia que los nitratos generalmente son indetectables en los primeros 10 m de profundidad; el nitrógeno se ha considerado como nutriente limitante de las aguas oligotróficas de la Costa Occidental Tropical del país.

6.1.2. Costa Occidental de Baja California

La Costa Oeste de Baja California presenta morfoestructuras principales reconocidas para el océano mundial, como son: plataformas y taludes continentales, borde continental, trincheras, cuencas de mar marginal, montañas aisladas, crestas montañosas diversas, arco insular, planicie abisal, borderland, dorsal y fosa rift. Los componentes sedimentarios que conforman la Costa Oeste de Baja California son: arcillas, limos, esqueletos calcáreos y silíceos de foraminíferos, diatomeas y radiolarios respectivamente, arenas costeras de origen terrígeno, en menor proporción, y de erosión de costas por el oleaje en mayor proporción, e importantes depósitos de fosforita (De la Lanza, 1991).

La plataforma continental tiene una amplitud muy irregular y en el extremo Norte de la península de Baja California alcanza unos 20 km de ancho; al Sur del paralelo 33° disminuye a 3 km y se ensancha frente a Ensenada hasta 13 km; hacia el Sur alcanza de 15 a 30 km haciéndose más evidentes estos incrementos en las grandes bahías con máximos de hasta 140 a 150 km de ancho, como sucede en Bahía Sebastián Vizcaíno (De la Lanza, 1991).

En esta costa se presenta la Corriente de California, la Contracorriente Meridional y el gran número de surgencias a lo largo de la costa, las cuales manifiestan fluctuaciones estacionales y espaciales. Frente a la costa Oeste de Baja California, las características de la Corriente de California (de baja salinidad y baja temperatura) predominan en toda la zona, sin embargo, cerca de la costa pueden alterarse debido a surgencias y contraflujos; existe dentro de la región de la Corriente de California un agua cálida de alta salinidad ubicada hacia el Oeste (Pacífico Norte Central) y al Sur en las cercanías con el Golfo de California (De la Lanza, 1991). Los nutrientes en general, se presentan en altas concentraciones en las aguas de fondo y cercanas a la costa, y las más bajas en aguas superficiales alejadas de la costa.

6.1.3. Golfo de California

La plataforma del Golfo de California está sumamente recortada a la altura de Topolobambo, Sinaloa, haciéndose más amplia a lo largo de la costa de Sinaloa y Nayarit (85 km), desapareciendo nuevamente frente a Puerto Vallarta, Jalisco muy cerca de Cabo Corrientes (De la Lanza, 1991).

El gradiente de temperatura media mensual es muy grande y va desde los 9 °C cerca de Cabo Corrientes, hasta 22 °C en la Boca del Río Colorado (Roden y Emilsson, 1980). La temperatura anual presenta un rango de 15 a 30 °C, con un promedio de 19.7 °C y con un rango de variación de la media de 6 °C; la salinidad fluctúa entre 35 y 36 ‰ con un promedio anual de 34.26 ‰ (Cano, 1991 y Pacheco, 1991).

6.2. División biogeográfica del Pacífico Mexicano

El Pacífico Mexicano se divide en cuatro provincias biogeográficas: a) Californiana, del estado de California, EUA y la Costa Oriental de Baja California hasta bahía Magdalena; b) Cortesiana, del centro del Golfo de California a Cabo Corrientes, Jalisco, abarcando también Bahía Magdalena en Baja California Sur; c) Mexicana, del sur de Cabo Corrientes, Jalisco hasta el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca y d) Panámica, del Golfo de Tehuantepec, Oaxaca hasta Guayaquil, Ecuador (Briggs, 1995; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998) (Figura 5).

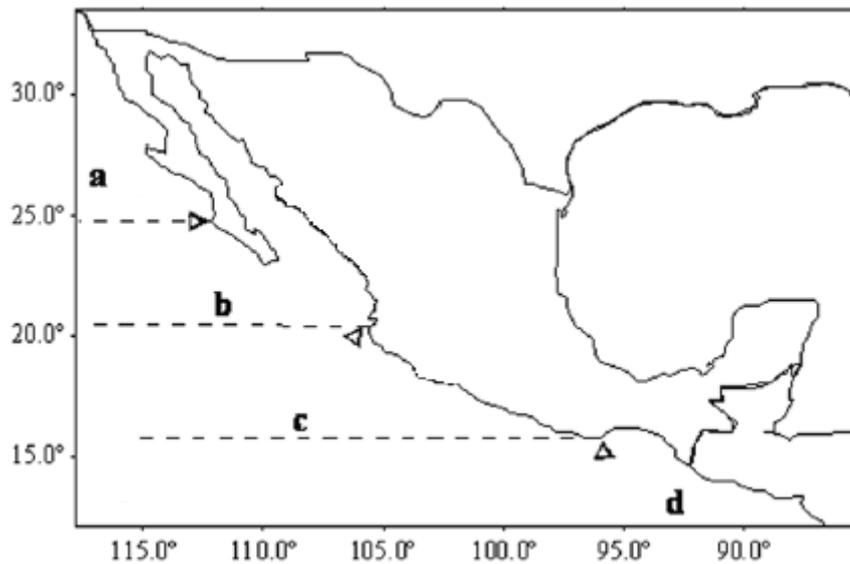


Figura 5. Provincias biogeográficas del Pacífico Mexicano: a) Californiana, b) Cortesiana, c) Mexicana y d) Panámica.

7. MATERIALES Y METODOS

Los datos usados en el presente trabajo sobre el tiburón martillo *S. zygaena*, provienen de registros de observadores del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) a bordo de embarcaciones palangreras que operaron en la Zona Económica Exclusiva del Océano Pacífico de México durante el periodo de 1988-2000. Otros datos complementarios provienen de la captura artesanal de tiburones del Golfo de California durante el periodo de 1997-1999. Por su tamaño, todos los organismos fueron examinados tanto en las embarcaciones como en los lugares de desembarque.

7.1. Muestreo biológico.

Los especímenes se colocaron en posición lateral, se tomaron diferentes medidas morfométricas que incluyeron longitud total (LT) la cual se considera de la punta (parte frontal del organismo) hasta la parte posterior de la aleta caudal, longitud furcal (LF) que se considera de la punta a la unión entre las aletas caudales superior e inferior, y la longitud precaudal (LPC) que va de la punta a la muesca caudal (Figura 6). Todas las medidas fueron tomadas al centímetro más cercano.

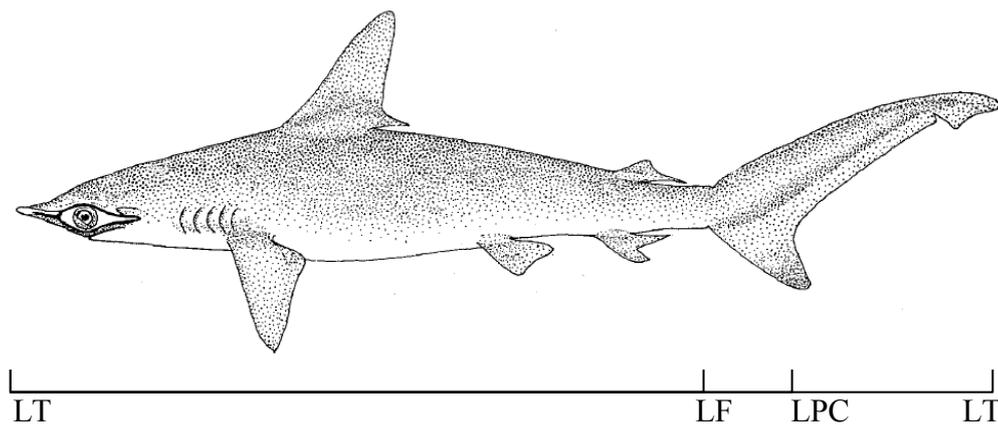


Figura 6. Biometrías básicas del tiburón Martillo (LT= Longitud Total, LF= Longitud Furcal, LPC= Longitud Precaudal).

Los datos de las longitudes totales (LT) se agruparon en tablas de frecuencia y posteriormente se construyeron histogramas tanto para las hembras como para los machos y para ambos sexos combinados, a fin de saber cuál era la talla modal (más recurrente) de captura. Una connotación binaria fue adoptada para hembras (0) y machos (1).

7.2. Relación peso-longitud

Se realizaron análisis morfométricos entre las diferentes longitudes y el peso con la finalidad de determinar las funciones que permitieran la estimación estadística de otras dimensiones. Las relaciones funcionales entre las longitudes fueron lineales expresadas por la ecuación $y = a+bx$, mientras que la relación entre el peso y la longitud fue potencial de la forma $y= a(x)^b$, donde $y=$ peso (kg), $x=$ talla (cm), a y b son parámetros de ajuste.

7.3. Distribución temporal

Se realizaron gráficas para observar la distribución de hembras y machos y de sus respectivos estadios de madurez a lo largo de las cuatro estaciones del año; para la obtención de éstas gráficas solamente se trabajó con datos de los años 1998 y 1999 debido a que en los demás años no se reportó la estacionalidad de las observaciones. Para fines prácticos se agruparon los datos por estaciones del año y se les asignó un número para cada una: invierno (1), primavera (2), verano (3) y otoño (4).

7.4. Aspectos reproductivos

Para asignar la madurez en los machos se consideró el desarrollo del clasper; el cual se midió desde la punta hasta la cloaca por la parte interna. La madurez sexual de los machos se estimó observando el nivel de calcificación del clasper y la capacidad que tenía para rotar hacia la parte frontal; también se realizó un corte trasversal en la zona del epidídimo para verificar la presencia de semen como un auxiliar para la asignación de la madurez. Por último se realizó una gráfica para observar la relación que existe entre la longitud total y la longitud del clasper para machos maduros e inmaduros. Se utilizaron tres fases de madurez para los machos: neonatos (n), juveniles (j) y adultos (a). Para el caso de las hembras, la asignación de la madurez se dio por medio de la

observación de la condición del ovario (presencia de óvulos maduros), el aspecto del útero (tamaño y flacidez), la presencia de embriones y la observación del tamaño de las capsulas uterinas; a las hembras grávidas se les contó el número de embriones por útero y en la medida de lo posible se identificó el sexo de éstos. Para las hembras se utilizaron cinco fases de madurez: neonato (n), juvenil (j), adulto (a), preñez (p) y post-partum (Pp).

