

**Universidad del Mar
Campus Puerto Ángel**



Biología reproductiva del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Muller y Henle, 1839) en la costa de Chiapas, México.

PRESENTA

Tania Ortíz Pérez

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. Ana María Torres Huerta

Puerto Ángel, Oaxaca

Febrero de 2011



ACTA DE REVISION DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la Tesis “**Biología reproductiva del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Muller y Henle, 1839) en la costa de Chiapas, México**” presentada por la Pas. en Biología Marina Tania Ortíz Pérez, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

COMISION REVISORA

Director

M. en C. Ana María Torres Huerta

Revisor

M. en C. Jesús García Grajales

Revisor
Dr. Felipe Galván Magaña

Revisor

Dr. Vicente Anislado Tolentino

Revisor
Dr. Javier Tovar Ávila



RESUMEN

El tiburón aleta de cartón, *Carcharhinus falciformis*, habita aguas tropicales y subtropicales del mundo. A pesar de que es una especie explotada con fines de comercio, existe poca información publicada sobre su biología. El objetivo del presente estudio es contribuir al conocimiento de la biología reproductiva de esta especie. Para llevar a cabo este trabajo, se analizaron los aspectos reproductivos del tiburón aleta de cartón mediante 8 muestreos realizados en Puerto Madero, Chiapas, de agosto de 2006 a junio de 2008. Se analizaron un total de 196 organismos con tallas de 58 a 216 cm de longitud total (Lt), entre los cuales se encontraron individuos inmaduros, en maduración y maduros. La proporción de sexos fue de 1.18M:0.85H, con un total de 90 (45.9%) hembras y 106 (54.1%) machos, encontrándose diferencias significativas para organismos inmaduros y en maduración en junio de 2008. La relación entre la longitud total y el peso fue isométrica en ambos sexos. El modelo logístico sugiere que 50% de las hembras están maduras a los 170 cm de Lt, mientras que 50% de los machos están maduros a los 179 cm Lt. La fecundidad fue de 3 a 10 embriones, con tallas de 10.2 a 52 cm de Lt. La talla de nacimiento fue de 55 cm de Lt. Las hembras grávidas están sincronizadas en su ciclo reproductivo, lo cual puede estar relacionado con las características oceanográficas que presenta el Golfo de Tehuantepec.

PALABRAS CLAVE

C. falciformis, biología, madurez sexual, reproducción, Golfo de Tehuantepec.



ABSTRACT

The cardboard's fin shark, *Carcharhinus falciformis*, inhabits tropical and subtropical waters worldwide. Despite being a commercially exploited species, there is lack of published information about its biology. The purpose of this study is to contribute to the knowledge of the reproductive biology of this species. Eight visits were made in the fishing camp Puerto Madero, Chiapas from, August 2006 to June 2008. A total of 196 sharks immature, maturing and mature size of 58 to 216 cm of total longitude (TL) were analyzed. The sex ratio was 1.18:0.85 (M:H), with a total of 90 (45.9%) females and 106 (54.1%) males, and significant differences for immature and maturing in June 2008. The total length-weight relationships were isometric in both sexes, indicating a proportional increase in both variables. The logistic model suggests that 50% of the females are mature at 170 cm TL; while 50% of the males are mature at 179 cm Lt. Fecundity was 3 to 10 embryos, with lengths of 10.2 to 52 cm Lt. Size at birth was 55 cm Lt. The gravid females were synchronized in their reproductive cycle, with the oceanographic features found in the Gulf of Tehuantepec.

KEY WORDS

C. falciformis, biology, sexual maturity, reproduction, Gulf of Tehuantepec.



Mientras la Tierra exista, seguirá habiendo inmortales que
quieran vivir de ella; mientras el mar exista, los seres seguiremos
dejando huellas inmersas en lo profundo; mientras la vida siga,
seguiremos existiendo...



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa la recopilación del esfuerzo y conocimiento de muchas personas, quienes a lo largo del desarrollo contribuyeron de manera significativa.

A mi familia porque este logro lo hicimos juntos; a mis padres quienes con su gran esfuerzo y dedicación me dieron todo para ser una persona completa y feliz. A mi hermano por su amor y apoyo incondicional. Los amo familia, gracias por darme tanto amor y ayudarme a cumplir mis sueños. Han sido mi gran ejemplo a seguir porque de ustedes aprendí que con esfuerzo y coraje todo se logra en la vida sin importar los obstáculos que se presenten.

A Erick por su gran amor y apoyo. Gracias por estar a mi lado y por hacerme tan feliz.

Al enigmático océano que ha llenado mi ser de innumerables experiencias al permitirme estar cerca de él.

A los profesores (con y sin título) que contribuyeron en mi formación académica compartiendo sus conocimientos y enseñanzas sobre la vida marina y que me hicieron una mejor persona. Y en especial a los que me aceptaron tal y como soy.

Agradezco de manera especial a mi directora M. en C. Ana Torres por confiar en mis capacidades para realizar el trabajo y por su apoyo durante el desarrollo de la investigación. Gracias por darme la oportunidad de trabajar con lo que más me gusta.

Al comité revisor de la tesis: M. en C. Jesús García Grajales, Dr. Vicente Anislado, Dr. Felipe Galván y el Dr. Javier Tovar por sus comentarios y correcciones que ayudaron a mejorar el trabajo, además de su gran apoyo cuando más lo necesitaba.



Al proyecto “Elasmobranquios del sistema lagunar Chantuto-Panzacola y Carreta-Pereyra de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas” (DJ030) financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), por permitirme realizar el estudio.

Al proyecto “Monitoreo de la ictiofauna del sistema lagunar Chantuto-Panzacola en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas” (CHIS-2005-C03-106) financiado por CONACYT-Gobierno de Chiapas y la Universidad del Mar por el apoyo a la tesis.

A todo el equipo de trabajo de los campos pesqueros que hicieron posible la obtención de las muestras, ya que son parte fundamental en las investigaciones.

A quienes colaboraron directa e indirectamente en la toma de datos de campo, ya que sin su ayuda no se hubiera logrado este trabajo. Y a todas las personas que contribuyeron de alguna manera al desarrollo del proyecto con sus valiosos consejos y aportaciones para ayudarme a mejorar.

Porque la amistad al ser energía no se crea ni se destruye, solo se transforma...

A la banda auténtica: Jan, Ferguzon, Chapu, Rambo, Tama por acompañarme en este maravilloso camino de la vida y por ser parte de mi felicidad.

A mis hermanitas del grupo “Constelación” por compartir los sueños y llevarlos a cabo y a todas las mujeres que me han enseñado algo y que han sido parte importante en mi vida. Las quiero muchísimo!!



INDICE GENERAL

RESUMEN -----	iii
ABSTRACT -----	iv
AGRADECIMIENTOS -----	vi
INDICE GENERAL -----	viii
INDICE DE FIGURAS -----	x
INDICE DE TABLAS -----	xi
I. INTRODUCCION -----	1
1.1. Importancia económica del tiburón-----	3
1.2. Pesquería del tiburón en Chiapas-----	5
1.3. Caracteres distintivos de <i>Carcharhinus falciformis</i> -----	8
1.4. Antecedentes-----	9
1.5. Justificación-----	11
II. HIPOTESIS -----	13
III. OBJETIVO GENERAL -----	14
3.1. Objetivos particulares-----	14
IV. MATERIAL Y MÉTODO -----	15
4.1. Área de estudio-----	15
4.2. Trabajo de campo-----	18
4.3. Trabajo de gabinete-----	20
V. RESULTADOS -----	24
5.1. Composición de tallas y proporción de sexos-----	25
5.2. Relación longitud total–peso-----	31
5.3. Talla de madurez sexual-----	32



5.3.1. Hembras -----	33
5.3.2. Machos -----	34
5.4. Fecundidad-----	36
5.5 Vitelogénesis y gestación -----	36
VI. DISCUSION -----	39
6.1. Composición de tallas y proporción de sexos -----	40
6.2. Relación longitud total–peso -----	44
6.3. Talla de madurez sexual -----	46
6.3.1. Hembras -----	46
6.3.2. Machos -----	47
6.4. Fecundidad-----	49
6.5. Vitelogénesis y gestación-----	50
VII. CONCLUSIONES-----	55
VIII. RECOMENDACIONES-----	56
IX. REFERENCIAS -----	58



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Serie histórica sobre la producción pesquera de tiburón en Chiapas, durante el periodo 1993 a 2003 (SAGARPA y CONAPESCA, 2003) -----	7
Figura 2. <i>Carcharhinus falciformis</i> (tiburón aleta de cartón) (Tomado de FAO, 2000)-----	8
Figura 3. Área de estudio e identificación de la localidad de muestreo -----	17
Figura 4. Frecuencia de tallas de <i>C. falciformis</i> en la costa de Chiapas-----	25
Figura 5. Distribución modal en organismos de <i>C. falciformis</i> de acuerdo al análisis de Kernel -----	26
Figura 6. Frecuencia de tallas por estado de madurez de hembras de <i>C. falciformis</i> -----	27
Figura 7. Distribución modal en hembras de acuerdo al análisis de Kernel-----	27
Figura 8. Frecuencia de tallas por estado de madurez de machos de <i>C. falciformis</i> -----	28
Figura 9. Distribución modal en machos de acuerdo al análisis de Kernel-----	29
Figura 10. Relación longitud total–peso para hembras de <i>C. falciformis</i> -----	31
Figura 11. Relación longitud total–peso para machos de <i>C. falciformis</i> -----	32
Figura 12. Relación longitud total–ancho de la glándula oviducal en diferentes estados de madurez en hembras de <i>C. falciformis</i> -----	34
Figura 13. Relación longitud total–longitud del mixopterigio en diferentes estados de madurez en machos de <i>C. falciformis</i> -----	35
Figura 14. Relación longitud total–fracción madura en organismos de <i>C. falciformis</i> -----	35



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Periodo de muestreo en Puerto Madero, Chiapas -----	18
Tabla 2. Escala de desarrollo gonadal macroscópico adaptada para las hembras de peces cartilagosos (Tomado de Acero <i>et al.</i> 2008) -----	19
Tabla 3. Escala de desarrollo gonadal macroscópico adaptada para los machos de peces cartilagosos (Tomado de Acero <i>et al.</i> 2008) -----	20
Tabla 4. Número de organismos examinados durante el periodo de muestreo-----	24
Tabla 5. Proporción de sexos por estado de madurez de <i>C. falciformis</i> en cada muestreo realizado -----	30
Tabla 6. Frecuencia de <i>C. falciformis</i> por estado de madurez sexual y sexo-----	33
Tabla 7. Hembras preñadas de <i>C. falciformis</i> y proporción sexual de embriones -----	36
Figura 15. Tendencia de la longitud de ovocitos y la longitud total embrionaria a lo largo del año-----	38



I. INTRODUCCION

Los tiburones pertenecen a la clase taxonómica de los Chondrichthyes o peces cartilagosos. Se caracterizan por presentar un esqueleto simple interno formado por un cartílago flexible, una mandíbula superior e inferior y nostrilos en la cabeza (Compagno *et al.* 2005). Se conocen alrededor de 500 especies de tiburones, aunque este número va en aumento. Su forma es usualmente cilíndrica aunque algunos tienen cuerpos deprimidos, poseen de 5 a 7 pares de aberturas branquiales al lado de la cabeza y aletas pectorales. Tienen una aleta caudal larga y una o dos aletas dorsales, algunas veces con espinas (Compagno *et al.* 2005).

Son depredadores tope en los ecosistemas marinos y costeros (Castillo *et al.* 1998; Cortés, 1999), 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).

Los tiburones son organismos extremadamente susceptibles a la explotación, debido a sus características biológicas como es la baja fecundidad y un largo período de gestación, que determinan un bajo potencial reproductivo y una baja tasa de crecimiento y gran longevidad, dando como resultado bajas tasas de crecimiento poblacional (Holden, 1974; Hoening y Gruber 1990; Calliet, 1993).



Por las características de los ecosistemas marinos y costeros de México, propias de ambientes de las zonas tropical y subtropical, existe una gran diversidad de tiburones. Se han reconocido más de 200 especies de elasmobranquios, incluyendo a tiburones, angelitos, mantas y rayas, distribuidos en aguas de jurisdicción federal (litoral del Océano Pacífico y Atlántico) (CONAPESCA-INP, 2004).

El creciente interés por el estudio de los tiburones, junto con el hecho de que cada vez se están declarando protegidas a más especies, sugiere una urgencia en investigaciones que den resultados a corto plazo. En 2007, en México entró en vigor la normatividad sobre pesca responsable de tiburón, (NOM-029) y especies afines, la cual tiene el propósito de inducir el aprovechamiento sostenible de los tiburones, así como contribuir a la conservación y protección de elasmobranquios y otras especies que son capturadas incidentalmente en estas pesquerías (DOF-SAGARPA, 2007).

De acuerdo con las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Pesca, aproximadamente el 50% de la producción de tiburones de importancia comercial de la pesca artesanal está integrada por organismos inmaduros. Algunas especies están siendo explotadas inadecuadamente y presentan indicios de sobreexplotación, como es el caso de *Carcharhinus falciformis* (DOF-SAGARPA, 2007). La alta diversidad de especies presentes en la captura, la variabilidad estacional en la abundancia, el bajo valor de la carne en comparación con el alto valor de las aletas, entre otras, ocasionan un escaso control del aprovechamiento del producto (SEMARNAP, 2001).



1.1. Importancia económica del tiburón

En México la pesquería dirigida al tiburón se realiza tanto en aguas costeras como en aguas oceánicas. Más del 90% de la producción se destina al consumo nacional, proporcionando carne de bajo costo a amplios sectores de la sociedad, con lo cual adquiere gran importancia alimentaria. Otros productos aprovechados son la piel, vísceras, mandíbulas, cartílago y aletas (SEMARNAP, 2001). El tiburón es un recurso biológico importante, ya sea desde el punto de vista ecológico, por ser un depredador tope que regula muchas poblaciones y desde el punto de vista pesquero, alimentario, turístico y económico, ya que sus considerables volúmenes de captura, permiten el sustento en todos los campos (Compagno, 1984).

La pesca de tiburones se realiza por embarcaciones menores, de mediana altura y de altura, utilizando esencialmente redes de enmalle y palangres. Del total de la pesca, el 40% es aportado por embarcaciones menores, en tanto que el 60% corresponde a embarcaciones de mediana altura y de altura (DOF-SAGARPA, 2007). Los tiburones como grupo, se encuentran en el doceavo lugar entre las especies que mayor volumen aportan a la producción pesquera nacional con 21,029 toneladas de desembarco anual, de las cuales, en el Pacífico se obtienen 19,126 toneladas y en el Golfo y Caribe 1,903 toneladas anuales (SAGARPA, 2009). La mayor parte de la producción total de tiburones se destina al consumo humano (SEMARNAP, 2001).