7.4.1. Proporción de madurez.

Una vez asignados los estadios de madurez, se prepararon histogramas de frecuencia de organismos inmaduros (0) y maduros (1) para observar la proporción de madurez para cada sexo dividiendo la frecuencia de organismos maduros entre la frecuencia total de organismos por intervalo de clase.

Las mediciones y observaciones de órganos internos sirvieron para identificar el estadio de madurez de hembras y machos, lo cual se resumió adoptando la clave binaria correspondiente (inmaduros=0 y maduros=1). Esta connotación binaria permitió estimar la proporción de madurez a una longitud dada (PmL) para cada sexo. La PmL se obtuvo utilizando la función logística de la siguiente forma:

$$PmL = 1/(1 + \exp(-(L - L_{50\%})/z))$$

donde:

$L_{50\%}$ es la longitud a la cual la mitad de los organismos han madurado, y z es el parámetro de curvatura de la función. La estimación de los parámetros ($L_{50\%}$, z) y sus respectivos intervalos de confianza; así como el intervalo de confianza de la media ajustada se estimaron por medio de una regresión binomial utilizando el programa Minitab 15.0.

8. RESULTADOS

Se examinaron un total de 1070 tiburones de los cuales 1041 tenían información suficiente para el alcance de los objetivos planteados. El año con un mayor número de organismos capturados se registró en 1996 con un total de 692 (65%) organismos, seguido del año 1999 con 238 (22%) y 1998 con 129 (12%), para el año 1995 se capturaron 8 (1%) organismos y por último en el año 2000 tan solo 3 (0%) (Figura 7).

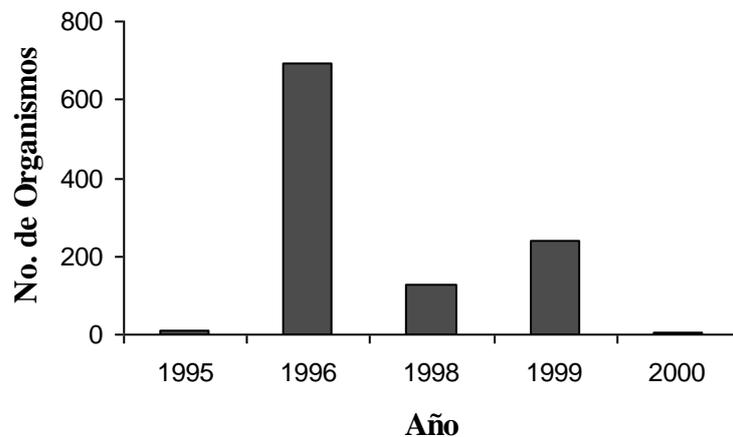


Figura 7. Capturas anuales de *Sphyrna zygaena* durante el periodo 1995-1996 y 1998-2000 en el Pacífico Mexicano.

8.1. Estructura de tallas por madurez

La estructura de tallas observada en este estudio para ambos sexos fue alrededor de 45 a 285 cm de Longitud Total (LT) (promedio=160 cm), se presentaron diferencias en las tallas tanto de las hembras como de los machos. Las hembras presentaron una talla de 46 a 286 cm LT (promedio=163 cm) y los machos de 49 a 278 cm LT (promedio=157 cm); se capturaron un total de 477 hembras y 593 machos, de las cuales 16 hembras no se tomaron en cuenta en este estudio ya que los datos sobre sus longitudes eran incompletos y también presentaron los mismos inconvenientes 13 machos; trabajándose en total con 461 hembras (44%) y 580 machos (56%). La proporción hembras: machos fue 1:1.25. En general se observó que el intervalo de talla más recurrente de captura de *Sphyrna zygaena* para ambos sexos fue de 175 a 185 cm LT (Figura 8).

En cuanto a los estadios de madurez, se observó que tanto para las hembras como para los machos, la mayor captura se dio en organismos inmaduros, principalmente organismos en estadio juvenil. Para las hembras, se encontraron un total de 345 (75%) hembras juveniles seguidas de 59 hembras adultas (13%), 39 en estadio neonato (8%) y en menor cantidad hembras preñadas 18 (4%). Para el caso de los machos, se capturaron 472 organismos juveniles (81%), seguido del estadio adulto con 63 machos (11%) y por último el estadio neonato con 45 organismos (8%).

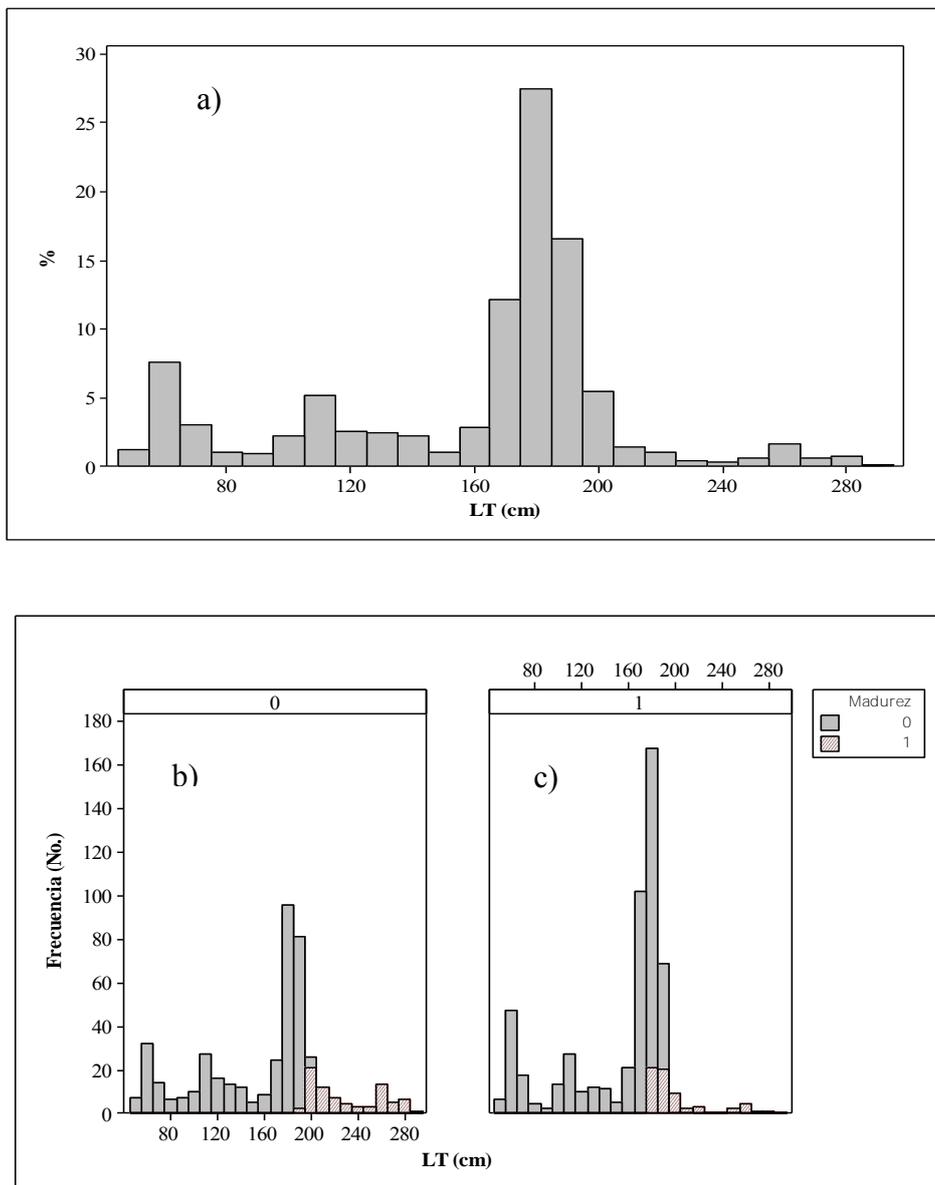


Figura 8. Estructura de tallas de *S. zygaena*: a) ambos sexos, b) hembras, y c) machos.

8.2. Relación peso-longitud

En cuanto a la relación que existe de la longitud total con el peso de los organismos, se observa claramente que mientras aumentan de talla los tiburones van aumentando de peso, esto se da por todos los requerimientos que necesitan en general todos los organismos en sus distintas etapas de crecimiento. En la Figura 9 se observa que los organismos inmaduros, en este caso, neonatos y juveniles con tallas de 45-210 cm LT tienen pesos de menos de 1 kg e incluso pueden alcanzar pesos de 45 kg y obviamente se pueden encontrar organismos adultos con tallas de 255-275 cm LT con pesos de hasta 90 kg.

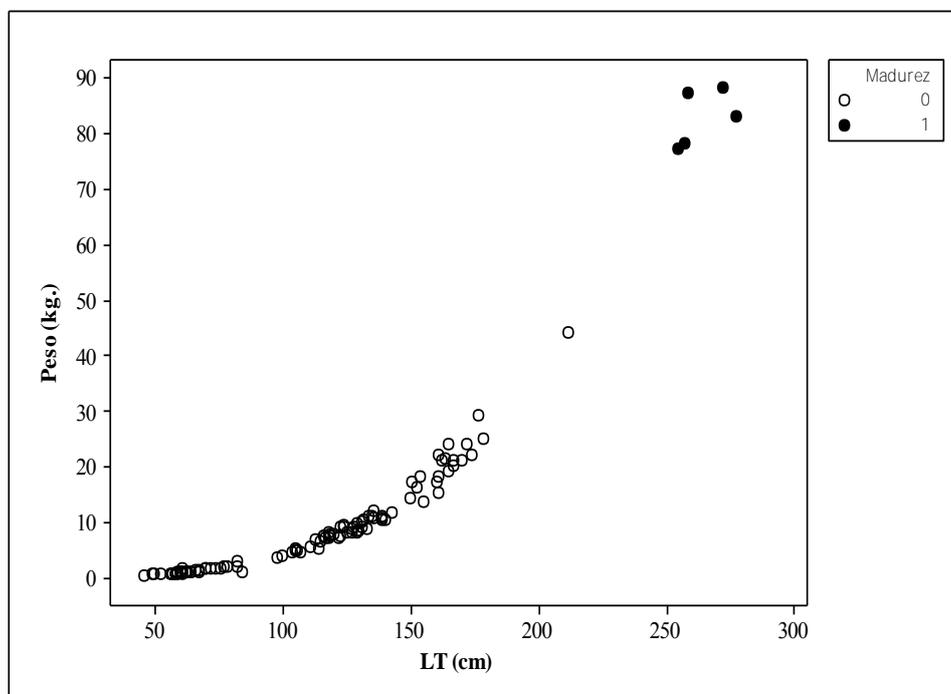


Figura 9. Relación longitud-peso de *S. zygaena* en organismos inmaduros =0 y maduros=1.