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-029 la importancia relativa de la pesquería por la producción que genera está relacionada con su contribución de 2.5 % del volumen total de productos pesqueros generados en las últimas dos décadas (DOF-SAGARPA, 2007).



En México la pesca de tiburones está enfocada principalmente a las capturas de los organismos pertenecientes a las familias *Alopiidae*, *Carcharhinidae*, *Squatinae*, *Sphyrnidae* y *Triakidae* (Castillo, 1992; Bonfil, 1994; CONAPESCA-INP, 2004).

En aguas oceánicas del Pacífico mexicano (excepto el Golfo de California y parte norte de la costa occidental de Baja California) la composición específica de las capturas de tiburones durante el periodo de 1986 a 1999 estuvo conformada principalmente por *Alopias vulpinus* con 37.7%, *Prionace glauca* con 37.2% y *Carcharhinus falciformis* con 17.8% (SAGARPA, 2000).

En la región del Golfo de Tehuantepec, de las 23 especies agrupadas en seis familias que se tienen registradas, la pesquería esta soportada principalmente por *Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini*, representando aproximadamente el 90% de la captura (Soriano-Velásquez *et al.* 2001), la cual se refleja para las aguas costeras de Chiapas, donde los registros de la Carta Nacional Pesquera muestran que la composición de captura de tiburones por especies durante el periodo 1996 al 2001 está compuesta en su mayoría por *Carcharhinus falciformis* (51.41%) y *Sphyrna lewini* (35.97%) (SAGARPA, 2000).

Para la costa de Chiapas, del Prado-Vera *et al.* (1997) mencionan que en los desembarques *Carcharhinus falciformis* aporta el 60% de la abundancia, siguiendo en orden de importancia *Sphyrna lewini* (36.16%), *Nasolamia velox* (2.3%), *Carcharhinus limbatus* (1.3%), *Alopias pelagicus* (0.6%), *Galeocerdo cuvieri* (0.3%), *Sphyrna zygaena* (0.1%), *Alopias superciliosus* (0.1%) e *Isurus oxyrinchus* (0.05%).

Dada la importante diversidad de tiburones que habitan las aguas del Golfo de Tehuantepec, la composición específica de las capturas varía de acuerdo a la región y a la estación del año, puesto que la gran mayoría de las especies grandes de tiburones presentan



un comportamiento migratorio estacional muy marcado, particularmente en las aguas del Pacífico Mexicano (Alejo-Plata *et al.* 2007).

Esta región es considerada como zona de agregación de hembras grávidas; sin embargo es posible que solo se esté pescando una fracción de estos organismos ya que el mayor porcentaje se encuentra en aguas de Centroamérica, por lo que es importante realizar estudios enfocados a definir las áreas de crianza en aguas del Pacífico Centro Sur (Soriano-Velásquez *et al.* 2001).

1.2. Pesquería del tiburón en Chiapas

El Golfo de Tehuantepec es un ecosistema del que dependen muchas especies de peces (con o sin importancia económica), y que funciona como una zona de desove y crianza dentro del Pacífico Tropical Oriental. La dinámica del mar está determinada por los vientos del norte, cuya fuerza desplaza las aguas costeras superficiales hacia el sur, mismas que son reemplazadas por aguas frías del fondo y ricas en nutrientes (Ayala-Duval *et al.* 1998). La región del Golfo de Tehuantepec es una zona importante debido a las características oceanográficas que posee, ya que presenta una alta productividad y por lo tanto una mayor disponibilidad de alimento (CONAPESCA-INP, 2004).

A pesar de ello, estos recursos pueden ser afectados por una sobreexplotación, ya que las especies tienen lento crecimiento y largo ciclo de vida, lo que asociado a su baja natalidad, determina un bajo reclutamiento que sostenga a esta pesquería (Musick, 1999).

La pesca artesanal de tiburones en el Golfo de Tehuantepec está relacionada con la pesca artesanal de peces de escama, dorado, vela y marlín, ya que ambas se llevan a cabo con las mismas embarcaciones y en muchos casos con los mismos equipos y artes de pesca.



Generalmente las únicas diferencias entre ellas son la temporada y la zona de pesca. (CONAPESCA-INP, 2004).

En la costa de Chiapas, las principales actividades son la ganadería, la agricultura y la pesca ribereña (Tapia-García, 1997). Las especies con mayores volúmenes de pesca son los túnidos, la mojarra, el camarón y el tiburón; el volumen de producción pesquera de tiburón es de 3,680 toneladas anuales (SAGARPA, 2009), siendo Puerto Madero un importante campo pesquero que contribuye a la producción de dicho volumen.

Puerto Madero es considerado un asentamiento estable para los pescadores nativos, actualmente es una de las comunidades tiburonerías más importantes del país. La pesca del tiburón tuvo sus inicios con el autoconsumo hasta la década de los sesentas, utilizando embarcaciones medianas en las que se ocupaban redes y anzuelos para la captura de los organismos (Castillo-Géniz *et al.* 1997). En los setentas, dicha pesca cobró auge y las embarcaciones se sustituyeron por otras más modernas, así como los artes de pesca, ya que se hacía con cimbra provista de anzuelos.

Los años ochentas trajeron muchos cambios para Puerto Madero, ya que se inició la captura de tiburón en forma masiva, por lo que la pesquería presentó una tendencia a incrementarse. De hecho, en un periodo de 16 años (1981-1996), Chiapas se convirtió en el primer estado productor del tiburón en el país, con un promedio anual de 3,687 toneladas (CONAPESCA-INP, 2004), registrando los volúmenes de captura más altos, siendo el máximo histórico en 1991, con un total de 6,725 toneladas (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz, 1998). Durante la temporada de los noventas, Puerto Madero obtuvo considerables volúmenes de captura, siendo el año de 1994 en el que se obtuvieron más organismos, aproximadamente 5,000 toneladas (Fig 1).



Actualmente esta actividad adquiere gran auge ya que representa una de las pesquerías de mayor importancia económica de la región, lo que indica que continua el aumento en la demanda del producto (Alejo-Plata *et al.* 2007).

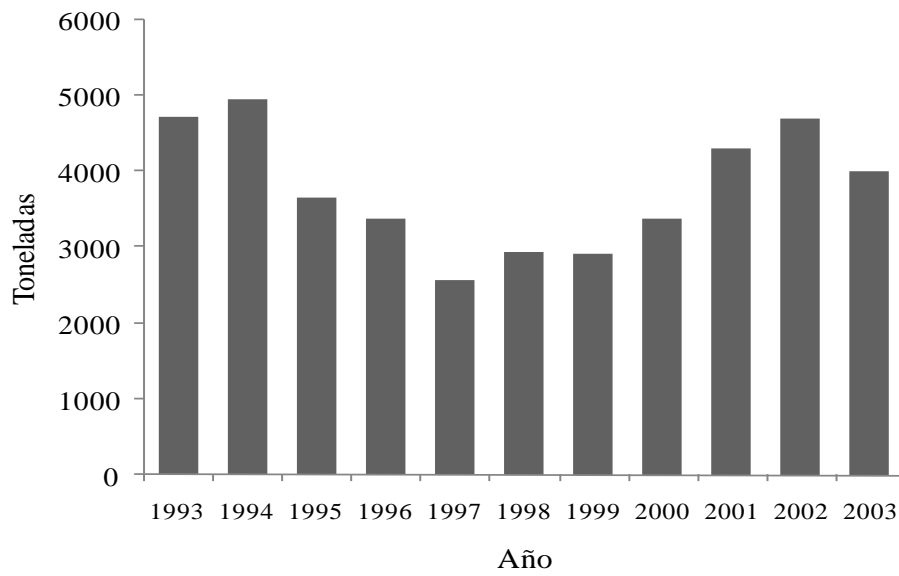


Figura 1. Serie histórica sobre la producción pesquera de tiburón en Chiapas, durante el periodo 1993 a 2003 (SAGARPA y CONAPESCA, 2003).

El uso de un arte de pesca o de otro está en relación directa con las variaciones estacionales del recurso, ya que en algunas temporadas del año el tiburón se pesca mejor con cimbra y en otras con trasmallo (Ortiz-Segura, 1993). En las últimas décadas los cambios en la pesquería del tiburón son debido al alejamiento del recurso de las zonas donde inicialmente se pescaba. El tiburón se ha alejado de las costas, lo que hace más peligrosa la captura y aumenta los costos de extracción (Ortiz-Segura, 1993).



1.3. Caracteres distintivos de *Carcharhinus falciformis*

El tiburón aleta de cartón tiene cuerpo alargado y esbelto, con hocico redondeado, moderadamente largo; dientes de la mandíbula superior con cúspides angostas y bien delimitadas de las bases robustas y aserradas, sus bordes externos escotados; dientes de la mandíbula inferior verticales, simétricos, con bases anchas (Compagno *et al.* 1995).

La primera aleta dorsal es moderadamente alta, de ápice redondeado, su origen situado por detrás de los extremos libres de las aletas pectorales; la segunda aleta dorsal es muy baja, su lóbulo posterior es largo y delgado y su origen está situado aproximadamente por encima del origen de la aleta anal; el margen interno es más largo que el doble de la altura de la aleta, además de presentar un pliegue interdorsal; las aletas pectorales son más largas y falciformes en los adultos (Castro, 1983).

El color de este tiburón en el dorso es gris oscuro, gris marrón o azul negruzco (cuando está vivo); el vientre es grisáceo o blanco (Figura 2). La longitud máxima reportada es de 330 cm de longitud total (Lt) (Garrick 1982, FAO, 2000).

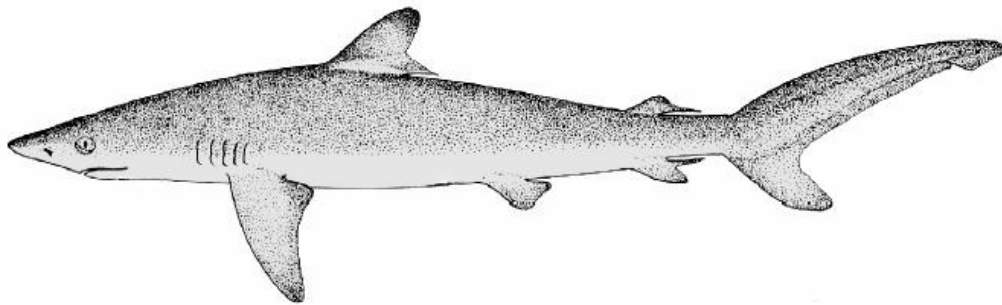


Figura 2. *Carcharhinus falciformis* (tiburón aleta de cartón) (Tomado de FAO, 2000).



1.4. Antecedentes

Hace poco más de una década, el conocimiento de las especies presentes en las costas de México, solo se reflejaba en publicaciones con notas breves sobre aspectos de distribución, taxonomía, reproducción y alimentación (Villavicencio-Garayzar *et al.* 1997); actualmente se tienen artículos y libros científicos que revelan el estudio de muchas especies de tiburones y rayas. Sin embargo, en México la información acerca de la situación biológica y pesquera de la mayoría de especies de tiburones es escasa.

A escala mundial se conoce parte de la biología de *C. falciformis* debido a su frecuente presencia en las capturas de atunes, picudos y otras especies (Bane, 1966; Stevens, 1984; Bonfil *et al.* 1993). *Carcharhinus falciformis* es una especie tropical y subtropical de distribución cosmopolita. Es común en el Pacífico mexicano, incluyendo el Golfo de California, así como en el litoral del Golfo de México y Mar Caribe. Habita en los trópicos cerca del borde de la plataforma de las islas y los continentes, y en mar abierto. Desde la superficie hasta profundidades de 500 m (Compagno *et al.* 1995, Allen 1999).

Su longevidad estimada es superior a los 14 años; su principal alimento lo constituyen los peces, los cefalópodos y los crustáceos (Mendizábal y Oriza, 1995). Al igual que otros tiburones del mismo género, el tiburón aleta de cartón se segrega por sexos, por lo que el apareamiento ocurre sólo durante un periodo de tiempo, cuando los miembros de ambos sexos están juntos (Strasburg, 1958). *C. falciformis* es una especie con reproducción vivípara y el número de embriones por camada va de 2 a 14 crías (Compagno *et al.* 2005).

En el Pacífico mexicano, existen trabajos acerca de la biología reproductiva de *C. falciformis*, para las costas de Baja California Sur, uno de ellos es el de Cadena-Cárdenas



(2001) quien encontró que 78.0% de los organismos que examinó fueron hembras y 22.0% fueron machos, determinando que la mayor proporción de organismos maduros se presenta de julio a septiembre. La talla de nacimiento fue estimada a los 70 cm Lt y el periodo de gestación se estimó en 12 meses, con un descanso entre un parto y otro. El trabajo de Hoyos-Padilla (2003) revela que la proporción de sexos fue de 1H:0.6M, notando la ausencia de una estacionalidad definida para la actividad reproductiva en estos organismos. Ambos autores determinaron que la talla de madurez se encuentra alrededor de los 180 cm de Lt.

Otros trabajos que hablan sobre la especie, en las costas de Baja California Sur, son el de Sánchez de Ita (2004) que determinó la edad, crecimiento y estructura por tallas y edades del tiburón aleta de cartón y el más reciente es el de Cabrera-Chávez *et al.* (2010) quienes realizaron un estudio sobre aspectos de alimentación de *C. falciformis*, encontrando tres grupos tróficos principales: cefalópodos, representados principalmente por el calamar gigante *Dosidicus gigas*; crustáceos, representados por la langostilla *Pleuroncodes planipes* y peces teleosteos, en su mayoría representados por el pez dorado *Coryphaena equiselii*.

Para el Golfo de Tehuantepec Ronquillo-Benítez (1999) reportó parámetros biológico-pesqueros de *C. falciformis*, Galván-Tirado (2007) describió la biología reproductiva de la especie así como también analizó la distribución de tallas y proporción de sexos. Y para la costa oaxaqueña Alejo-Plata *et al.* (2007) realizaron un estudio de abundancia, distribución de frecuencia de tallas, así como de aspectos reproductivos de la especie, tales como proporción sexual, fecundidad y periodo de gestación.