8.3. Distribución temporal

Se capturaron un total de 370 organismos durante el periodo comprendido entre 1998 y 1999 con igual número tanto de machos como de hembras (n=185). Para el invierno (1) se capturaron 37 hembras (20%) y la talla más recurrente se encontró entre 105- 145 cm LT, observándose organismos capturados con tallas de 85 y 205 cm LT respectivamente. Para esta misma estación, se capturaron un total de 32 machos (17.3%)

con tallas de 105-115 cm LT; también se observaron organismos con tallas de 135, 145 y 225 cm LT. En primavera (2) se capturaron 49 hembras (26.5%) con tallas de 55-155 cm LT, se observaron algunas hembras con tallas de 255, 265-275 cm LT. Con respecto a los machos, se capturaron un total de 51 organismos (27.6%) con tallas de 47-155 cm LT. Para el verano (3) se tuvieron 69 hembras (37.3%) capturadas con un intervalo de talla de 45-185 cm LT y algunas de ellas con tallas de 255 y 265 cm LT; para esta misma estación se capturaron 62 machos (33.5%) con tallas de 55-275 cm LT y para el otoño (4) se capturaron 30 hembras (16.2%) con tallas de 65-165 cm LT y 40 machos (21.6%) con tallas de 55-163 cm LT (Figura 10). Se observó que el verano es la estación con mayores capturas, 131 tiburones (35.4%), seguido de la primavera con 100 organismos (27%), otoño con 70 (18.9%) e invierno con 69 (18.7%).

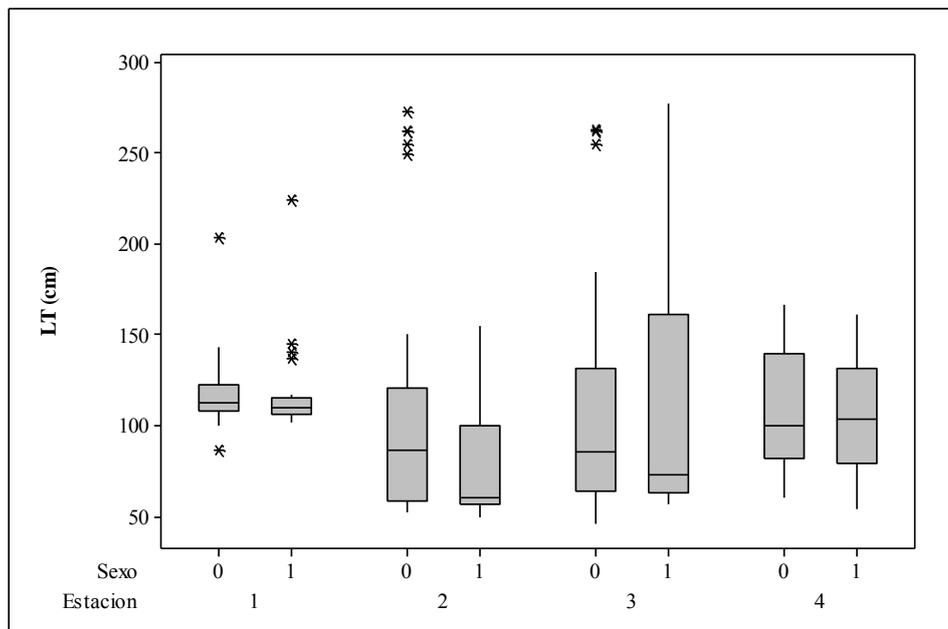


Figura 10. Distribución anual estacional de *S. zygaena* por sexo, hembras=0, machos=1; invierno=1, primavera=2, verano=3 y otoño=4.

A lo largo del año y en general durante las cuatro estaciones del año se capturaron en mayor cantidad organismos juveniles y neonatos (Figura 11). Para el invierno (1) se capturaron 68 organismos juveniles con tallas de 105-148 cm LT, se observó un organismo de 85 cm LT y otro de 205 cm LT y solamente se capturo un organismo adulto con una talla de 225 cm LT. En primavera (2) se capturaron un total de 48 neonatos con tallas de 45-75 cm LT, 47 juveniles con tallas de 95-155 cm LT y se observó uno con una talla de 65 cm LT; se capturaron tres adultos con tallas de 255-265

cm LT y dos hembras preñadas con tallas de 260-275 cm LT. Para el verano (3) se observaron un total de 39 neonatos capturados con tallas de 45-65 cm LT, 84 organismos juveniles con tallas de 60-245 cm LT, 7 adultos con tallas de 255-275 cm LT y una hembra preñada con talla de 265 cm LT. En el otoño (4), se capturó un organismo neonato con una talla de 55 cm LT y 69 juveniles con tallas de 60-165 cm LT (Figura 12).

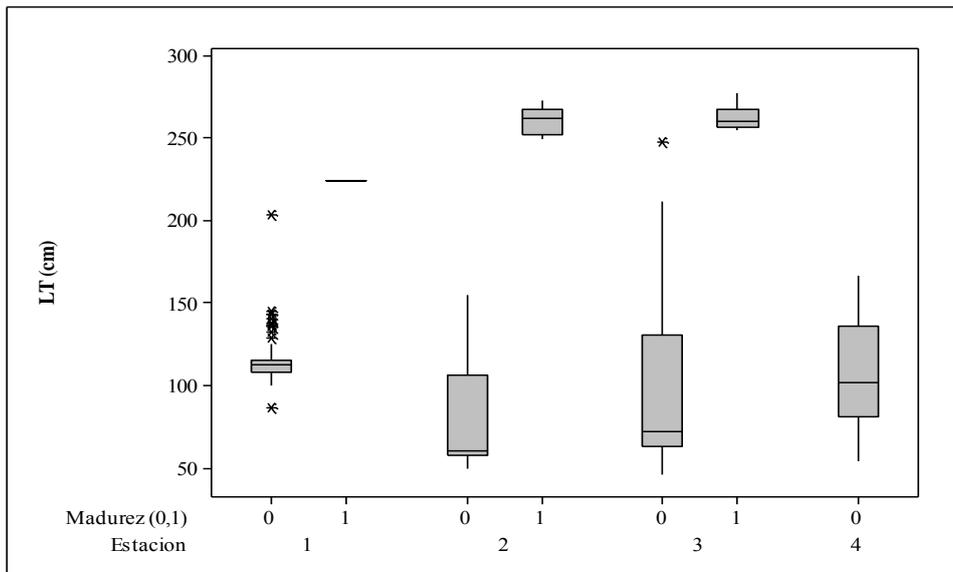


Figura 11. Distribución anual estacional de *S. zygaena* por estadio de madurez, inmaduros=0 y maduros=1 durante las estaciones de invierno=1, primavera=2, verano=3 y otoño=4.

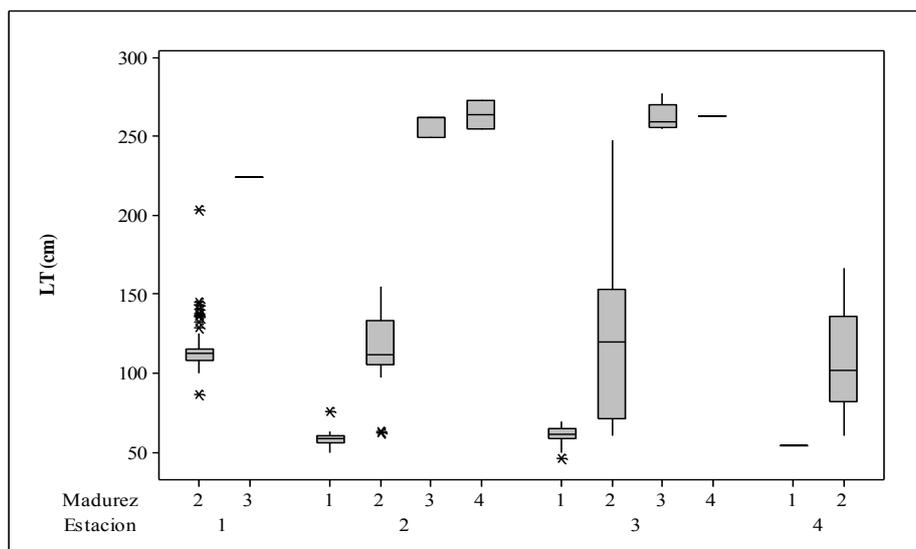


Figura 12. Distribución estacional del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* durante las cuatro estaciones del año, invierno=1, primavera=2, verano=3 y otoño=4 por estadios de madurez, neonato=1, juvenil=2, adulto=3 y hembras preñadas=4.

Posteriormente se realizó una gráfica para mostrar la relación que existe entre la longitud total y la longitud del clasper para los machos maduros e inmaduros y otra en la cual se mostrara la misma relación pero con los organismos en sus diferentes estadios de desarrollo (neonato, juvenil y adulto) (Figura 13).

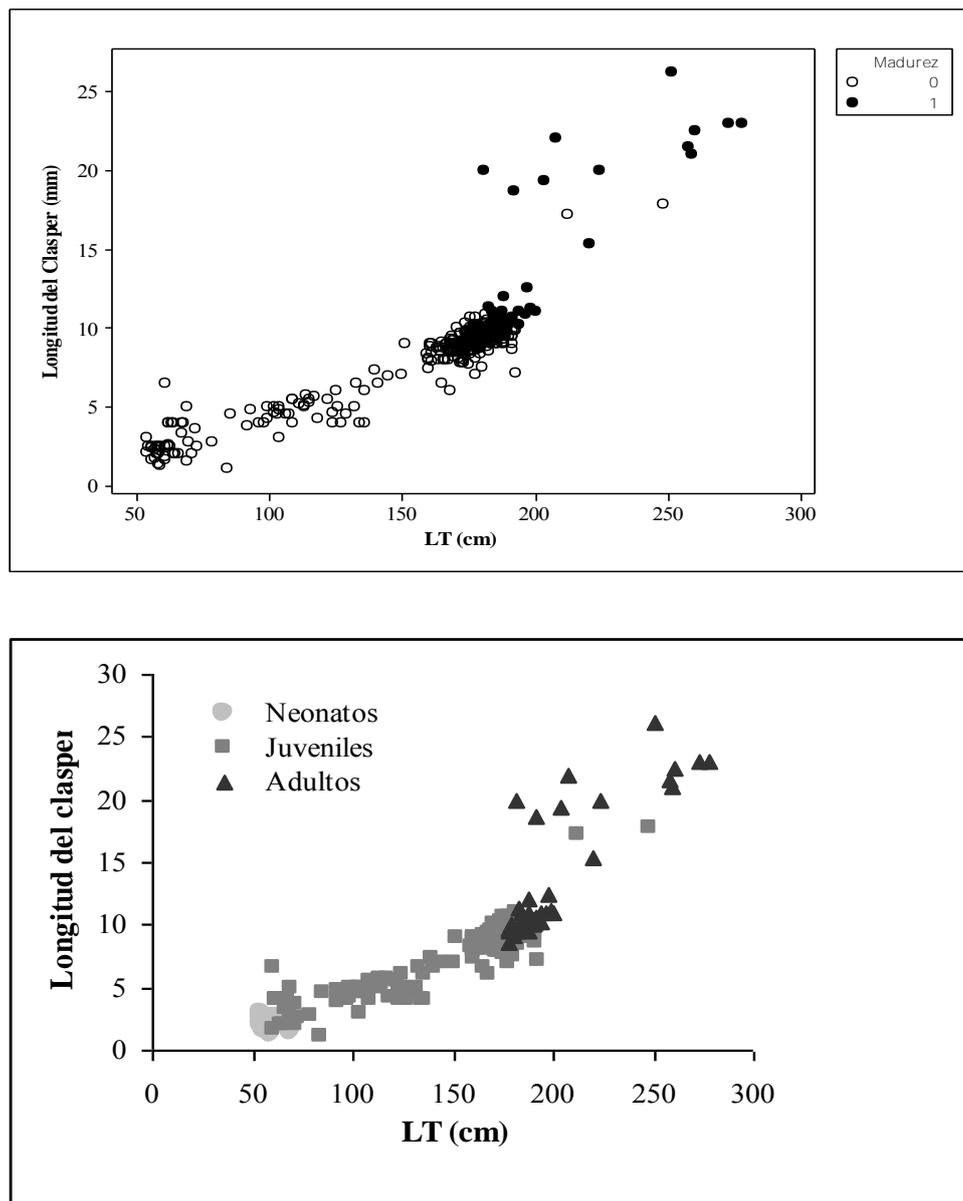


Figura 13. Relación entre la Longitud total y la longitud del clasper de *S. zygaena*.

Se trabajó con un total de 359 datos de Longitud del clasper; de los cuales 25 tiburones eran neonatos con una talla de 54-69 cm LT y una longitud del clasper de 1.3 a 3 cm, 289 fueron juveniles con una talla de 61-248 cm LT y la longitud del clasper de 1.1 a 17.8 cm y 45 adultos con una talla de 178-278 cm LT y una longitud del clasper de 8.6 a 26.2 cm. Como se puede observar en las gráficas (Figura 13) hay zonas de transición en las cuales se observa claramente que hay organismos inmaduros que tienen tamaños de clasper igual al de adultos y viceversa, pero generalmente a mayor talla mayor es el tamaño de los claspers.

8.4. Proporción de madurez

La distribución de tallas para ambos sexos fue de forma escalonada, es decir, que mientras iba aumentando su longitud total se iba dando el cambio de estadio de madurez. Para el caso de las hembras, los organismos en estadio neonato tienen una talla que va de 45-75 cm LT observándose que el intervalo de talla más recurrente a la cual se capturaron fue de 55-65 cm LT. Las hembras juveniles presentaron una talla de 65-205 cm LT, presentándose la talla de mayor captura entre el intervalo que va de 175-185 cm LT e incluso se puede observar que hasta los 195 cm LT se siguen capturando estas hembras. Para el estadio adulto, tenemos hembras con tallas de 195-285 cm LT y el intervalo de talla de mayor captura se encuentra de 205-215 cm LT y para las hembras preñadas, se puede observar que dos de ellas presentan una talla de 195 cm LT; pero en general, la talla que se tiene va de 245-284 cm LT y el intervalo de talla más recurrente de captura fue de 255-265 cm LT. Para el caso de los machos tenemos que los organismos neonatos presentaron una talla de 49-65 cm LT y el intervalo de mayor captura se encuentra entre 55-65 cm LT. Para los juveniles la talla va de 65-195 cm LT pero se encontraron dos organismos con tallas mayores a éste rango, uno de ellos con una talla de 215 cm LT y el otro con una LT 245 cm, el intervalo de talla de mayor captura se encontró entre 175-185 cm LT. En los adultos, el rango de tallas que se encontró fue de 175-275 cm LT y el intervalo de talla a la cual se pescaron más frecuentemente fue de 185-195 cm LT (Figura 14).

También se puede observar claramente que hay zonas de transición de un estadio de madurez a otro, se notan los traslapes que hay en las tallas de cada uno de los estadios

de madurez; esto se da porque hay organismos, por ejemplo neonatos, que alcanzan tallas de organismos juveniles pero morfológica y funcionalmente siguen teniendo las características de un organismo neonato y lo mismo sucede para los organismos juveniles y adultos; y para el caso de las hembras, las que se presentaron preñadas. Por otro lado, también se presentaron organismos con tallas grandes, por ejemplo organismos juveniles con tallas de animales maduros y sucede exactamente lo mismo, pues también se presentan raramente organismos que alcanzan su madurez sexual a tallas mayores.

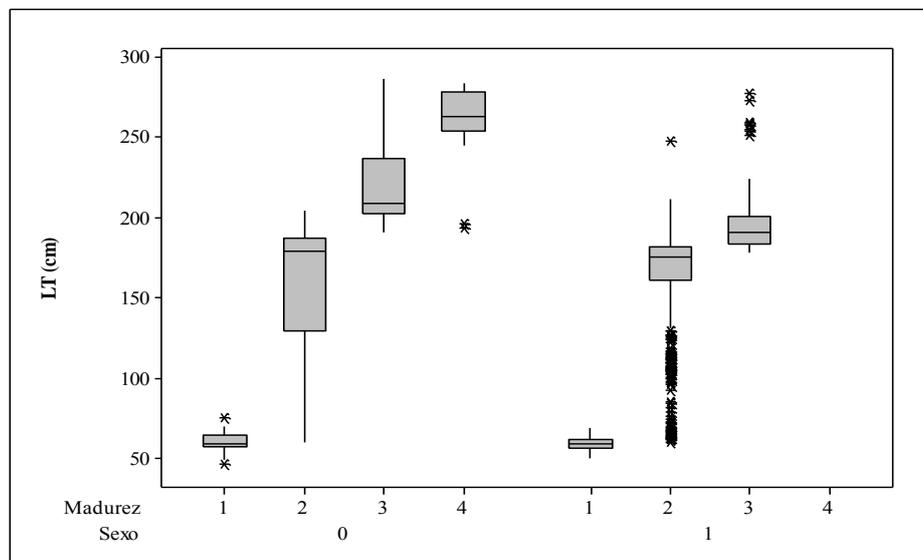


Figura 14. Distribución de tallas de *S. zygaena* por estadio de madurez (n=neonato (1), j=juvenil (2), a=adulto (3) y hembras preñadas=p (4)).

En la Figura 15, se puede observar todo lo anteriormente mencionado sobre la estructura de tallas y estadios de madurez de una manera más resumida; cabe mencionar que en ésta gráfica se agruparon binomialmente a los organismos neonatos y juveniles como inmaduros (0) y a los adultos y hembras preñadas como organismos maduros (1), así mismo para los sexos donde las hembras presentan el número 0 y los machos el 1.

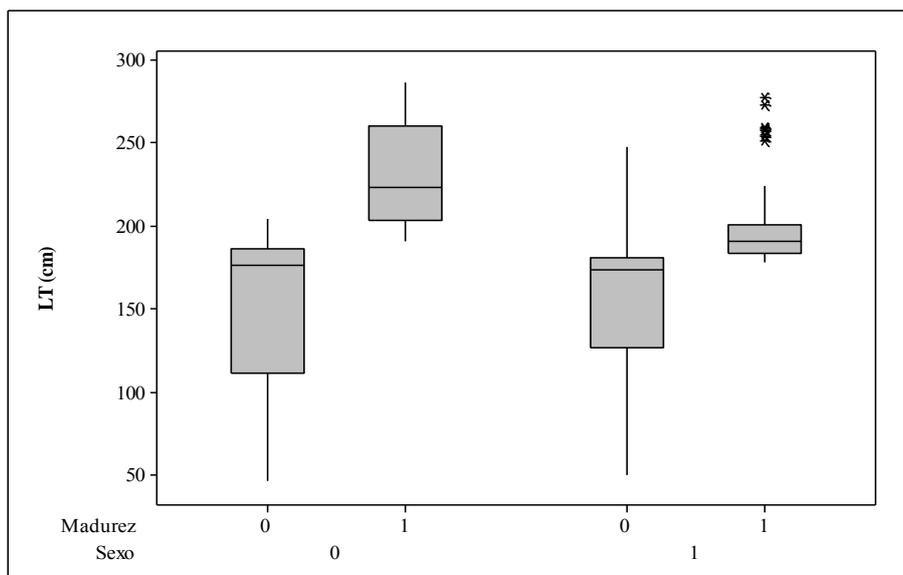


Figura 15. Estructura de tallas y estadios de madurez de *S. zygaena*; madurez binomial inmaduros=0 y maduros=1. Sexo binomial, hembras=0 y machos=1.