1.5. Justificación

Pese a las fluctuaciones en la oferta y la demanda, causadas por los cambios en la situación de los recursos pesqueros, la pesca sigue siendo una actividad muy importante como fuente de alimento, empleo e ingresos en muchos países (FAO, 2000). Se estima que 25-27% de las especies se encuentran explotadas insuficiente o moderadamente, 47-50% de las poblaciones están plenamente explotadas (y por lo tanto sus capturas han alcanzado o están muy cerca de alcanzar los límites máximos, sin que queden posibilidades de expansión de sus pesquerías) y 15-18% están sobreexplotadas y no tienen potencial alguno de incremento. Además existe la probabilidad creciente de que las capturas de estas especies se reduzcan si no se adoptan medidas correctivas para reducir o revertir las condiciones de sobrepesca. El 10% de las poblaciones restantes están agotadas o recuperándose del agotamiento (FAO, 2000).

En el documento titulado “El estado mundial de la pesca y la acuicultura” (FAO, 2006), se menciona la situación crítica de los tiburones a nivel mundial, estando más de la mitad de las poblaciones sobre las que se dispone de información sobreexplotadas o agotadas. Estos recursos pueden considerarse indicadores clave de la situación de una gran parte del ecosistema oceánico.

En aguas mexicanas se han reportado 80 especies de tiburones, ubicando a México como un sitio de conservación y protección de la diversidad de estos peces (Applegate *et al.* 1979; Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996). A pesar de que se ha generado información de las capturas por las flotas nacionales y extranjeras en aguas mexicanas, poco se conoce sobre la distribución, abundancia y aspectos de historia de vida de los tiburones, siendo indispensable estimar índices de abundancia por especie. En general los tiburones presentan



un bajo potencial reproductivo, crecimiento lento y una madurez sexual tardía, por lo que se consideran organismos altamente susceptibles a esfuerzos de pesca excesivos (CONAPESCA-INP, 2004).

En 1994, la Novena Conferencia de las Partes de la Convención Internacional sobre Comercio de Especies de la Flora y Fauna Silvestre Amenazadas o en peligro (CITES), solicitó a la FAO y a otros organismos establecer programas de evaluación de las especies de tiburón (SEMARNAP, 2001).

La pesca de tiburón en Chiapas es una actividad tradicional, que aporta una importante fuente de empleo, alimento e ingresos económicos a las familias, siendo *Carcharhinus falciformis* la especie más importante en cuanto a su captura y manejo (del Prado Vera *et al.* 1997).

A pesar de los trabajos que existen publicados para la mayoría de los tiburones, *C. falciformis* es una especie que carece de estudios suficientes sobre su biología en el Golfo de Tehuantepec. Es por esta razón que conocer y entender su biología es importante para contar con información para un mejor manejo de las poblaciones. Por lo que, los objetivos del presente trabajo pretenden contribuir al conocimiento de su biología reproductiva.



II. HIPOTESIS

1. De acuerdo a los conocimientos que se tienen acerca de los hábitos reproductivos de los elasmobranquios, y con base en la información basada en las tallas y en la madurez sexual, los tiburones de ambos sexos de *C. falciformis* presentan diferentes estados de madurez como lo son: organismos inmaduros, en maduración y maduros.
2. Ya que, los elasmobranquios generalmente presentan un tipo de crecimiento alométrico, entonces *C. falciformis* también tiene el mismo patrón de crecimiento, en el cual existen diferencias entre sexos, mismas que se reflejan con un mayor tamaño de las hembras que de los machos, por lo que estos últimos llegan a su madurez sexual a una talla menor que las hembras.
3. *C. falciformis* es una especie es vivípara con una estrategia reproductiva K, por lo que presenta una baja fecundidad con un periodo de gestación largo.



III. OBJETIVO GENERAL

Conocer la biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* en la costa de Chiapas.

3.1. Objetivos particulares

- Determinar la composición de tallas y proporción de sexos.
- Determinar la relación entre la longitud total y el peso.
- Establecer las tallas de madurez en machos y hembras.
- Establecer la fecundidad, talla y época de nacimiento.
- Determinar los periodos de vitelogénesis y gestación



IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. Área de estudio

El Golfo de Tehuantepec se localiza entre las coordenadas de latitud Norte $96^{\circ} 7' 30''$ y $92^{\circ} 14' 30''$, y las de longitud Oeste $14^{\circ} 30' 15''$ y $16^{\circ} 13'$. Es una región tradicionalmente pesquera y altamente productiva desde el punto de vista ecológico, ya que presenta importantes procesos físicos y ecológicos durante el año, como es el fenómeno de surgencias, los aportes continentales de agua dulce y la dinámica ecológica de grandes sistemas lagunares, que determinan una producción pesquera alta y sostenida (Tapia-García, 1997).

La región tiene un clima templado sub-húmedo, con lluvias abundantes en verano. Dos estaciones climáticas se distinguen, la temporada seca (noviembre a mayo) y la estación lluviosa (junio a noviembre). Los vientos del norte se producen durante la estación seca (se conocen como "Nortes" en el Golfo de México; en el istmo se llaman "tehuanos", "Tehuantepecos" o "Tehuantepecanos") (Tapia García *et al.* 2007). Estos vientos Tehuanos se extienden horizontalmente y hacia el mar, afectando una superficie aproximada de 200 km de ancho y 500 km de largo. Cuando el viento sopla en la superficie del mar, empuja el agua y forma una zona de convergencia, que determina el hundimiento de la termoclina. Una zona de divergencia se produce hacia el este de la zona de los vientos. La zona de



divergencia produce una elevación de la termoclina. Esta divergencia lleva los nutrientes hacia la superficie, aumentando la producción primaria (Tapia García *et al.* 2007).

Durante el verano los vientos son generalmente débiles, y las corrientes de superficie tienen una dirección Oeste-Noroeste, con velocidades de 5 cm/s, y temperaturas superficiales entre 28° y 30° C. Hay varias lagunas y ríos costeros en el Golfo de Tehuantepec, que descargan principalmente en la costa de Chiapas. Que superan los 1500 millones de m³/año de drenaje de agua. La variación de los parámetros abióticos refleja los cambios estacionales en el Golfo de Tehuantepec (Tapia García *et al.* 2007).

La menor salinidad corresponde a la temporada de lluvias (junio-noviembre), y la mayor salinidad corresponde con la estación seca y con los vientos Tehuanos (noviembre-mayo); contrario a lo que sucede con la temperatura del agua, que presenta los valores más bajos durante la estación seca y los valores más altos durante la temporada de lluvias.

La mayor variación tanto de la salinidad como de la temperatura en noviembre, son un indicador del final de la temporada de lluvias y el inicio del período de surgencias, por lo que en ese mes la influencia de los procesos costeros hacia el sureste del Golfo (costa de Chiapas) resulta en valores bajos de nutrientes, salinidad y pH, y en valores elevados de oxígeno y temperatura, lo que indica la gran actividad fotosintética que existe en las aguas de superficie y de la interacción océano-atmósfera (Tapia García *et al.* 2007).

La plataforma continental del Golfo de Tehuantepec puede dividirse en dos subsistemas principales, cuyas dinámicas están en relación con la hidrología y sedimentología, uno correspondiente a la costa de Oaxaca y el otro a la costa de Chiapas con un límite variable entre ambos (Tapia García *et al.* 2007). El Subsistema Chiapaneco



corresponde a la plataforma continental interior de Chiapas, entre la entrada de Tonalá y el Río Suchiate (en la frontera con Guatemala).

La influencia que recibe este subsistema proviene de la corriente de Costa Rica y de los procesos epicontinentales. Los sedimentos son de arena y barro o arena con pequeñas cantidades de grava. Hay una ausencia de radiolarios como consecuencia de la menor salinidad (Tapia García *et al.* 2007).

El Golfo de Tehuantepec presenta alta actividad biológica, con un aporte de nutrientes a la superficie, debido a una termoclina somera (Vinogradov, 1981). Las zonas de surgencia con alta productividad primaria, permiten el establecimiento de invertebrados y peces, que a su vez soportan poblaciones de depredadores tope, como los tiburones.

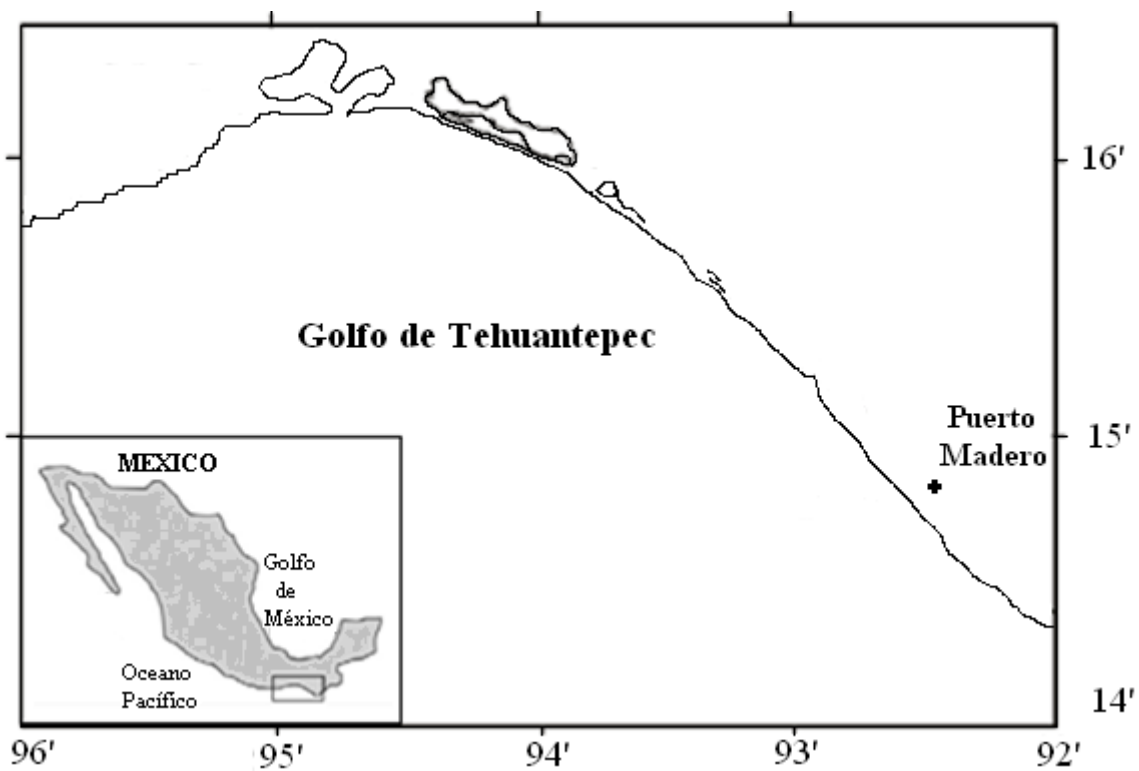


Figura 3. Área de estudio e identificación de la localidad de muestreo.



4.2. Trabajo de campo

Se realizaron ocho muestreos en Puerto Madero, Chiapas de agosto de 2006 a junio de 2008 con un promedio de cinco días por muestreo. Se examinó un total de 196 organismos capturados en la pesca artesanal utilizando embarcaciones menores tipo panga con motores fuera de borda y palangres de 500 a 600 anzuelos. La tabla 1 muestra las fechas de cada muestreo.

Tabla 1. Periodo de muestreo en Puerto Madero, Chiapas.

Muestreo	Fecha	Año
1	Agosto	2006
2	Octubre	2006
3	Diciembre	2006
4	Marzo	2007
5	Junio	2007
6	Octubre	2007
7	Febrero	2008
8	Junio	2008

De cada organismo capturado, se obtuvo la longitud total (Lt), midiendo con una cinta métrica desde la punta del morro hasta la punta del lóbulo superior de la aleta caudal (colocada en posición natural), el peso total (Pt) mediante una balanza industrial con escala marcada cada 100 gramos y el sexo diferenciándose los machos de las hembras por presentar los órganos copuladores, llamados mixopterigios, en las aletas pélvicas (Compagno, 1984).

En el caso de las hembras, se realizó una incisión ventral, partiendo desde la cloaca hasta la región anterior de la cavidad abdominal con el fin de medir la longitud de la glándula oviducal (Pratt, 1979). En el caso de las hembras grávidas, se registró el número



de embriones por hembra, la longitud total y sexo de cada embrión. Para la observación de la vitelogénesis, en todos los casos, se midieron los ovocitos de mayor tamaño con ayuda de un vernier.

Para los machos, se midió la longitud de los mixopterigios, midiendo con una cinta métrica desde la parte posterior de la cloaca hasta la parte distal de estos, así como el estado de calcificación que presentaron dichos órganos copuladores (Pratt, 1979).

Para la determinación del estado de madurez, se clasificaron hembras y machos con base en la escala de desarrollo gonadal macroscópico adaptada para peces cartilagosos (Acero *et al.* 2008). La tabla 2 muestra los criterios considerados para hembras y la tabla 3 los criterios para machos.

Aunado a esto, se consideraron organismos neonatos a aquellos con la presencia de cicatriz umbilical todavía abierta, es decir, con restos de sangre, y juveniles a los que presentaron la cicatriz completamente cerrada.

Tabla 2. Escala de desarrollo gonadal macroscópico adaptada para las hembras de peces cartilagosos (Tomado de Acero *et al.* 2008).

Fase I	Inmadura	Sin desarrollo ovárico, ovarios pequeños de textura blanda, oviductos delgados poco desarrollados.
Fase II	En maduración	Ovarios delgados, de consistencia sólida y apariencia uniforme, sin ovocitos visibles, oviductos delgados.
Fase IIIa	Madura sin embriones	Ovocitos visibles, oviductos gruesos y útero parcialmente ensanchado.
Fase IIIb	Madura con embriones	Ovarios con ovocitos, presencia de embriones, útero ensanchado ocupando gran parte de la cavidad visceral.
Fase IV	Madura Postparto	Útero ensanchado con paredes vascularizadas y flácidas. Abertura cloacal expandida.



Tabla 3. Escala de desarrollo gonadal macroscópico adaptada para los machos de peces cartilagosos (Tomado de Acero *et al.* 2008).

Fase I	Inmaduro	Testículos blandos, ductos poco diferenciados, mixopterigios pequeños, flácidos, rifiodón cerrado, ausencia de semen y rotación menor a 360 °.
Fase II	En maduración	Testículos consistentes, ductos bien desarrollados, epidídimos enrollados en la porción anterior y media del ducto eferente, los mixopterigios han aumentando de tamaño y están parcialmente calcificados.
Fase III	Maduro	Testículos con lóbulos prominentes indicativos de activa producción espermática, conducto deferente se extiende adyacente a la columna vertebral, epidídimo enrollado a lo largo de todo el conducto hasta llegar a la vesícula seminal, mixopterigios totalmente calcificados, rifiodón abierto y presencia de semen. Rotación 360 °.

4.3. Trabajo de gabinete

Para la determinación y descripción de la composición de tallas se utilizó el estimador no paramétrico de densidad por Kernel (EDKs) para evitar la apariencia discontinua del histograma, a través de figuras redondeadas. Específicamente, la función por Kernel Gaussiano, con una eficiencia de ≈ 0.9295 , esto con el fin de determinar tanto la amplitud de los intervalos como los grupos modales que existen. La función se describe con la siguiente fórmula:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \frac{(x - xi)}{h}$$



Donde

$f(x)$ = estimación de la densidad de la variable x

n = número de observaciones

h = amplitud

K = Función por Kernel (suavidad)

x = valor de densidad

La función Gaussiana $K(z)$ se describe con la siguiente fórmula:

$$K(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}z^2\right)$$

Donde

$$z = (x - x_i) / h$$

La función Gaussiana fue obtenida con el paquete estadístico Stata 9.1, (Salgado-Ugarte 2002 y Salgado-Ugarte *et al.* 2005). Los histogramas de frecuencia de tallas se graficaron en el programa Statistica para ambos sexos.

La proporción de sexos fue estimada para la población total y para cada estado de madurez, asumiéndose una relación 1:1, en la que las hipótesis estadísticas indican que H_0 corresponde a una proporción 1:1 y H_a corresponde a una proporción diferente de 1:1; para lo cual se dividió el número de hembras entre el número de machos (totales y de cada estado de madurez); a continuación se llevó a cabo la prueba X^2 , de acuerdo a Zar (1996), para determinar si se aceptaba o no la hipótesis H_a :

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - \hat{f}_i)^2}{f_i}$$

Donde f_i se refiere a las frecuencias o proporciones observadas y \hat{f}_i a esperadas.



La relación entre L_t y P se estimó para cada sexo, mediante la ecuación potencial:

$$P = a (L_t^b)$$

Donde:

a = ordenada al origen

b = pendiente

a y b son los parámetros que se estiman mediante el análisis de regresión lineal con los datos transformados en logaritmo base 10:

$$\log P = \log a + b \log (L_t)$$

Finalmente se determinó si el tipo de crecimiento de los organismos es alométrico o isométrico, aplicando una prueba t de Student y se hizo la comparación entre sexos utilizando un análisis de covarianza (ANCOVA).

Para el análisis de madurez sexual, primero se graficó la relación entre la longitud total y el ancho de la glándula oviducal en los diferentes estados de madurez de las hembras; y en el caso de los machos se graficó la relación entre la longitud total y la longitud del mixopterigio en los diferentes estados de madurez.

Se obtuvo la talla de primera madurez sexual, que se define como la menor longitud a la cual al menos un ejemplar evidencia un desarrollo gonadal máximo (Pratt, 1988). Aunado a esto también se estimó la proporción de madurez para hembras y machos, mediante un modelo logístico ajustando la proporción de individuos maduros en cada intervalo de tallas a una función logística. Cabe mencionar que para la estimación de la curva de madurez, solo se tomaron dos categorías, maduros e inmaduros, ya que el modelo utiliza una función dicotómica para el análisis, por lo que los individuos en maduración se



consideraron como inmaduros. La función logística se realizó de acuerdo a los criterios establecidos por Somerton (1980), Gaertner y Laloe (1986) y Sokal y Rohlf (1996).

$$Y = \frac{1}{1 + e^{(a-bx)}}$$

Donde:

Y = Proporción de individuos maduros

x = Marca de clase de la longitud de referencia

a y b = Constantes del modelo

e = Base del logaritmo neperiano

Linealizando la ecuación anterior, mediante una transformación logarítmica se tiene:

$$\ln\left(\frac{1}{Y} - 1\right) = a - bx$$

Los parámetros a y b se estiman por medio de los mínimos cuadrados. Así la longitud a la cual el 50% de la población se encontrará sexualmente madura ($X_{0.5}$) será:

$$X_{0.5} = \frac{a}{b}$$

La ecuación original se modifica para incluir $X_{0.5}$, obteniéndose:

$$Y = \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{1-x}{X_{0.5}}\right)}}$$

La fecundidad se estimó mediante el número de embriones encontrados en hembras grávidas. La talla de nacimiento se consideró a partir de la talla del embrión más grande y del neonato de menor tamaño capturados durante el estudio (Pratt, 1988).



V. RESULTADOS

Se registraron un total de 196 organismos de *C. falciformis* durante agosto de 2006, marzo de 2007, febrero y junio de 2008, siendo el mes de marzo de 2007 en el que se registró el mayor número de organismos; mientras que, en febrero de 2008 se encontraron el menor número de ejemplares (Tabla 4). Así mismo, en octubre y diciembre de 2006, junio y octubre de 2007, no fue posible examinar ningún organismo debido que la especie no estuvo presente durante los muestreos en la pesca comercial.

Tabla 4. Número de organismos examinados durante el periodo de muestreo.

Fecha	Hembras	Machos	Total
Agosto 2006	26	35	61
Octubre 2006	0	0	0
Diciembre 2006	0	0	0
Marzo 2007	48	42	90
Junio 2007	0	0	0
Octubre 2007	0	0	0
Febrero 2008	6	5	11
Junio 2008	10	24	34
	90	106	196



5.1. Composición de tallas y proporción de sexos

Los organismos examinados presentaron tallas de 58 a 216 cm de Lt (Fig. 4). De acuerdo al análisis de Kernel, se presentaron tres modas correspondientes a 74, 123 y 182 cm de Lt (Fig. 5). Las primeras dos modas corresponden a organismos inmaduros y la tercera a organismos maduros. Por otro lado, las tallas menos abundantes fueron de organismos maduros entre 202 y 218 cm de Lt ($\bar{x} = 208$).

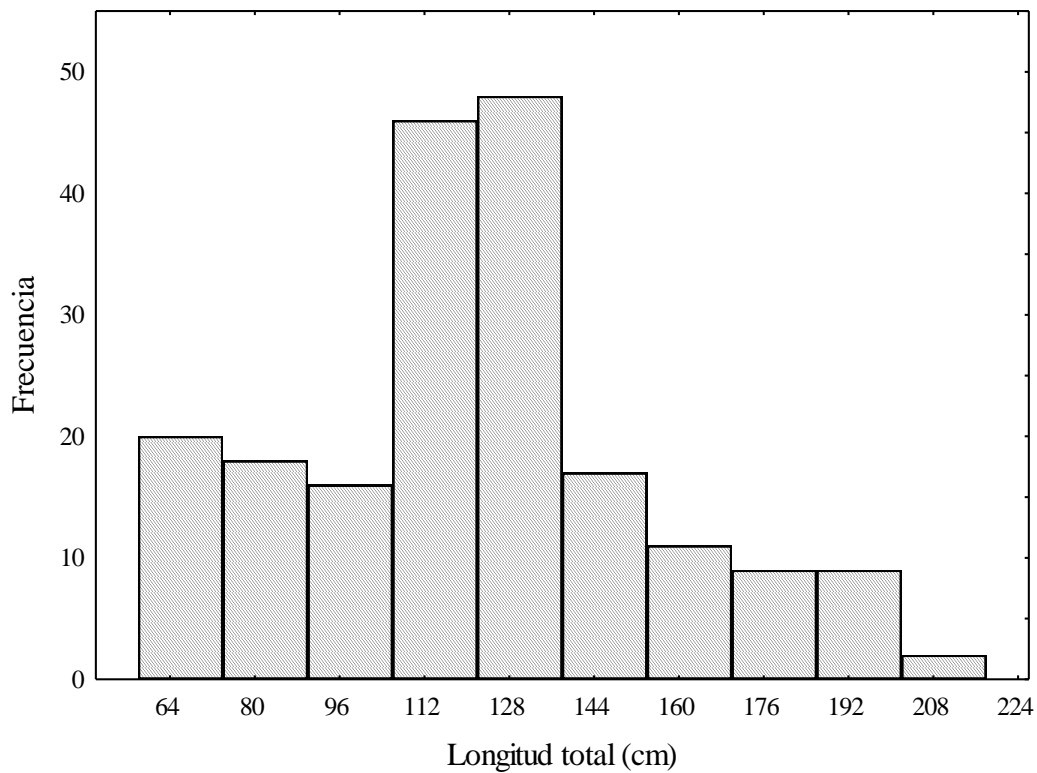


Figura 4. Frecuencia de tallas de *C. falciformis* en la costa de Chiapas.

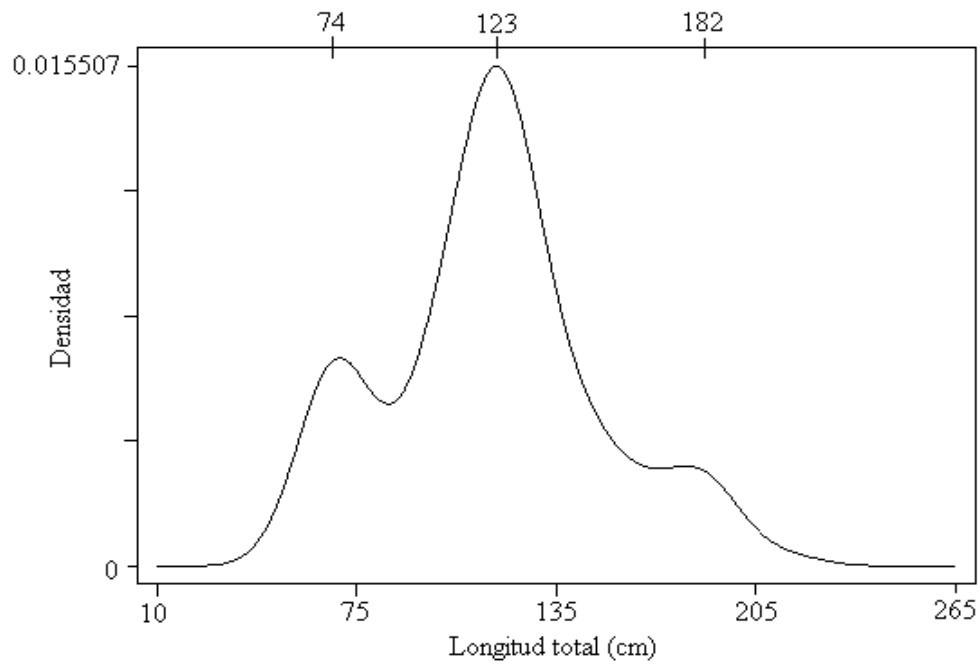


Figura 5. Distribución modal en organismos de *C. falciformis* de acuerdo al análisis de Kernel. Las tallas modales (74, 123 y 182 cm de Lt) están representadas en el eje horizontal superior.

Las hembras inmaduras presentaron tallas de 58 a 156 cm de Lt, las hembras en maduración de 171 a 179 cm de Lt, las maduras sin embriones de 183 a 195 cm de Lt y las maduras con embriones presentaron tallas de 192 a 216 cm de Lt (Fig. 6). El análisis de Kernel indicó dos modas para las hembras, una a los 123 cm de Lt correspondiente a inmaduras y otra a los 186 cm de Lt para hembras maduras (Fig. 7).

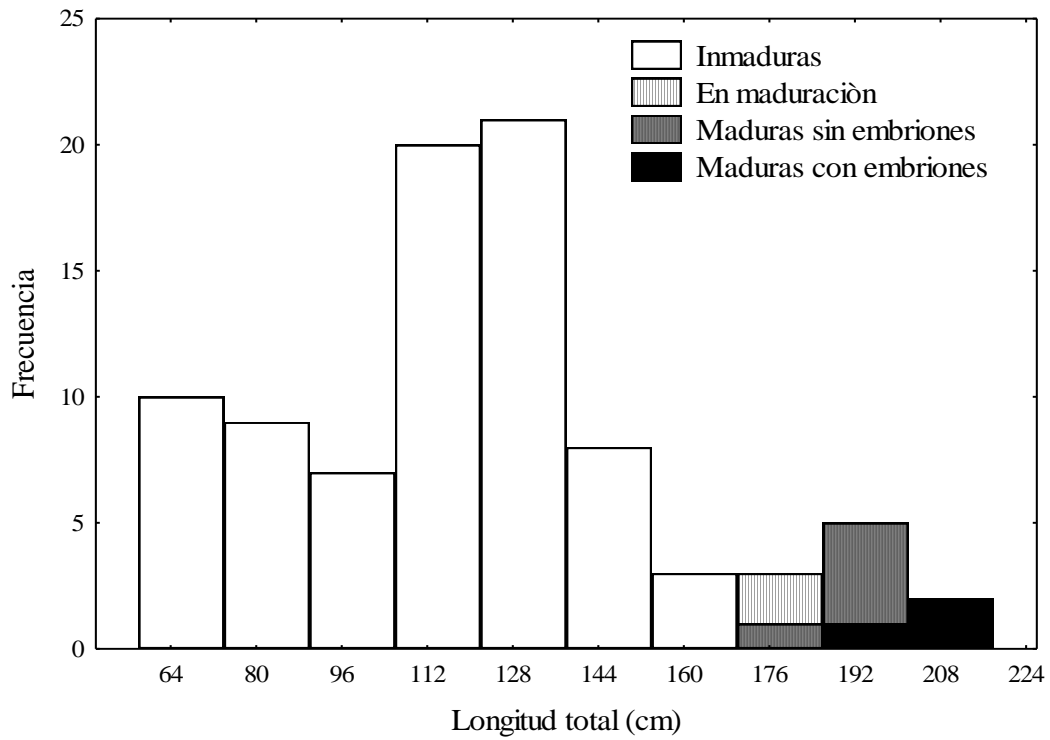


Figura 6. Frecuencia de tallas por estado de madurez de hembras de *C. falciformis*.

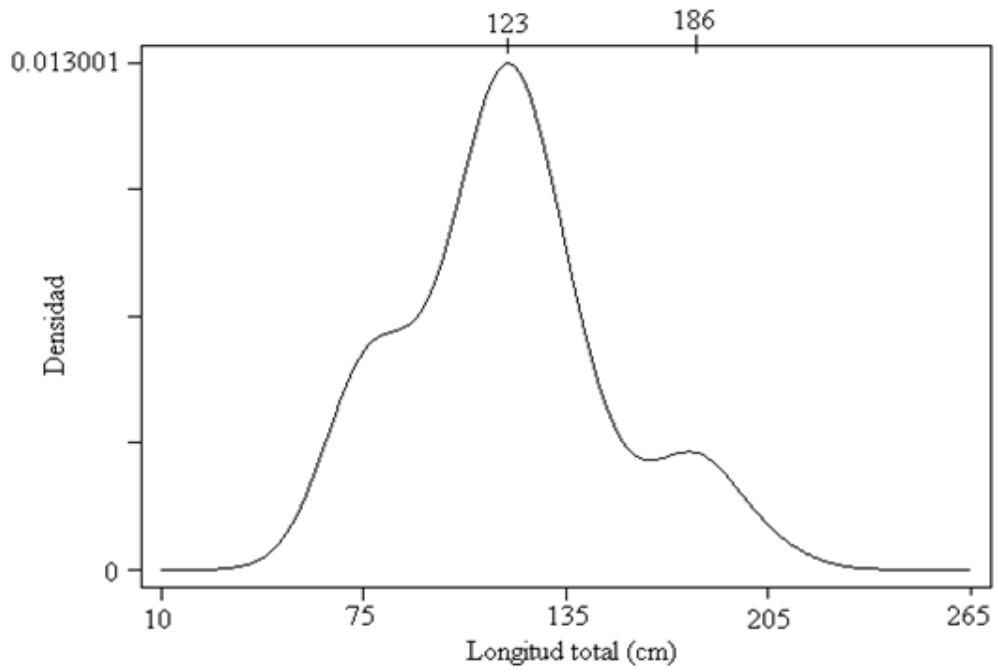


Figura 7. Distribución modal en hembras de acuerdo al análisis de Kernel. Las tallas modales (123 y 186 cm de Lt) están representadas en el eje horizontal superior.