La talla de primera madurez se calculó a partir del modelo logístico con un total de 461 hembras y 580 machos; en la base de datos con la cual se trabajó, se observó que la talla a la cual apareció la primera hembra madura fue de 191 cm LT, pero se notaron algunas diferencias significativas al comparar estas tallas con las de los machos, pues a simple vista, se observó que las hembras maduran repentinamente cuando alcanzan una cierta talla (200 cm LT), en los datos de los machos se observó que la madurez se va dando paulatinamente; en el caso de éstos, la talla a la cual apareció el primer macho maduro fue de 178 cm LT. En la tabla 2 y 3 se muestran los valores obtenidos para la madurez al 50% y 95% tanto para hembras como para machos.

Al observar los datos obtenidos, se notó claramente que las dos variables y la respectiva interacción son significativas en cuanto al valor de la prueba de “chi” ($P=0.000$) y lo que nos dice es que la talla está en función del sexo; es decir, tanto las hembras como los machos tienen tallas de madurez completamente diferentes. En cuanto a las curvas de las respectivas gráficas son diferentes tanto para las hembras como para los machos.

Tabla 2. Valor de los parámetros de la función logística para hembras *Sphyrna zygaena*.

Parámetros	Valor	Error estándar	Intervalo de confianza	
			Lim. Inf.	Lim. Sup.
L50%	201.84	1.15	199.59	204.10
L95%	215.48	2.09	211.90	220.40
Phi	4.63	0.46	3.81	5.62

Tabla 3. Valor de los parámetros de la función logística para machos *Sphyrna zygaena*.

Parámetros	Valor	Error estándar	Intervalo de confianza	
			Lim. Inf.	Lim. Sup.
L50%	193.05	1.04	191.00	195.09
L95%	206.68	2.16	203.00	211.00
Phi	4.63	0.46	3.81	5.62

Para la talla de primera madurez ($L_{50\%}$) (Figura 16), se calculó la probabilidad media y el intervalo de confianza (IC); se obtuvo que los machos maduran a una talla de 193 cm LT IC= 191-195 cm LT. En cuanto a las hembras, éstas maduran a una talla de 201.8 cm LT, el intervalo de confianza va de 199 a 204 cm LT. En cuanto a la talla de madurez al $L_{95\%}$, los machos maduran a una talla de 206.6 cm LT, con un IC = 203-211 cm LT; para las hembras, ellas maduran a una talla de 215.4 cm LT y IC va de 211-220 cm LT (Figura 16).

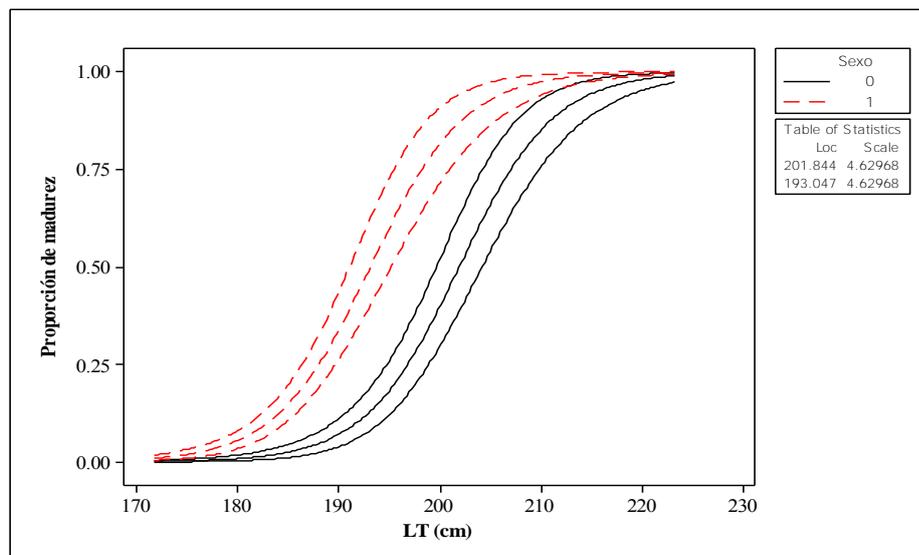


Figura 16. Estimación de las tallas de madurez de *S. zygaena*; hembras=0 y machos=1.

9. DISCUSIÓN

Desafortunadamente hasta ahora no se conocen diversos aspectos biológicos que resultan de gran importancia para *Sphyrna zygaena*; como, tasas de natalidad y mortalidad, determinación de edades y tallas de crecimiento, hábitos alimenticios, biología reproductiva. A pesar de pertenecer a una de las familias (Sphyrnidae) de interés comercial; es una especie que no está bien documentada debido a que las capturas que se realizan son solamente en ciertas épocas del año o en determinadas etapas de su ciclo de vida y las pocas investigaciones que se tienen dependen en su mayoría de las actividades pesqueras.

Debido a esto, los trabajos que se han realizado de *S. zygaena* son pocos; sobre todo los que se refieren a determinación de tallas de madurez. Por este motivo, los datos obtenidos en el presente trabajo se compararon con datos de *S. lewini* ya que es la especie más afín a *S. zygaena* y en ocasiones se pueden confundir.

9.1. Estructura de tallas por madurez

El intervalo de tallas para ambos sexos de *S. zygaena* fue de 45 a 285 cm LT (promedio=160 cm LT); este intervalo es muy parecido al reportado por Carrera-Fernández *et al.*, 2008 para *S. zygaena* en aguas del Ecuador, en donde se presentaron tallas de captura de 77 a 303 cm LT. Por otra parte, Bejarano (2007) en Salina Cruz, Oaxaca reporta para *S. lewini* tallas de captura de 45 a 288 cm LT para ambos sexos.

Se observó que las hembras presentaron tallas un poco más grandes (46 a 286 cm LT, promedio=163 cm LT) a diferencia de los machos (49 a 278 cm LT, promedio=157 cm LT); estos intervalos de talla son similares a los reportados por Carrera-Fernández *et al.*, 2008 para *S. zygaena* en aguas del Ecuador, pues se capturaron machos con tallas entre 77 a 296 cm LT y hembras de 77 a 300 cm LT. White *et al.*, 2008 en el estudio que realizó sobre la composición de captura y biología reproductiva de *S. lewini* en aguas de Indonesia, menciona que las hembras son más longevas y crecen más que los machos. Esta condición se debe a que las hembras son más abundantes en las áreas oceánicas y esto les permite alcanzar tallas y edades un poco más grandes que los machos, los cuales son más abundantes en las áreas costeras y por lo tanto más vulnerables a ser capturados (Klimley and Nelson, 1984; Klimley, 1987; Che- Tsung *et al.*, 1988; Lessa *et al.*, 1998).

Esta condición no es igual en *S. zygaena*, ya que la diferencia de tallas no es muy grande y por otra parte se observó que se capturaron ligeramente en mayor cantidad más machos (593=56%) que hembras (477=44%) durante los cinco años de registro; pero en algunos años se capturaron en cantidades iguales, por lo que no se observa una segregación por sexos al alcanzar la madurez sexual como sucede con *S. lewini* y esto sugiere que tanto los machos como las hembras permanecen juntos durante todo el año y por lo tanto ambos sexos son susceptibles de ser capturados (Carrera-Fernández *et al.*, 2008). Wourms (1977) menciona que la mayoría de los elasmobranquios se separan al alcanzar la madurez sexual y que solamente se reúnen para aparearse como sucede con *S. lewini*, e incluso se ha observado que los organismos juveniles de *S. zygaena* forman grupos grandes y permanecen juntos a lo largo del año.

En otros estudios que se han realizado, como el de Campuzano (2002) acerca de la biología y pesquería de *S. lewini* en Puerto Madero, Chiapas; encontró que en la captura predominaron los machos sobre las hembras y también encontró la formación de dos grupos bien definidos, uno de neonatos y juveniles y otro de adultos. Klimley explicó que este tipo de proporción y segregación sexual se da por que las hembras se mueven hacia aguas más profundas a tallas menores a diferencia de los machos, debido a que éstas crecen más rápido para alcanzar la talla de madurez. De la misma manera, las hembras adultas registradas principalmente en las capturas de verano llegan primero a la costa para dar a luz a sus crías y posteriormente llegan los machos para el evento reproductivo (Torres, 1999).

En el estudio realizado por Torres (1999), en donde describe la biología reproductiva de *S. lewini* a partir de datos morfométricos en nueve campos pesqueros del noreste de México; reporta que las tallas juveniles (67 a 121 cm LT) fueron las más abundantes y son las que sostienen la pesquería de tiburones en éstas aguas; mientras que las hembras y machos adultos se presentan en menor abundancia. Estos datos son similares a los obtenidos para *S. zygaena*; ya que el intervalo de talla más recurrente de captura fue de 175 a 185 cm LT, es decir, organismos juveniles; los cuales también se encontraron en mayor número (n=817) en comparación con los organismos adultos (n=122) e incluso los neonatos (n=84). Esta incidencia en la talla de captura durante los cinco años de registro por lo general puede estar asociada a las propiedades de selectividad de los sistemas de captura utilizados.

9.2. Distribución temporal

Durante el periodo comprendido entre 1998 y 1999 se pudieron registrar las capturas por estaciones del año. El verano fue la estación que registró un mayor número de organismos capturados (n=131) tanto de hembras (n=69) como de machos (n=62). Por el contrario, en invierno se registró la menor captura de organismos (n=69). Galván Magaña *et al.* (1989) reportaron que *Carcharhinus falciformis* junto con *S. lewini* y *S. zygaena* se presentaron en aguas que rodean la isla Cerralvo (ubicada al sur del Golfo de California) y son comúnmente capturados sólo en los meses de verano (junio-agosto); lo cual coincide con los datos que se obtuvieron. Por otra parte, Bejarano (2007) reporta que se registran las mayores capturas de *S. lewini* en los meses de mayo-junio (primavera-verano). Los meses de mayor captura dependen del área en donde se realicen; ya que Bush y Holland (2002) reportaron que *S. lewini* se presenta en mayor abundancia durante primavera y otoño en Hawai. Por otra parte, Carrera-Fernández *et al.*, 2008 mencionan que en las aguas del ecuador la frecuencia de *S. zygaena* es constante durante todo el año, pero con mayor abundancia en junio y menor en agosto; corroborando con esto que es una especie de aguas tropicales, subtropicales y templadas (Compagno, 1984) que soporta diferentes intervalos de temperatura a lo largo del año.

9.3. Proporción de madurez

En el presente trabajo se determinó la talla de primera madurez en **machos** tomando en cuenta el tamaño del clasper, su calcificación, rotación y vascularización y también la presencia de semen; no se pudo trabajar a nivel histológico debido a que no se contó con muestras para ser procesadas y solamente se trabajó a nivel estructural de éstos órganos; tampoco se tomó en cuenta el crecimiento del clasper ni de los testículos porque es lento con respecto a la talla del organismo (Compagno, 1984). Para las **hembras** se tomó en cuenta la condición del ovario (tamaño y flacidez), el aspecto del útero, la presencia de embriones y el tamaño de los huevos.

9.3.1. Machos

De acuerdo con lo anterior la $L_{50\%}$ y $L_{95\%}$ para los machos fue de 193 cm LT y 206.6 cm LT, respectivamente. Carrera-Fernández *et al.* (2008) en el estudio que realizaron sobre la composición de tallas de *Sphyrna zygaena* en aguas del ecuador; reportan que la talla de madurez sexual estimada se encuentra en un intervalo que va de los 205 a 220 cm

LT, este intervalo de tallas de madurez reportado por estos autores fue similar al obtenido en el presente trabajo.

Se han realizado diversos trabajos en donde se han determinado tallas de madurez para *S. lewini*, como los realizados por Holden (1974) y Bass *et al.* (1975) en aguas de Inglaterra y KwaZulu-Natal, Sudáfrica respectivamente mencionan que los machos maduran a los 180 cm LT. Castro (1983) y Compagno (1984) indican que los machos adquieren su madurez a los 180 cm LT. Sin embargo Che-Tsung *et al.* (1988) reporta tallas de madurez a los 198 cm LT. Bejarano (2007) en Salina Cruz, Oaxaca reporta que la talla de madurez en los machos es de 178 cm LT. Anislado (2008) en el área de Michoacán menciona que los machos maduran a los 175 cm LT y en el área del sur de Sinaloa maduran a los 170 cm LT, lo cual indica que en el Pacífico Oriental maduran a tallas menores.

Para el Golfo de California, Torres (1999) determino que el proceso de madurez para los machos empieza cuando tienen una talla de 142 cm LT y alcanzan su madurez a los 173 cm LT; estas tallas coinciden con lo reportado por Klimley (1987), pues reporta tallas de madurez de 177 cm LT. Campuzano (2002) en Puerto Madero, Chiapas reporta una talla media de primera madurez de 175.6 cm LT. En el Atlántico, Branstetter (1987) y Hazin *et al.* (2001) reportan una talla de madurez en el Golfo de México y noreste de Brasil respectivamente de 180 cm LT. Che- Tsung *et al.* (1988) en un mercado de Taiwán durante dos periodos de estudio encontró tallas de madurez sexual de 198 cm LT. White *et al.* (2008) en aguas de Indonesia menciona que los machos maduran a los 176.5 cm LT.

9.3.2. Hembras

Torres (1999) menciona que las características del hábitat influyen de manera diferente en las hembras de *S. lewini*, ya que a diferencia de los machos, las hembras del Pacífico Oriental alcanzan la madurez a mayor talla que en el Pacífico Occidental. Lo cual coincide con los datos obtenidos en el presente trabajo para *S. zygaena*, las hembras presentan una $L_{50\%}$ y $L_{95\%}$ de 201.8 cm LT y 215.4 cm LT, respectivamente. Compagno (1984) establece que las hembras de *S. zygaena* son maduras después de los 240 cm LT.

En otros trabajos realizados para *S. lewini*, como el de Holden (1974) en el área de Inglaterra menciona que las hembras maduran a los 240 cm LT. Bass *et al.* (1975) en

KwaZulu-Natal, Sudáfrica reportan que la talla de madurez de las hembras es de 307 cm LT. Anislado (2008) en el Área de Michoacán encuentra que las hembras maduran a los 201 cm LT y para el área del sur de Sinaloa, maduran a los 204 cm LT. Che-Tsung *et al.* (1988) y Torres (1999) reportan que las hembras maduran a partir de los 212 cm LT en las costas de Sudáfrica, Taiwán y el Golfo de California respectivamente. Por otra parte, Hazin *et al.* (2001) estimaron que la talla de madurez se encontró a los 240 cm LT en el nororiente de Brasil y Campuzano (2002) reporta que la talla de madurez la alcanzan a los 215 cm LT. Bejarano (2007) en Salina Cruz, Oaxaca menciona que las hembras alcanzan su madurez sexual a los 220 cm LT.

Como se puede observar, es demasiado obvio que las hembras maduran a tallas mayores que los machos tanto de *S. lewini* como de *S. zygaena* a pesar de que presentan la misma condición sexual. Klimley en 1987 afirmó que el tamaño de una hembra en etapa gestante es mayor en comparación al tamaño que requiere un macho para la producción de espermatozoides para fertilizar los oocitos.

Campuzano en el 2002 menciona que hay otros factores que podrían estar influyendo, como son la temperatura y la zona de captura; ya que *S. lewini* se segrega por sexos y tallas y también sugiere que el arte de pesca que se utiliza puede estar siendo selectivo para ciertas tallas, por ejemplo, las tallas juveniles.

Tabla 4. Trabajos realizados con *S. lewini* en diferentes áreas de estudio.

Área de estudio	Talla de madurez	Sexo	Autor
Inglaterra	240 cm LT 180 cm LT	h m	Holden (1974)
KwaZulu-Natal, Sudáfrica	307 cm LT 180 cm LT	h m	Bass <i>et al.</i> (1975)
Florida, U. S. A.	221 cm LT 140 cm LT	h m	Dodrill (1977)
Florida, U. S. A.	180 cm LT	m	Castro (1983)
Golfo de México, U. S. A.	250 cm LT 180 cm LT	h m	Branstetter (1987)
Golfo de California, México	217 cm LT 177 cm LT	h m	Klimley (1987)
Noreste de Taiwan	210 cm LT 198 cm LT	h m	Che-Tsung <i>et al.</i> (1988)
Florida, U. S. A.	274 cm LT 140 cm LT	h m	Castro (1993)
Australia	200 cm LT	h	Last y Stevens (1994)
Hawai, U. S. A.	309 cm LT 213 cm LT	h m	Crow <i>et al.</i> (1996)
Golfo de México, México	220 cm LT 180 cm LT	h m	Castillo Géniz y Márquez (1996)
Golfo de California, México	232 cm LT 173 cm LT	h m	Torres Huerta (1999)
Golfo de Tehuantepec, México	215 cm LT 100 cm LT	h m?	Soriano Velásquez <i>et al.</i> (2000)
Noreste de Brasil	240 cm LT 180-200 cm LT	h m	Hazin <i>et al.</i> (2001)
Golfo de Tehuantepec, México	215 cm LT 176 cm LT	h m	Campuzano Caballero (2002)
Área de Michoacán, México	201 cm LT 175 cm LT	h m	Anislado Tolentino (2008)
Área del sur de Sinaloa, México	204 cm LT 170 cm LT	h m	Anislado Tolentino (2008)
Indonesia	233.9 cm LT 176.2 cm LT	h m	White <i>et al.</i> (2008)

Los datos obtenidos en el presente trabajo son similares a los obtenidos por otros autores para *S. lewini* tanto para áreas de captura del Océano Pacífico y el Golfo de México e incluso para otras áreas como Taiwan, Florida, Indonesia, Sudamérica, Brasil, Inglaterra. Si se notan algunas diferencias debido a que depende mucho de la zona de captura, pero éstas son mínimas. Es difícil comparar el presente estudio con otros resultados ya que en algunos de estos no queda claro si las estimaciones son referidas a los organismos maduros más pequeños observados o a $L_{50\%}$. Un factor que pudiera jugar un papel importante al comparar las estimaciones de parámetros biológicos y poblaciones es la diferencia en tiempo entre estudios. Algunas poblaciones han estado sometidas a una fuerte presión de pesca lo cual potencialmente arrojaría parámetros alterados con respecto a su estado natural. No obstante las diferencias que pudiesen causar la utilización de diferentes métodos para la determinación de la proporción de madurez, se considera que los parámetros aquí estimados representan la situación actual de la proporción de madurez de *S. zygaena* de la Zona Económica Exclusiva del Pacífico de México.