Los intervalos de talla para machos fueron de 61 a 158 cm de Lt para organismos inmaduros, de 158 a 176 cm para machos en maduración y de 172 a 192 cm para maduros. (Fig. 8). En machos también se presentaron dos modas, ambas para organismos inmaduros, a los 74 y a los 123 cm de Lt (Fig. 9).

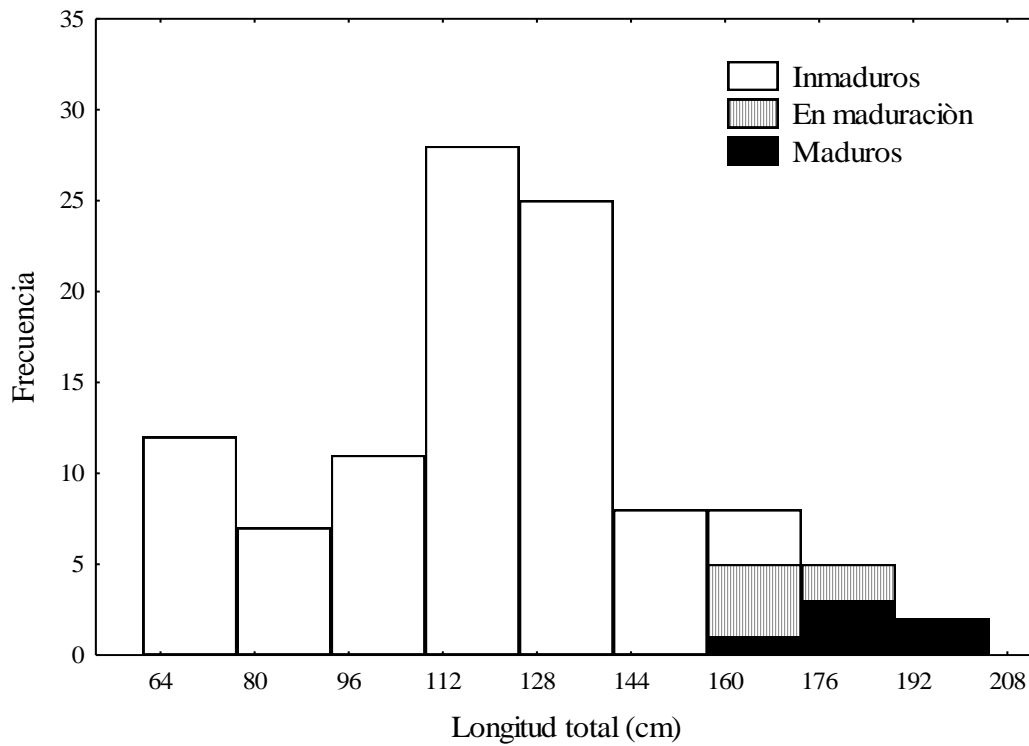


Figura 8. Frecuencia de tallas por estado de madurez de machos de *C. falciformis*.

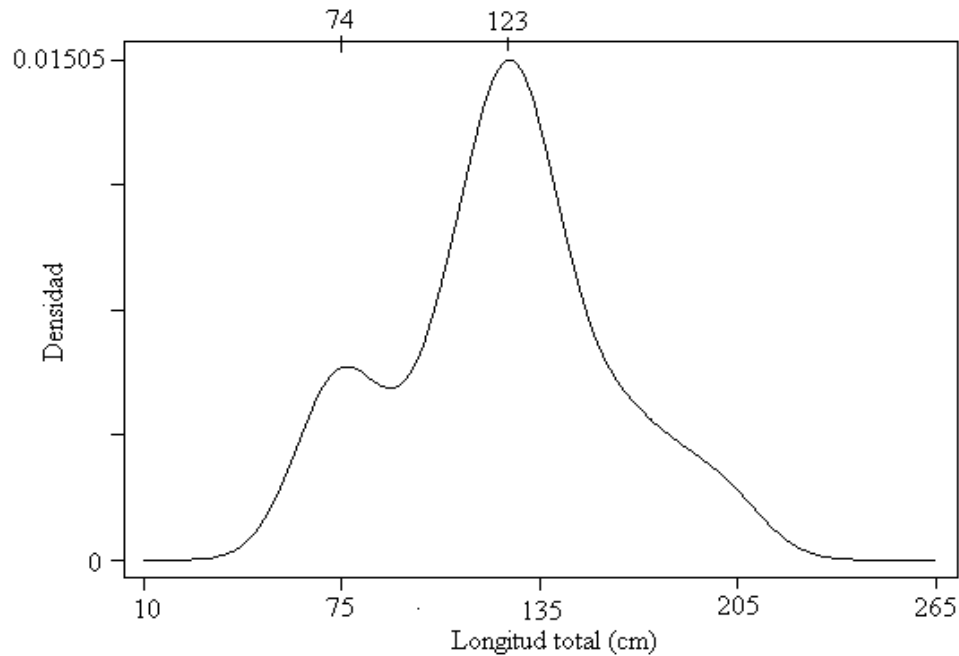


Figura 9. Distribución modal en machos de acuerdo al análisis de Kernel. Las tallas modales (74 y 123 cm de Lt) están representadas en el eje horizontal superior.

De los 196 tiburones examinados, 45.9% fueron hembras y 54.1% fueron machos. La proporción de sexos en individuos inmaduros se determinó en los meses de agosto de 2006, marzo de 2007, febrero y junio de 2008, de los organismos en maduración en los muestreos de agosto de 2006 y junio de 2008 y de los organismos maduros en los muestreos de agosto de 2006, marzo de 2007 y junio de 2008 (Tabla 6). Esto debido a que no todos los estados de madurez estuvieron presentes en todos los muestreos.

De acuerdo al análisis de la X^2 solo en junio de 2008 se encontraron diferencias significativas en la proporción de sexos, tanto para los organismos inmaduros como en maduración (Tabla 5). Por el contrario, los casos en los que se registra una proporción de 1:1, corresponden a organismos inmaduros (agosto de 2006, marzo de 2007 y febrero de 2008), en maduración (agosto de 2006) y a organismos maduros (agosto de 2006, marzo de 2007 y junio de 2008).



Tabla 5. Proporción de sexos por estado de madurez de *C. falciformis* en cada muestreo realizado. Donde: I es la fase de organismos inmaduros, II es la fase de organismos en maduración, III es la fase de organismos maduros, H son las hembras, M son los machos, X^2 es el valor del estadístico y p es la probabilidad.

Número de muestreo	Mes de muestreo	Hembras			Machos			Total	Proporción (H:M)		
		I	II	III	I	II	III		I	II	III
1	Agosto 2006	21	3	2	30	3	2	61	0.7:1 $X^2=1.59$ $p>0.05$	1:1 $X^2=0.0$ $p>0.05$	1.5:1 $X^2=0.20$ $p=>0.05$
4	Marzo 2007	46	0	2	40	0	2	90	1.15:1 $X^2=0.42$ $p>0.05$		1:1 $X^2=0.0$ $p=>0.05$
7	Febrero 2008	6	0	0	5	0	0	11	1.2:1 $X^2=0.09$ $p>0.05$		
8	Junio 2008	5	0	5	18	4	2	34	0.28:1 $X^2=7.35$ $p<0.05$	0:4 $X^2=4.0$ $p=<0.05$	2.5:1 $X^2=1.29$ $p=>0.05$



5.2. Relación longitud total–peso

Se analizó el peso de 90 hembras de 1.2 a 70.5 kg y 106 machos de 1.4 a 40.9 kg. La relación longitud total–peso para las hembras arrojó un valor de la pendiente de 3.02 ($a = -0.029$, $R^2 = 0.96$) (Fig. 10) y para machos de 2.98 ($a = -0.02$, $R^2 = 0.95$) (Fig. 11).

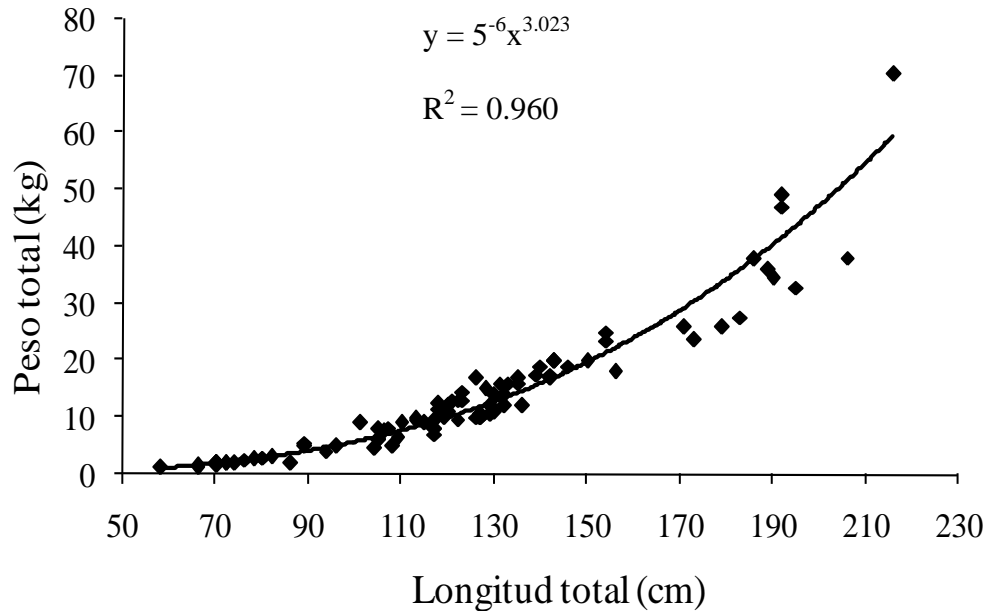


Figura 10. Relación longitud total–peso para hembras de *C. falciformis*.

La prueba t indicó que no existen diferencias significativas en las pendientes resultantes tanto para hembras ($t = 0.7907$, $gl = 89$, $p > 0.05$) como para machos ($t = -0.7701$, $gl = 105$, $p > 0.05$) indicando una relación de tipo isométrica en ambos sexos. Esta relación indica un aumento proporcional en el incremento en la longitud total y peso, tanto en hembras como en machos.

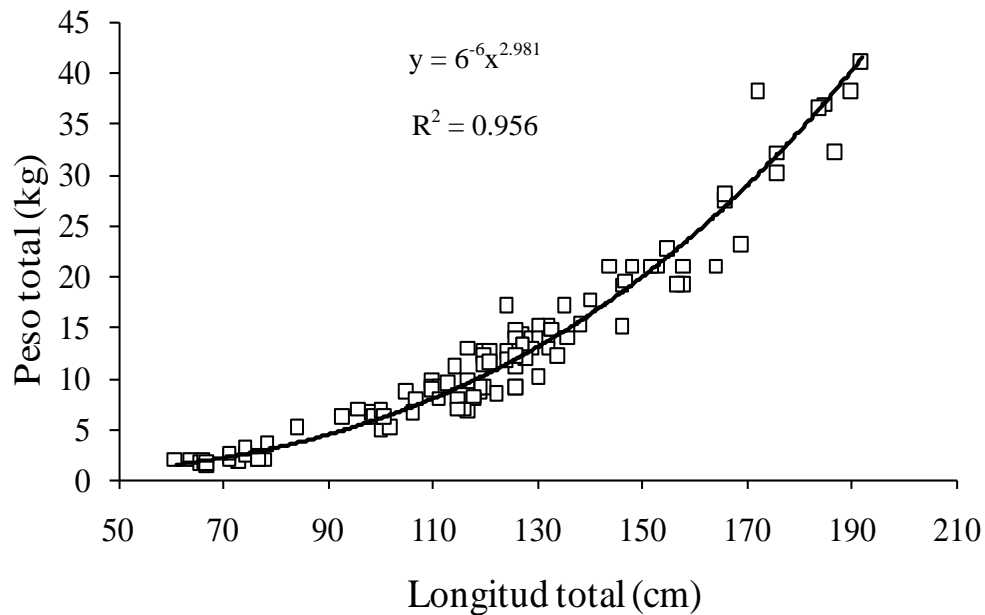


Figura 11. Relación longitud total–peso para machos de *C. falciformis*.

El análisis de covarianza aplicado para determinar diferencias entre las pendientes de la ecuación de machos y hembras indicó que existen diferencias significativas ($F= 4.60$, $gl=1,195$, $p<0.05$).

5.3. Talla de madurez sexual

La talla de primera madurez obtenida para las hembras fue de 183 cm de Lt y para los machos de 172 cm de Lt. De acuerdo al estado de madurez, 86.6% ($n= 78$) de las hembras fueron inmaduras, 3.3% ($n= 3$) en maduración, 6.7% ($n= 6$) maduras sin embriones y 3.3% ($n= 3$) maduras con embriones. De los machos, 87.7% ($n= 93$) fueron inmaduros, 6.7% ($n= 7$) en maduración y 5.6% ($n= 6$) maduros (Tabla 6). Del total de organismos 12% ($n= 23$) fueron neonatos, 80% ($n= 158$) juveniles y 8% ($n= 15$) adultos.



Tabla 6. Frecuencia de *C. falciformis* por estado de madurez sexual y sexo.

Estado de madurez sexual	Hembras	Machos
Machos y hembras		
I: Inmadura	78	93
II: En maduración		7
Machos		
III: Maduro		6
Hembras	3	
IIIa: Madura sin embriones	6	
IIIb: Madura con embriones	3	
IV: Madura Postparto		
Total	90	106

5.3.1. Hembras

Del total de hembras registradas, solo fueron examinadas 32, ya que las restantes carecían de información para el análisis, en el cual se encontró que las hembras inmaduras con tallas de 70 a 156 cm de Lt presentaron glándulas oviducuales de 0.51 a 1.5 cm. De las hembras en maduración, solo fue posible obtener información de una hembra de 171 cm de Lt con glándula oviducal de 2.16 cm de ancho (Fig. 12).

En cuanto a las hembras adultas maduras sin embriones no fue posible obtener información de sus glándulas. Para las hembras maduras con embriones, se registraron glándulas oviducuales de 3.3 a 4.17 cm de ancho. El modelo logístico indicó que a los 170 cm de Lt el 50% de hembras alcanzan la madurez sexual (Fig. 14).

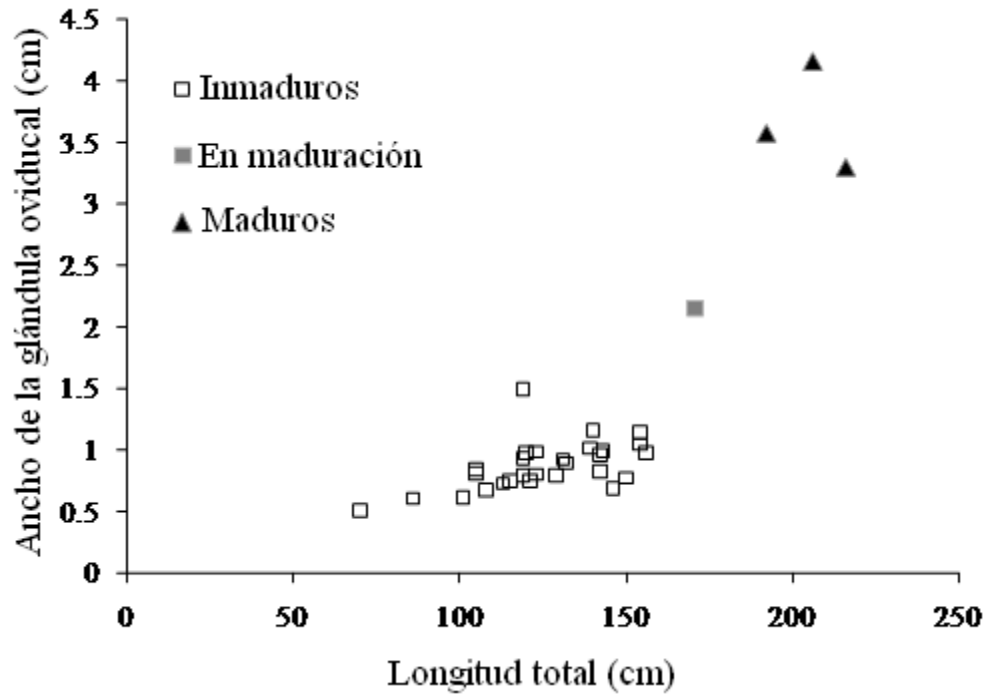


Figura 12. Relación longitud total–ancho de la glándula oviducal en diferentes estados de madurez en hembras de *C. falciformis*.

5.3.2. Machos

Los machos inmaduros con tallas de 61 a 158 cm de Lt presentaron mixopterigios de 1 a 9 cm sin calcificar. Los machos en maduración con tallas de 158 a 176 cm de Lt presentaron mixopterigios parcialmente calcificados y con longitudes de 8 a 14.2 cm. Mientras que los machos maduros con tallas de entre 172 a 192 cm de Lt, presentaron mixopterigios calcificados con longitudes de 18 a 21 cm (Fig. 13). El modelo logístico indicó que a los 179 cm de Lt el 50% de los machos son maduros sexualmente (Fig. 14).

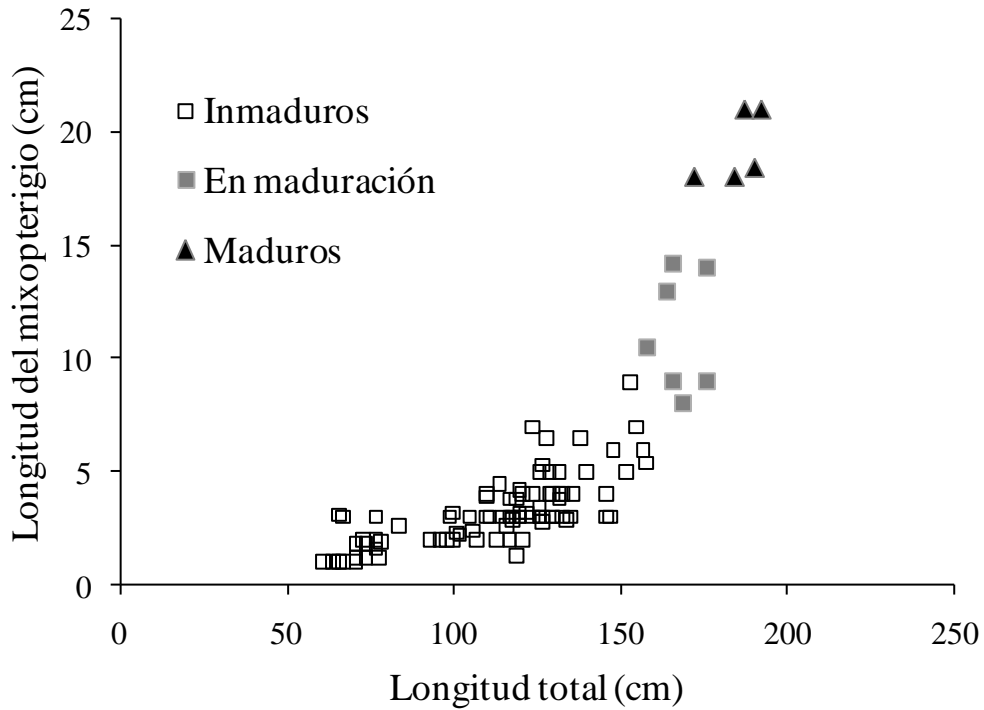


Figura 13. Relación longitud total–longitud del mixopterygio en diferentes estados de madurez en machos de *C. falciformis*.

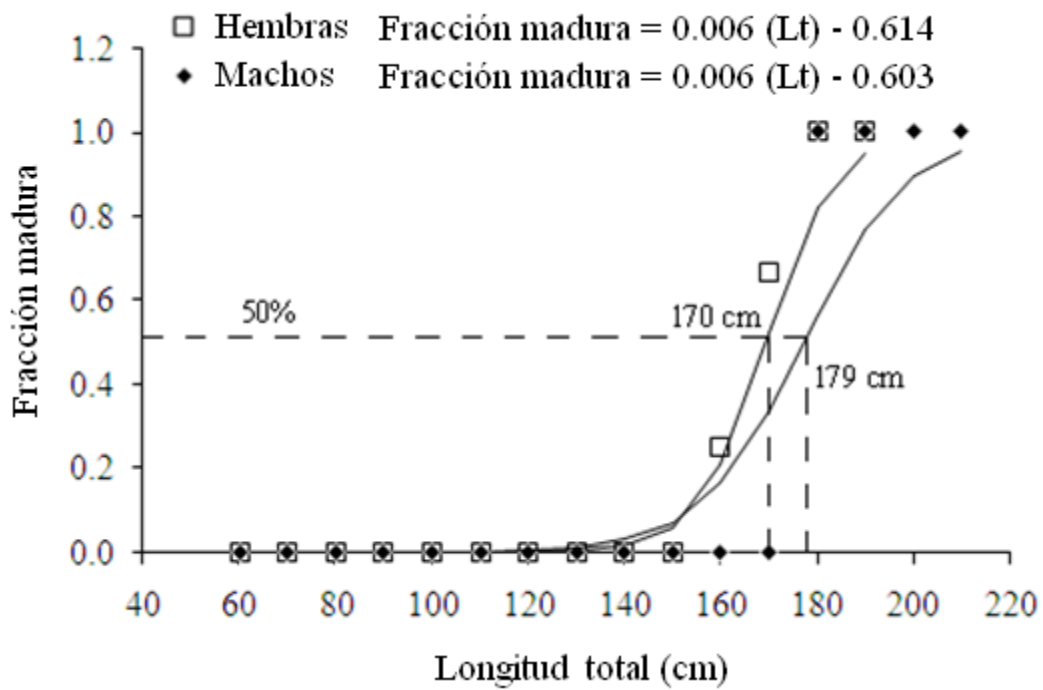


Figura 14. Relación longitud total–fracción madura en organismos de *C. falciformis*.



5.4. Fecundidad

Para la fecundidad se examinaron 5 hembras preñadas, capturadas en los meses de marzo de 2007 y junio de 2008, en las cuales el número mínimo de embriones fue de 3 y el máximo de 10 (Tabla 7), con un promedio de 6 embriones por hembra (desviación estándar = 2.55). La proporción sexual embrionaria para toda la población fue de 1:1 significativamente (0.76H:1.31M).

Tabla 7. Hembras preñadas de *C. falciformis* y proporción sexual de embriones.

Fecha de captura	Longitud total (cm)	Número de embriones	Longitud total del embrión de mayor tamaño (cm)	Proporción sexual (H:M) en embriones
28/03/2007	192	6	49.5	1:0.6
28/03/2007	206	6	21	1:0.6
24/06/2008	216	5	52	1:1.5
15/03/2007	190	3	28.5	3:0
15/03/2007	188	10	14	1:4

5.5 Vitelogénesis y gestación.

El crecimiento relativo de los ovocitos en hembras no grávidas fue registrado de junio a octubre, debido a que de noviembre a mayo no se registraron hembras maduras. En junio se observaron ovocitos de 27 a 40 mm (\bar{x} = 32 mm) incrementando en agosto el rango de diámetro del ovocito de mayor tamaño de 35 a 45 (\bar{x} = 40 mm), para posteriormente disminuir en octubre de 15 a 25 (\bar{x} = 21 mm) (Fig. 15).



En cuanto a las hembras preñadas, se registraron ovocitos en marzo de 25 mm y en agosto de 20 a 23 mm. Asimismo, el crecimiento relativo de los embriones se incrementó en marzo (\bar{x} = 156 mm), abril (\bar{x} = 327 mm), julio (\bar{x} = 510 mm) y agosto (\bar{x} = 618 mm). Las hembras examinadas presentaron embriones con tallas de 10.2 a 52 cm de Lt. Incluso tres hembras capturadas en un mismo mes (marzo de 2007) presentaron tamaños de embriones diferentes (de los 10 cm hasta los 49.5 cm de Lt). La mayor longitud total embrionaria fue de 52 cm, correspondiente al mes de junio de 2008 (Tabla 7).

Los resultados muestran que el tamaño de los embriones fue incrementando a lo largo del año, mostrando los valores mínimos en marzo y los valores máximos en agosto. De acuerdo a la información obtenida, el periodo de nacimiento de los organismos se hizo presente desde finales del mes de marzo hasta el mes de agosto (Fig. 15).

La talla de nacimiento se estimó en un rango de 52 a 58 cm de Lt (\bar{x} = 55 cm). En lo que respecta a este trabajo, los resultados muestran neonatos con tallas de 58 a 86 cm de Lt, observados en los meses de marzo, junio y agosto, aunque la mayoría de ellos fueron vistos en este último mes.

A pesar de los pocos datos existentes, y con base en que se encontraron longitudes embrionarias cercanas al rango de nacimiento desde marzo hasta agosto; además del hecho de que en esta misma temporada (marzo a agosto) se registraron neonatos, se sugiere que la época de nacimiento debe ocurrir desde finales de marzo hasta agosto.

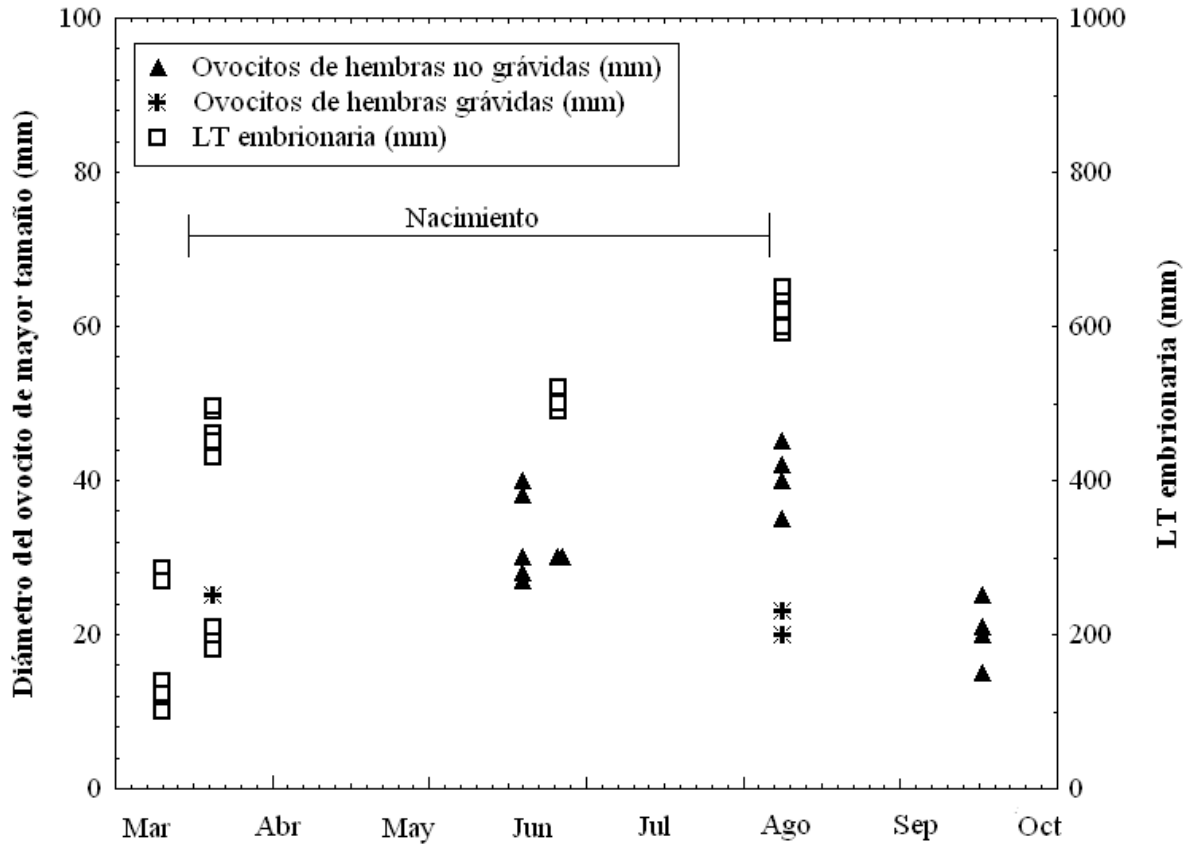


Figura 15. Tendencia de la longitud de ovocitos y la longitud total embrionaria a lo largo del año.