10. CONCLUSIONES

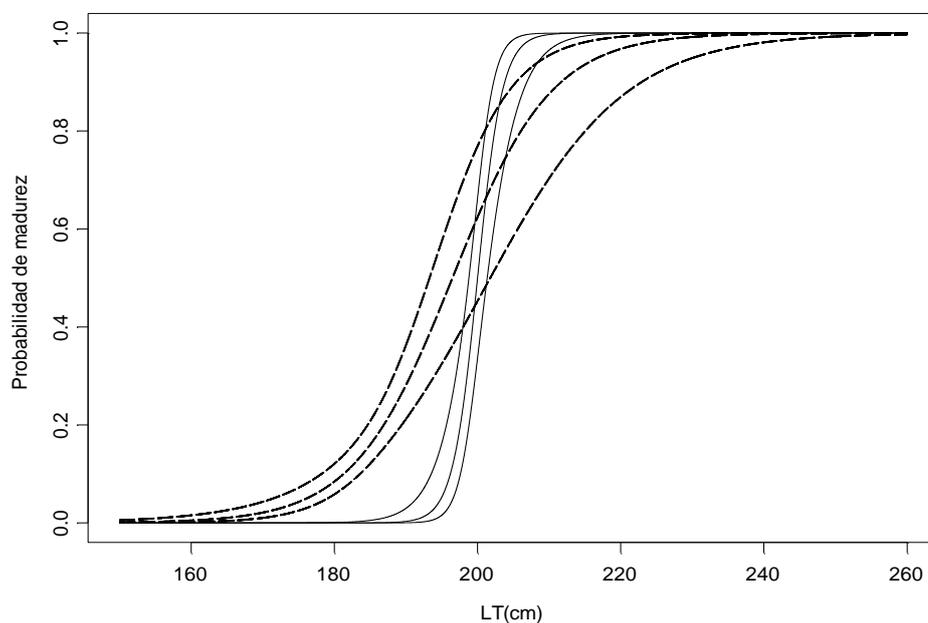
- En el desarrollo del presente trabajo se buscó establecer las tallas de madurez sexual de *Sphyrna zygaena* tanto para machos como para hembras y también reflejar de alguna forma el estadio de madurez en el cual son recurrentemente más capturados estos organismos que hasta el momento se encuentran como una especie vulnerable dentro de la Lista Roja de la IUCN.
- Durante los cinco años de registro, se observó la mayor captura en el año 1996 con un total de 692 tiburones, se capturaron ligeramente más machos (55%) que hembras (45%) y en algunos años en proporciones iguales.
- El estadio de madurez en el cual se capturaron con mayor frecuencia fue el juvenil (79%), seguido de adultos (11%), neonatos (8%) y de hembras preñadas (2%), lo cual indica que los organismos juveniles son más susceptibles a ser capturados, o simplemente depende del arte de pesca que se este utilizando; ya que éste podría estar siendo selectivo para las tallas juveniles.
- La talla de captura más recurrente durante este periodo de registro fue de 175-185 cm LT para ambos sexos.
- A lo largo del año comprendido de 1998 a 1999, se observó que en el verano se capturaron un mayor número de organismos (n=131) a diferencia del invierno, en donde se capturaron en menor cantidad (n=69). En general se capturan en gran proporción organismos neonatos y juveniles (n=356) a diferencia de los adultos (n=14), lo cual podría estar causando en estos últimos años el decremento en la población.

- Los organismos presentaron dimorfismo sexual, pues las hembras alcanzaron tallas más grandes que los machos; el intervalo de tallas para las hembras fue un poco más amplio (46-286 cm LT) en comparación al presentado por los machos (49-278 cm LT).
- La talla de primera madurez ($L_{50\%}$) para los machos fue de 193 cm LT y para las hembras de 201.8 cm LT. En cuanto a la talla de madurez ($L_{95\%}$), los machos maduran a los 206.6 cm LT y las hembras a los 215.4 cm LT; se observa claramente que las hembras maduran a tallas mayores que los machos a pesar de presentar la misma condición sexual.
- Con el presente trabajo se pretende dar una primer pauta para seguir realizando otros estudios en los cuales se determine la talla de madurez sexual para ambos sexos, la edad de madurez, composición de la dieta y mucha más información biológica de la especie que hasta el momento es nula o muy escasa. Hace falta establecer muchos parámetros demográficos de la población para poder evaluar la situación en la cual se encuentra y poder tener una visión a futuro de cómo es que se va a comportar dicha población en cuanto al stock de reclutamiento de nuevos organismos, pues hasta el momento se están sobrepescando organismos en un estadio de madurez juvenil y no permiten que éstos lleguen a una edad madura y más aún a una edad reproductiva.

11. ANEXO

La talla de primera madurez se calculó con otro paquete estadístico llamado S-Plus, con el cual se usó la misma fórmula, solamente que el número de datos se redujo, pues el programa presentó algunos problemas con la gran cantidad de 0 y 1 de la madurez binaria que presentó la base de datos en ambos extremos. Por lo tanto se establecieron tallas en las cuales se presentara el primer organismo maduro quedando las tallas establecidas para las hembras de 185-215 cm LT y para los machos de 140-260 cm LT; con esto se observaron diferencias notables en las gráficas y una pequeña variación en los valores de L50% y L95% figura 17.

Figura 17. Estimación de las tallas de madurez de *S. zygaena*, hembras (línea continua) y machos (línea punteada).



La diferencia en los valores se debió a que no se trabajó con el total de datos como se hizo con Minitab 15.0, ya que los intervalos de confianza quedaron más reducidos y las pendientes de ambas gráficas se redujeron.

Las hembras presentan una talla de primera madurez (L50%) de 200 cm LT con un IC de 198.8-201.4 cm LT y los machos de 196.5 cm LT con un intervalo de confianza de 193.3-201.8 cm LT. Para la L95%, las hembras maduran a una talla de 205.1 cm LT con un IC de 203.2-209.1 cm LT y los machos a una talla de 216.9 con IC de 209.5-230.1 cm LT.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Anislado, Tolentino V. 1995. Determinación de la Edad y Crecimiento en el Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffit y Smith, 1834) en el Pacífico Central Mexicano. *Tesis Biología*. Fac de Ciencias. UNAM. 68 p.
- Anislado, Tolentino V. 2000. Ecología Pesquera del Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffit y Smith, 1834) en el Litoral del Estado de Michoacán, México. *Tesis de Maestría en Ciencias. Biología*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 145 p.
- Anislado, Tolentino V. 2008. Demografía y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffit y Smith, 1834) (Pisces: Elasmobranchii) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano. *Tesis de Doctorado en Ciencias. Biología*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 196 p.
- Applegate, S. P., L. Espinoza, L., Menchaca & F., Sotelo. 1979. Tiburones mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar, México. 147 p.
- Applegate, S. P., L. Espinoza-Arrubarrena, L. B. Menchaca-López y F. Sotelo –Macías. 1994. An overview of Mexican Shark Fisheries, with suggestions for Shark conservation in Mexico. *In: Branstetter, S. (Ed.) Conservation Biology of Shark*. U. S. Dep. Commerce NOAA Tech. Rep. NMFS 115: 31-37.
- Aristotle, 343 B. C. (Thompson translation 1949). *Historia Animalium*. *In: The Works of Aristotle*, vol. 4. Translated by D. W. Thompson. Clarendon Press. Oxford. 485-633.

- Bass A. J., J. D'Aubrey y N. Kistnasamy. 1975. Sharks of the East Coast of Southern Africa. III. The Families Carcharhinidae (Excluding *Mustelus* and *Carcharhinus*) and Sphyrnidae. Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst. 38: 1-100.
- Bejarano, Álvarez M. 2007. Biología reproductiva del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffit y Smith, 1834) en Salina Cruz, Oaxaca, México. *Tesis de Maestría*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B. C. S., México. 93 p.
- Bonfil, R., R. Mena and D. De Anda. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis* from the Campeche Bank, Mexico. U. S. Department of Commerce. NOAA Technical Report 115: 73-86.
- Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper*. 341:119.
- Bonfil, R. 1997. Status of shark resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fish. Res.* 29:101-117.
- Branstetter, S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes*. (19) 3:161-173.
- Briggs, John C. 1995. *Global Biogeography*. Elsevier Science. Ámsterdam, Países Bajos (Holanda). 452 p.
- Budker, P. 1958. La viviparité chez les sélachiens, *In* *Traité de Zoologie: Anatomie, Systematique, Biologie*. P. P. Grassé (Ed.), Maison et Cie Editeurs Libraires de l'Académie de Médecine, Paris, 1755-1790.

- Bush, A. y K. Holland. 2002. Food limitation in a nurse area: estimates of daily ration in juvenile scalloped hammerheads, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) in Kane Ohe Bay Oahu, Hawaii. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 278:157-178.
- Cailliet, G. M., R. L., Radtke and B. A. Welden. 1986b. Elasmobranch age determination and verification: a review, in *Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes*, T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura (Eds.). Ichthyological Society of Japan, Tokyo. Pp. 345-359.
- Cailliet, G. M. and Goldman K. J. 2004. Age Determination and Validation in Chondrichthyan Fishes. *In: Jeffrey C. Carrier, John A. Musick and Michael R. Heithaus (Eds.). Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, London, USA. Pp. 339-440.
- Campuzano, J. C. 2002. Biología y pesquería del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en Puerto Madero, Chiapas. *Tesis de licenciatura*. UNAM. 210 p.
- Cano, P. F. A. 1991. Oceanografía física 453-495 p. Golfo de California. *In: De la Lanza E. P. (Ed.). 1991. Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. S. A. 569 p.
- Carrera-Fernández M., J. Martínez-Ortiz y F. Galván-Magaña. 2008. Composición de tallas de *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en aguas del Ecuador. *In: III Simposium Nacional de Tiburones y Rayas (resúmenes del III foro)*. Facultad de Ciencias, UNAM. Pp. 84-86.
- Carrier, J. C., Pratt, H. L., Jr and Castro, J. I. 2004. Reproductive Biology of Elasmobranchs. *In: Jeffrey C. Carrier, John A. Musick and Michael R. Heithaus (Eds.). Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, London, USA. Pp. 270-284.