VI. DISCUSION

En Puerto Madero, Chiapas, 90% de la captura de tiburón está soportada por el tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* y la cornuda común *Sphyrna lewini* (Soriano-Velásquez *et al.*, 2006). La captura de este tiburón está conformada principalmente por organismos inmaduros en un 87%; lo que significa que los palangres inciden directamente sobre estas tallas; razón por la cual es posible que exista un sesgo en el muestreo por selectividad de pesca reflejado en el alto porcentaje de juveniles.

Por su parte Alejo-Plata *et al.* (2006), Soriano-Velásquez *et al.* (2006) y Galván-Tirado (2007), reportan que la mortalidad por pesca en el Golfo de Tehuantepec impacta principalmente en los grupos de talla desde 130 hasta 210 cm de Lt, siendo mayor el impacto en las tallas menores a la madurez sexual.

Soriano-Velásquez *et al.* (2006) mencionan que los machos y hembras adultos se separan de los organismos inmaduros debido a su comportamiento reproductivo. Por su parte, Compagno *et al.* (2005) señalan que los adultos se encuentran más comúnmente en aguas oceánicas, por lo que se podría suponer que los juveniles al permanecer más cercanos a la costa son capturados en mayor abundancia y, de acuerdo con Soriano-Velásquez *et al.* (2006) durante todo el año, su captura es limitada únicamente por las condiciones climáticas. Esta fue la razón por la cual no fue posible obtener información en todas las visitas a Puerto Madero, ya que las condiciones ambientales hacen imposible el trabajo de



los pescadores. Aunado a esto, el esfuerzo de pesca disminuye en el mes de diciembre y se refleja con una ausencia en la captura de los organismos.

6.1. Composición de tallas y proporción de sexos

Los tiburones examinados en Puerto Madero, correspondientes a tallas de 58 a 216 cm de Lt, presentaron todos los estados de madurez, aunque la mayoría de organismos capturados correspondieron a ejemplares juveniles. En el Golfo de Tehuantepec, Ronquillo-Benítez (1999) reporta tallas de 50 a 340 cm, Castillo-Géniz (2002) de 60 a 310 cm, Alejo-Plata *et al.* (2006) de 52 a 320 cm, Soriano-Velásquez *et al.* (2006) de 50 a 340 cm y Galván-Tirado (2007) de 69 a 229 cm de Lt. En cuanto al Golfo de California, Cadena-Cárdenas (2001) reporta un intervalo de tallas de 125 a 279 cm, Hoyos-Padilla (2003) de 88 a 316 cm y Sánchez- de Ita (2004) de 88 a 260 cm de Lt.

La talla máxima registrada en el presente estudio (216 cm de Lt) fue menor a la talla máxima reportada para la especie en el Golfo de Tehuantepec por Ronquillo-Benítez (1999) y Soriano-Velásquez *et al.* (2006) de 340 cm de Lt. Esto probablemente se deba a que los organismos más grandes se encuentran en las zonas oceánicas o a la posible selectividad por pesca mencionada anteriormente.

La mayor abundancia de organismos inmaduros, ya había sido reportada para el Golfo de Tehuantepec; Ronquillo-Benítez (1999) reporta un intervalo de tallas para hembras de 50 a 322 cm de Lt y para machos de 57 a 340 cm de Lt; señalando que las capturas están conformadas principalmente por organismos inmaduros, con una talla promedio para ambos sexos de 136.5 cm de Lt, Soriano-Velásquez *et al.* (2006) reporta para hembras un intervalo de tallas de 50 a 338 cm de Lt con un promedio de 132 cm y para



machos de 50 a 340 cm de Lt con un promedio de 130 cm, explicando que la mortalidad por pesca impacta principalmente en tallas de 130 a 210 cm, correspondiendo en su mayoría a organismos inmaduros. Estos autores mencionan que la baja abundancia de organismos adultos muy probablemente se debe a que estos se encuentran principalmente en la zona oceánica, fuera de la zona de operación de la flota artesanal. Por su parte, Alejo-Plata *et al.* (2006) señalan que los juveniles y pre-adultos son los más vulnerables a la captura (90 y 200 cm LT), Galván-Tirado (2007) menciona en su estudio que la mayor abundancia se obtuvo para organismos juveniles de 69 a 229 cm de Lt.

Para el Golfo de California las tallas más pequeñas corresponden a organismos de mayores tallas que en el Golfo de Tehuantepec. Cadena-Cárdenas (2001) reporta un intervalo de tallas para hembras de 125 a 261 cm de Lt con una media de 187 cm y para machos de 130 a 279 cm de Lt con una media de 185 cm, Hoyos-Padilla (2003) reporta un intervalo de tallas en hembras de 88 a 316 cm de Lt y en machos de 142 a 260 cm de Lt y Sánchez- de Ita (2004) reporta un intervalo de tallas para hembras de 88 a 230 cm de Lt y para machos de 142 a 260 cm de Lt.

De acuerdo a Hoyos-Padilla (2003), una posible explicación acerca de la diferencia en las tallas encontradas en el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec es que el tiburón aleta de cartón utiliza la zona oceánica del Golfo de Tehuantepec como área de crianza. Además que, las zonas de pesca del Golfo de Tehuantepec se encuentran a una distancia aproximada a 30 millas náuticas a partir de la línea de costa, a diferencia de las zonas de captura en la costa occidental de B.C.S. que se encuentran a una distancia mayor (45 millas náuticas). Sin embargo, ya que las características de la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec (una zona oceánica abierta con profundidades mayores a 500



metros), la ubican a unos cientos de metros, permiten la presencia de organismos pelágicos a la zona costera.

Lo cierto es que aunque el Golfo de Tehuantepec presente una dinámica oceánica más compleja, también proporciona a los individuos mayor protección que la que pudieran tener en el océano abierto, además de los nutrientes que se generan temporalmente, por lo que es prudente pensar que dentro Golfo de Tehuantepec pudieran existir zonas de crianza, las cuales están compuestas en su mayoría por organismos de tallas pequeñas.

Bonfil (1997) menciona que la abundante presencia de inmaduros en las capturas de tiburón podría estar generando un desequilibrio poblacional, ya que el porcentaje de captura es alto como para poder garantizar la sostenibilidad de las especies en el tiempo.

Las tallas del tiburón aleta de cartón en el Golfo de Tehuantepec indican que existen dos modas tanto para hembras (123 y 186 cm de Lt) como para machos (74 y 123 cm de Lt), estas corresponden en su mayoría a organismos inmaduros. En contraste, para el Golfo de California Cadena-Cárdenas (2001) indica una moda de 190 cm para hembras y de 180 cm para machos, Hoyos-Padilla (2003) reporta una moda a los 180 cm para hembras y para machos a los 182 cm y Sánchez- de Ita (2004) reporta para hembras una moda a los 180 cm y para machos a los 193 cm. La diferencia entre las modas reportadas por estos autores podría deberse a la diferencia en la metodología, ya que ellos utilizaron histogramas de frecuencia, los cuales de acuerdo a Fox (1990) presentan cuatro inconvenientes: el resultado depende del origen que se fije, de la localización arbitraria de los intervalos, de la amplitud y número de intervalos.

Para este estudio las modas se obtuvieron mediante estimadores de densidad por Kernel, los cuales según Chambers *et al.* (1983) resuelven la discontinuidad del histograma,



ya que calculan la densidad local en cada uno de los valores de x , quedando incluida cada observación en los datos, dejando que se traslapen los intervalos donde las observaciones se concentran. Esto permite observar con mayor claridad y seguridad el número de modas y su intervalo correspondiente. A pesar de esto no se puede hacer una comparación por el mismo hecho de la diferencia en las metodologías de los distintos trabajos. En realidad ambos métodos son correctos, pero según Salgado-Ugarte *et al.* (2000), la ventaja de usar estimadores de densidad por Kernel es que el uso de la variable de estimación de la densidad no depende de la ubicación del origen, y se ajusta al ancho de banda en función del número de observaciones y de esta manera revela más detalles en comparación con las estimaciones de ancho de banda fijo realizadas por los histogramas. Probablemente su escasa aplicación se deba a que los usos y costumbres de la ciencia le dan prioridad a los métodos probados durante una larga trayectoria.

La proporción sexual general del tiburón aleta de cartón es del mismo número de hembras y machos, de acuerdo con Soriano-Velásquez *et al.* (2006) y Galván-Tirado (2007) en el Golfo de Tehuantepec. Para el Golfo de California Cadena-Cárdenas (2001) encuentra en su estudio una proporción sexual de 3.49:1 (hembras por macho) y Hoyos-Padilla (2003) reporta una relación de 1:0.6 (hembras por macho) para la especie. En el Atlántico ecuatorial Hazin *et al.* (2007) también encuentra la misma proporción sexual de 1:1 para *C. falciformis*.

Al igual que lo reportado por Alejo-Plata *et al.* (2006), Soriano-Velásquez *et al.* (2006) y Galván-Tirado (2007), para este estudio, la proporción de sexos en organismos inmaduros en el Golfo de Tehuantepec es de 1:1.



En cuanto a los adultos, la proporción sexual obtenida en este estudio solo en los meses de junio y agosto se mantuvo en 1:1; sin embargo, el tamaño de muestra no permite ser concluyente, ya que las proporciones se calcularon con pocos organismos.

Por su parte Galván-Tirado (2007) reporta una proporción sexual de 1:1 para adultos durante el mes de marzo. Al respecto Strasburg (1958), afirma que la proporción entre sexos solo se iguala en el período de apareamiento.

6.2. Relación longitud total–peso

La relación entre la longitud total y el peso de *C. falciformis* es una relación de tipo isométrica con diferencias entre sexos. Estas diferencias radican en el mayor peso y longitud de las hembras adultas, ya que aunque también presentan un crecimiento isométrico, a su peso total se le añade el peso ya sea de los embriones y/o gónadas bien desarrolladas o de los lípidos almacenados por el hígado, lo que resulta en un mayor tamaño que los machos.

Al respecto Branstetter (1987) comenta que las hembras alcanzan mayores tallas que los machos de una misma edad o estado de madurez. Hoening y Gruber (1990) mencionan que los elasmobranquios están caracterizados por un marcado dimorfismo sexual en tamaño corporal, siendo las hembras mayores que los machos. Klimley (1987) y Sims (2003) comentan que esta diferencia entre sexos es común en especies vivíparas y ovovivíparas ya que requieren más energía que las especies ovíparas, debido a que son relativamente más grandes en tamaño y en peso. Además, sus crías se desarrollan en el interior del útero durante un largo período, lo que implica la existencia de una fuerte presión de selección hacia un mayor tamaño corporal en las hembras. Consistentemente con



lo que reporta Branstetter (1981), en su trabajo en el Golfo de México, en algunos tiburones las hembras maduras adquieren mayor peso que los machos de talla similar.

Por otra parte también es importante considerar el dimorfismo sexual en el tamaño del hígado en los elasmobranquios (Rossouw, 1987; Silva y Lessa, 1991), ya que las hembras presentan hígados más grandes que los machos, debido a la mayor demanda energética que representa la vitelogénesis durante el ciclo reproductivo (Koob y Callard, 1999).

La relación entre las variables talla y peso se ha analizado en otros carcharínidos, tal es el caso de Castro (1993), quien determinó para *Carcharhinus isodon* una relación entre la longitud total y el peso con un valor de la pendiente mayor a 3 en la región oeste del Atlántico, y para el sureste de Estados Unidos, Castro (1996) calculó una pendiente mayor a 3 para *Carcharhinus limbatus*.

Para el Golfo de California, Bernal-Jaspeado (1999) reporta en su trabajo una relación longitud total- peso para *Carcharhinus limbatus* con un valor de la pendiente de 2.53, representando esto un crecimiento isométrico. También reporta para *Carcharhinus obscurus* un valor de la pendiente de 2.41 indicando un crecimiento alométrico.

Para la especie no existen trabajos similares que hayan analizado la relación entre la longitud total y el peso de los organismos, probablemente se deba a la dificultad de la toma de datos en campo, ya que a veces resulta un problema obtener el peso total de los tiburones. Sin embargo, existen estudios de crecimiento que se han realizado para *C. falciformis*, los cuales muestran que no existen diferencias significativas en el crecimiento entre hembras y machos (Branstetter, 1987); ni tampoco en el crecimiento de los organismos capturados en el Pacífico y el Atlántico (Oshitani *et al.* 2003).



6.3. Talla de madurez sexual

La determinación de la tallas de madurez y proporción de madurez son de gran importancia, ya que son aplicables tanto para ecología como para pesquerías, porque nos proporcionan la talla a la cual los organismos han completado su ciclo reproductivo. Esto permite establecer tallas de captura permitiendo que la especie se recupere sin consecuencias en su densidad de población.

6.3.1. Hembras

De las hembras analizadas en Puerto Madero, la talla máxima para organismos inmaduros es de 171 cm de Lt y la talla estimada por el modelo logístico, a la cual el 50% de los organismos presentan madurez es de 170 cm de Lt. Para el Golfo de Tehuantepec Ronquillo-Benítez (1999) reporta una hembra preñada a los 180 cm de Lt, mientras que Alejo-Plata *et al.* (2006) reportan hembras maduras desde los 172 cm de Lt, Soriano-Velásquez *et al.* (2006) determinan una talla de madurez de 177 cm de Lt y Galván-Tirado (2007) de 190 cm de Lt.

Para el Golfo de California, Cadena-Cárdenas (2001) y Hoyos-Padilla (2003) obtienen una talla de madurez de 180 cm de Lt. Oshitani *et al.* (2003) examinan organismos en todo el Océano Pacífico y reportan una talla de madurez en hembras de 186 cm de Lt.

Como puede observarse la talla de madurez obtenida en el presente trabajo no difiere de manera amplia con las tallas reportadas por otros autores para el Golfo de Tehuantepec, sin embargo, si existe una diferencia al comparar los datos que se tienen para todo el Pacífico, ya que la talla obtenida por el modelo (170 cm de Lt), queda por debajo de la media (179 cm de Lt).



En el Atlántico, Branstetter (1987) obtiene una talla de madurez de 225 cm para el Golfo de México, Bonfil *et al.* (1993) determinan un rango de madurez para hembras de 232 a 246 cm para el banco de Campeche y Hazin *et al.* (2007) a los 230 cm para el Atlántico ecuatorial.

Las diferencias que existen entre las tallas de madurez reportadas para el Pacífico y el Atlántico son marcadas, ya que los tiburones del Pacífico maduran a tallas menores; esto probablemente se deba a las características del medio que generan las condiciones necesarias para que los organismos obtengan una completa madurez sin necesidad de crecer más.