- Castillo, L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Secretaría de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. México. 72 p.
- Castillo G., J. L. y J. F. Márquez Farias. 1993. La Pesquería de tiburón en México: Una revisión Histórica del Golfo de México. Potencia de la Conferencia Internacional sobre Conservación y Administración de las Poblaciones de Tiburones del Golfo de México y el Caribe. Dirección de Análisis de Pesquerías del INP, México. Pp. 15.
- Castro, J. L. 1983. The Sharks of North American Waters. Texas A & M University Press, College Station, Texas. 179 p.
- Che-Tsung, C., Tzyh-Chang, J. y J. Shoou-Jeng. 1988. Notes on reproduction in the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, in northeastern Taiwan waters. Fish. Bull. 86 (2):389-393.
- Clarke, Thomas A. 1971. The Ecology of the Scalloped Hammerhead Shark: *Sphyrna lewini*, in Hawaii. Pacific Science. (25): 133-144.
- Coayla, P. 1999. El macrozoobentos de fondo blanco frente a la Bahía de Catarindo durante el fenómeno de “El Niño” 1997-98. Rev. Perú. Biol. Vol. Extraordinario. Pp. 39-46.
- Compagno, L. J. V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Sharks Species Known to Date. FAO. *Fish. Synop.* No. 125, Vol., pt 1 (Non carcharhinoids, 1984 a), p viii, 1-250, April, pt 2 (Charcharhinoids, 1984b), p.x., 251-655. Dec United Nations Development Programme/Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Compagno, L. J. V. 1988. Sharks of the Order Carcharhiniiformes. Princeton University Press, New Jersey. 578 p.

- Compagno, L. J. V., Dando, M. and Fowler S. 2006. Guía de Campo de los Tiburones del Mundo. Ediciones Omega. Barcelona, España. Pp. 45-51.
- CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80 p.
- De La Lanza, G. E. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT editor. México. 525 p.
- Eberhard, W. G. 1998. Female roles in sperm competition. *In*: T. R. Birkhead and A. P. Moller (Eds.). Sperm competition and sexual selection. Academic Press, San Diego, USA. Pp. 91-116.
- FAO.2001.http://www.fao.org/WAICENT/OIS/PRESS_NE/PRESSPA/1998/PRPS9681.html.
- Galván-Magaña, F., H. J. Nienhuis & A. P. Klimley .1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. *Calif. Fish and Game*. 75 (2): 74-84.
- Gulland, J.A. 1983. Fish stock assessment: a manual of basic methods. FAO/Wiley, New York.
- Hazin, F., Fischer, A. y Broadhurst, M. 2001. Aspects of Reproductive Biology of the Scalloped Hammerhead Shark, *Sphyrna lewini*, off Northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 61:151-159.
- Hernández-Carballo, A. 1967. Observations on the Hammerhead Sharks (*Sphyrna*) in the Waters near Mazatlán. Sinaloa, México. *In*: Sharks, Skates and Rays. P. W. Gilbert, R. F. Mathewson y D. P. Rall (Eds.). The Johns Hopkins Press. Baltimore. Mary Land. Pp. 79-83.

- Hernández, C.A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis Profesional. ENCB, IPN, México, 123 p
- Hoenig, J. and S. Gruber. 1990. Life History Patterns in Elasmobranchs: Implications for Fisheries Management. *In* Pratt, Jr., S. H. Gruber and T. Taniuchi (Eds). Elasmobranchs as living resources. Advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries. U. S. Dep. Commer. NOAA Technical Report. NMFS 90: 1-16.
- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of Elasmobranch populations and some suggestion solutions, in Sea Fisheries Research, F. R. Jones (Ed.). Halstead Press/John Wiley & Sons, New York. Pp. 117- 133.
- Klimley, A. P. 1985. Schooling in *Sphyrna lewini*, a Species with Low Risk of Predation: a Nonegalitarian State. *Z. Tierpsychol.*: 297-319.
- Klimley, A. P. 1987. The Determinants of Sexual Segregation in the Scalloped Hammerhead Shark *Sphyrna lewini*. *Env. Biol. Fish.* 18(1): 27-40.
- Klimley, A. P. and S. T. Brown. 1983. Stereophotography for the Field Biologist: Measurement of Lengths and Three-dimensional Positions of Free-Swimming Sharks. *Mar. Biol.* 74: 175-185.
- Klimley, A. P. and D. R. Nelson. 1984. Diel Movement Patterns Hammerhead (*Sphyrna lewini*) in Relation to El Bajo Espíritu Santo; a Refuging Central position Social System. *Behavior Ecology Sociobiology* 15: 45-54.
- Klimley, A. P. and S. B. Blutler. 1988. Immigration and Emigration of a Pelagic Fish Assemblage to Seamounts in the Gulf of California Related to Water Mass Movements Using Satellite Imagery. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 49: 11-20.

- Klimley, A. P., S. B. Blutler and D. R. Nelson. 1988. Diel Movements of the Scalloped Hammerhead *S. lewini*, Griffith and Smith, to and from a Seamounts in the Gulf of California. *J. Fish. Biol.* 33: 751-761.
- Klimley, A. P., I. Cabrera Mancilla y J. L. Castillo Geniz. 1993. Descripción de los Movimientos Horizontales y Verticales del Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* en el Golfo de California, México. *Ciencias del Mar.* 19(1): 95-115.
- Lenarz, H., Ventrisca, A., Graham., M., Schwing, B., and Chávez, F. 1995. Exploration of El Niño events and associated biological population dynamics off Central California. *CalCOFI Rep.* 36: 106-119.
- Lessa R., R. C. Menni y F. Lucena. 1998. Biological observations on *Sphyrna lewini* and *S. tudes* (Chondrichthyes, Sphyrnidae) from northern Brazil. *Vie et Milieu.* 48: 203-213.
- Lugo, J. H. 1986. Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano. *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.* 15: 9-40.
- McCoy, F. y C. Sancetta. 1985. North Pacific sediments. *In: The Ocean basins and margins: The Pacific Ocean.* Naim, E. A., F. G. Stehli y S. Uyeda (Eds.). Plenum Press, New York. 7ª: 1-54.
- Moreno, J. A. 2004. Guía de los Tiburones de Aguas Ibéricas, Atlántico Nororiental y Mediterráneo. Ediciones Omega. Barcelona, España. Pp. 90-91.
- Obeso- Nieblas, M. 2002. Caracterización de las condiciones hidrográficas de la Bahía de La Paz durante el ENSO 1997-1998. Examen predoctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. 94 p.
- Otake, T. 1990. Classification of Reproductive Modes in Sharks with Comments on Female Reproductive Tissues and Structures. NOAA Technical Reports/NMFS90. *Academic Journal:* 111-130.

- Pacheco, S. P. 1991. Oceanografía física. Pacífico tropical mexicanos. Cabo corriente a la frontera con Guatemala. 151-168 p. *In: De la Lanza E. P., (Ed.). 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor, S. A. 569 p.*
- Powers, J. E. 1983. Some statistical characteristics of ageing data and their ramifications in population analysis of oceanic pelagic fishes. *In: D. Prince and L. M. Pulas (Eds) Proceedings of the International Workshop on Age determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. Miami, Florida. U. S. A. 19-24 pp.*
- Pratt, H. L. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fishery Bulletin* 77(2): 445-470.
- Pratt, H.L., Jr. y Casey, J.G. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. *In: Pratt, H.L. Jr., Gruber, S.H. y Taniuchi, T. (Eds.): Elasmobranchs as living resources. 97-109, U.S. Department of Commerce, NOAA Tech. Rep. NMFS 90.*
- Pratt, H. L., Jr y Carrier J. C. 2005. Elasmobranch Courtship and Mating Behavior. *In: William C. Hamlett (Ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. Pp. 128-135.*
- Reyes-Bonilla, H y López-Pérez, A. 1998. Biogeografía de los corales pétreos (Scleractinia) del Pacífico de México. *Ciencias Marinas*. 24 (2): 211-224.
- Ricker, W. E. 1995. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Population. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 191:382 p.
- Roden, G. I. e I. Emilsson. 1980. Oceanografía física del Golfo de California. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Contribución No. 90.67 p.

- SAGARPA. 2001. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Edición 2001. Comisión de Acuicultura y Pesca y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. México (versión electrónica).
- SAGARPA. 2008. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Edición 2008. Comisión de Acuicultura y Pesca y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. México (versión electrónica).
- Sánchez, Vázquez J. I. 1977. Análisis de la Pesquería del Tiburón en la zona Seri, Sonora. *Tesis Biología*. Fac. De Ciencias. UNAM.
- Simpfendorfer, Colin A. and Heupel, Michelle R. 2004. Assessing Habitat Use and Movement. *In*: Jeffrey C. Carrier, John A. Musick and Michael R. Heithaus (Eds). *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, London, USA., Pp. 553.
- Sparre, P. and Venema S C. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 and Part 2. Manual FAO, Fisheries Technical Paper No. 306/1; Rev 1. Rome, 306 pp.
- Torres, A. M. 1999. Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa *Sphyrna lewini* (Griffit y Smith, 1834) (Pisces: Sphyrnidae) en aguas del noreste de México. *Tesis de licenciatura*. UNAM. 68 p.
- Stevens, J. D., Bonfil, S. R., N. K. Duluy y P. A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar Sci.* 57: 476-494
- Torres, A. M. 1999. Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa *Sphyrna lewini* (Griffit y Smith, 1834) (Pisces: Sphyrnidae) en aguas del noreste de México. *Tesis de licenciatura*. UNAM. 68 p.
- Tortonese, E. 1950. Studi dui plagiostomi. III. Un Fondamentale carattere biologico degli Squali. *Arch. Ital. Zool.* 1950: 101-155.

- Tovar, A. J. 2000. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) en el Golfo de México. *Tesis de Maestría*. UNAM.
- Trigueros, S. J. A. 2002. Escalas de variabilidad interanual en el Pacífico Norte. Examen Predoctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. 55 p.
- White, W. T., C. Bartron and I. C. Potter. 2008. Catch composition and reproductive biology of *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith) (Carcharhiniformes, Sphyrnidae) in Indonesian waters. *Journal of Fish Biology*. 72:1675-1689.
- Wourms JP. 1977. Reproduction and development of Chondrichthyan fishes. *Amer. Zool.* 21:473-515.
- Weare, B.C., P. T. Strub y M. D. Samuel. 1981. Annual mean surface heat fluxes in the Tropical Pacific Ocean. *Journal Physics Oceanography*. 11(5): 705-717.