6.3.2. Machos

En el caso de las machos, el 88.3% de los organismos registrados en Puerto Madero corresponden a ejemplares inmaduros sexualmente, el 6.8% a organismos en maduración y el 4.9% a los sexualmente maduros.

El proceso de madurez sexual en los machos inicia a los 164 cm de Lt con la presencia de mixopterigios parcialmente calcificados. Pero la talla de proporción de madurez en la costa de Chiapas es de 179 cm de Lt, talla en la que el 50% de los organismos presentan mixopterigios parcialmente calcificados y 50% calcificados. Estos resultados concuerdan con lo encontrado para el Golfo de Tehuantepec donde Ronquillo-Benítez (1999) reporta un macho con mixopterigio calcificado a los 180 cm, Alejo-Plata *et al.* (2006) reportan machos maduros desde los 184 cm, Soriano-Velásquez *et al.* (2006) determinan una talla de madurez de 168 cm y Galván-Tirado (2007) de 180 cm. En cuanto al Golfo de California, Cadena-Cárdenas (2001) y Hoyos-Padilla (2003) obtienen una talla



de madurez a los 180 cm de Lt. Oshitani *et al.* (2003) reportan para el Océano Pacífico un rango de madurez en machos de 200 a 206 cm.

Al igual que en el caso de las hembras, la talla de madurez obtenida en el presente trabajo para los machos no difiere de manera amplia con las tallas reportadas por otros autores para el Golfo de Tehuantepec, pero si existe una diferencia al comparar los datos que se tienen para todo el Pacífico, ya que la talla obtenida por el modelo (179 cm de Lt), queda por debajo de la media (181 cm de Lt).

Para el Océano Atlántico las tallas de madurez registradas por diversos autores son mayores que las reportadas en el Océano Pacífico, por ejemplo, Branstetter (1987) obtiene un rango de madurez de 210 a 220 cm para el Golfo de México, Bonfil *et al.* (1993) determinan una talla de madurez para machos de 225 cm para el banco de Campeche, y Hazin *et al.* (2007) reportan machos maduros con tallas de 210 a 230 cm para el Atlántico ecuatorial.

En cuanto a las diferencias en las tallas de madurez que se reportan para machos y hembras del Océano Pacífico y Atlántico, Ronquillo-Benítez (1999) menciona que los organismos pueden alcanzar su madurez sexual a tallas menores cuando son sometidos a presiones de pesca intensa. Si el tiburón aleta de cartón del Océano Pacífico Oriental se encuentra bajo una intensa presión por parte de las pesquerías esto podría provocar que los organismos maduren a una menor talla. Sin embargo, no se puede asegurar que este sea el único factor, ya que también es importante considerar factores característicos del hábitat, que también influyen de manera directa en la fisiología de los organismos. En su estudio Hoening y Gruber (1990) comentan que los elasmobranquios están influenciados por la temperatura del agua, ya que maduran a tallas menores los organismos que se encuentran



en regiones cálidas que los que viven en regiones templadas. Por su parte, Lombardi (1998) menciona que el ambiente físico determina el comportamiento reproductivo de una población, por lo que es posible que las poblaciones separadas de una misma especie presenten características reproductivas diferentes (Bonfil, 1987).

Por otra parte, Hoening y Gruber (1990) mencionan que las hembras retrasan su edad de madurez sexual, madurando a un mayor tamaño que los machos.

6.4. Fecundidad

La fecundidad de *C. falciformis* en la costa de Chiapas es de 3 a 10 embriones, sin una tendencia marcada a que los embriones se alojen en uno u otro útero. Para el Golfo de Tehuantepec Soriano-Velásquez *et al.* (2006) reportan un número de crías de 2 a 7, Galván-Tirado (2007) reporta de 2 a 14 embriones y Alejo-Plata *et al.* (2007) de 3 a 14 embriones.

En el Golfo de California Cadena-Cárdenas (2001) reporta una fecundidad promedio de 4 embriones por hembra y Hoyos-Padilla (2003) encuentra hasta 11 ovocitos en el ovario listos para la ovulación. En cuanto al Atlántico, Branstetter (1987) menciona una fecundidad de 4 a 13 embriones para el Golfo de México y Hazin *et al.* (2007) encuentran un tamaño de camada de 4 a 15 embriones para el Atlántico ecuatorial.

Como se observa, los resultados de la fecundidad son similares para todos los autores. Por otro lado, se sabe que en las capturas de elasmobranquios, los mecanismos de aborto son relativamente comunes y bien conocidos en algunas especies y un tanto raros pero presentes en otras (Pratt *et al.* 1990), lo que se desconoce son los procesos fisiológicos que permiten dichos mecanismos (Rincon, 2007).



La baja fecundidad puede deberse a los posibles abortos que sufren las madres preñadas al momento de sus capturas, ya que se sabe que hay artes de pesca que provocan que las hembras aborten a las crías al ser capturadas (Bonfi *et al.* 1993; Hamlett *et al.*, 2005; Véras *et al.*, 2009), ya sea como mecanismos de supervivencia de la especie o bien por la presión y manipulación hacia los propios organismos, que genera la expulsión de sus crías.

Sin embargo en el caso de *C. falciformis* que es una especie placentaria, la estimación de la fecundidad se puede corroborar con la observación del espacio físico (mueca), que deja marcado cada neonato una vez que es expulsado.

6.5. Vitelogénesis y gestación

Los ciclos reproductivos de los tiburones consisten de dos periodos. La vitelogénesis es el proceso mediante el cual los ovocitos acumulan vitelo, debido a los nutrientes almacenados en el hígado que son transferidos hacia los ovarios. El segundo es el periodo de gestación o el tiempo de desarrollo embrionario, que inicia con la fertilización y termina con el nacimiento. Ambos periodos pueden ocurrir concurrentemente o consecutivamente dependiendo de la especie y la duración de cada uno es variable, ya que dependen de la efectividad de la madre para captar la energía del ambiente y transferirla a los ovocitos o embriones. Los tiburones del género *Carcharhinus* generalmente presentan ciclos bianuales con vitelogénesis y gestación consecutivas, que duran un año cada una (Castro, 2009).

El periodo de vitelogénesis en hembras no grávidas de *C. falciformis* se registro de junio a octubre con un diámetro máximo de ovocitos en agosto (45 mm) y un mínimo en octubre (15 mm). Las hembras grávidas presentaron ovocitos inmaduros (20 a 25 mm) durante los meses de marzo y agosto.



Estos datos concuerdan con Cadena-Cárdenas (2001) quien reporta para el Golfo de California ovocitos mayores a 30 mm de diámetro en hembras no grávidas, observando los máximos valores de junio a septiembre (28 a 48 mm). Mientras que, el diámetro de los ovocitos en hembras grávidas no excedió los 30 mm de diámetro. En cuanto a la descripción de los ovocitos de *C. falciformis* este autor menciona que son telolécitos con forma esférica y un color blanco a rosado en individuos inmaduros y que a partir de los 15 mm de diámetro se vuelven ovoides con coloración amarillenta.

Hoyos-Padilla (2003) encuentra hembras preñadas con ovocitos de 5 a 12 mm de diámetro y menciona que el desarrollo de los folículos puede durar varios meses o casi un año, como en la mayoría de los tiburones. Este mismo autor reporta que la mayoría de las hembras con ovocitos maduros se presentaron en los meses más cálidos del año (julio y agosto) en el Golfo de California.

A pesar de que no fue posible examinar hembras no grávidas en el mes de septiembre se puede suponer, de acuerdo a los diámetros máximos de los ovocitos registrados en agosto y los mínimos en octubre, que las hembras capturadas en agosto se encuentran finalizando su periodo de vitelogénesis, siendo muy probable que en el mes de septiembre se realice la ovulación. Mientras que, las hembras capturadas en octubre están iniciando su periodo de vitelogénesis, después de haber concluido el periodo de gestación.

El nacimiento de las crías se realiza de marzo a agosto. Al respecto Soriano-Velásquez (2006) y Alejo-Plata *et al.* (2007) mencionan que en el Golfo de Tehuantepec el periodo de gestación es de 12 meses. En el Golfo de California Cadena-Cárdenas (2001) y Hoyos-Padilla (2003) sugieren también un año de gestación con un descanso entre parto y parto, al igual que Oshitani *et al.* (2003) para el Océano Pacífico. En el Océano Atlántico,



Branstetter (1987) y Bonfil *et al.* (1993) sugieren un periodo de gestación de 12 meses para el Golfo de México y Campeche, respectivamente.

El patrón de crecimiento tanto ovárico como embrionario, indican que las hembras de *C. falciformis* están sincronizadas reproductivamente, es decir, presentan una sincronía en sus periodos de ovulación, gestación o nacimiento, independientemente del periodo en el que se encuentren, ya sea la vitelogénesis o la gestación. De acuerdo a Castro (2009) las hembras de tiburones pueden ser reproductivamente sincrónicas o asincrónicas; las sincrónicas se encuentran en el mismo estado del ciclo reproductivo y dan a luz generalmente en primavera o verano, cuando las condiciones ambientales son más estables y la comida es abundante, permitiendo la reproducción y nacimiento de las crías.

De acuerdo a Ronquillo-Benítez (1999) y Galván-Tirado (2007) el periodo de cortejo y apareamiento en el Golfo de Tehuantepec es de mayo a junio y de marzo a mayo, respectivamente. De ser así las hembras no grávidas fecundadas en marzo dan a luz entre febrero y marzo del año próximo; mientras que, las que son fecundadas en junio presentan partos en mayo o junio del siguiente año; considerando que la gestación es de 12 meses.

Estos datos concuerdan con el periodo de nacimiento reportado en este trabajo, en el cual se observan neonatos desde marzo hasta agosto. Para el Golfo de California Villavicencio-Garayzar (1999) sugiere una época de reproducción en primavera-verano, Hoyos-Padilla (2003) observó, en la costa occidental de Baja California Sur, indicios de actividad reproductiva de julio a noviembre.

En lo que respecta a la talla y época de nacimiento, la hembra preñada que se capturó en el mes de junio, presentó embriones con tallas (52 cm de Lt) cercanas a la talla de nacimiento (55 cm de Lt), esto da un indicio del periodo en el que podrían estar



naciendo los tiburones. Para el Golfo de Tehuantepec, Galván-Tirado (2007) menciona que el nacimiento ocurre de los 60 a los 69 cm de Lt entre febrero y mayo, Alejo-Plata *et al.* (2007) de 65 cm de Lt para la costa de Oaxaca.

Otros autores como Bonfil *et al.* (1993) señalan para el Golfo de California, una talla de nacimiento de 76 cm de Lt y Cadena-Cárdenas (2001) de 70 cm de Lt. Finalmente para la región del Pacífico, Oshitani *et al.* (2003) obtienen una talla de nacimiento entre 65 y 81 cm de Lt.

Soriano-Velásquez *et al.* (2006) reportan para el Golfo de Tehuantepec que la mayor abundancia de hembras grávidas y neonatos se muestra en verano (de julio a septiembre). Para el Océano Pacífico, Oshitani *et al.* (2003) mencionan que los partos ocurren de mayo a julio. Villavicencio-Garayzar (1995) menciona que el desarrollo embrionario de tiburones tropicales como *Carcharhinus falciformis* generalmente se presentan cuando la temperatura del agua es la máxima, debido a que son animales poiquilotermos. Sin embargo, Castro (2003) menciona que en áreas tropicales disminuyen las probabilidades de que los alumbramientos ocurran en un mismo tiempo, ya que los tiburones tienen la capacidad de reproducirse todo el año.

El amplio periodo de nacimiento que presenta la especie, de alguna manera está relacionado con la alta productividad que se presenta en el Golfo de Tehuantepec, ya que, según Tapia García *et al.* (2007) a partir de noviembre inicia la temporada de secas, la cual se caracteriza por presentar vientos que generan surgencias. Este fenómeno trae consigo nutrientes que permiten la disponibilidad de recursos a los organismos, y debido a que la temporada de vientos Tehuanos dura hasta mayo, sus efectos pueden generar un ecosistema estacional con una red trófica de la cual los tiburones forman parte.



A pesar de que el Golfo de Tehuantepec presenta una dinámica oceanográfica con baja estabilidad a lo largo de año, se podría pensar, de acuerdo a los registros de hembras grávidas, neonatos y juveniles, que dentro de la costa de Chiapas, existen áreas de crianza, las cuales según Castro (1993) son zonas geográficas donde se registran hembras grávidas y donde éstas liberan sus huevos o dan a luz y donde las crías pasan sus primeras semanas, meses o años. Muchas zonas de crianza están localizadas dentro o cerca de áreas de alta productividad donde existe alimento disponible para los tiburones jóvenes (Springer, 1967).

Por otra parte Heupel *et al.* (2007) proponen una nueva definición de área de crianza que requiere tres criterios: los tiburones deben ser más comúnmente encontrados en la zona que en otras zonas, los tiburones deben tener una tendencia a permanecer o regresar por largos períodos de tiempo, y la zona o hábitat debe ser utilizada en varias ocasiones a lo largo del tiempo. Analizando la definición, *C. falciformis* no es una especie que se encuentre comúnmente en el área y tampoco permanece por largos periodos a lo largo de los años. Sin embargo, la debilidad del tamaño de muestra y la posible selectividad por pesca hacen que resulte imposible asegurar la existencia de zonas de crianza. También es posible que el área de estudio sea empleada por esta especie solamente como una zona de alimentación.



VII. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de algunos aspectos de la biología reproductiva del tiburón *C. falciformis*, se puede concluir lo siguiente:

- Las tallas más abundantes correspondieron a organismos juveniles de entre 106 y 138 cm de Lt ($\bar{x} = 122$), y las tallas menos abundantes fueron de adultos maduros entre 202 y 218 cm de Lt ($\bar{x} = 208$).
- La proporción sexual de la especie fue significativamente igual a 1:1 para machos y hembras. El 45.9% del total fueron hembras y 54.1% machos.
- *Carcharhinus falciformis* presentó un tipo de crecimiento isométrico, con respecto a la longitud y el peso, tanto para hembras ($p > 0.05$) como para machos ($p > 0.05$), pero con diferencias significativas entre sexos ($p < 0.05$), lo cual se refleja en el mayor tamaño de las hembras.
- El modelo logístico indicó que el 50% de las hembras alcanzan la talla de madurez sexual a los 170 cm de Lt, y el 50% de los machos alcanzan la talla de madurez sexual a partir de los 179 cm de Lt.
- Los valores de fecundidad fueron de 3 embriones el mínimo y de 10 embriones el máximo, con longitudes desde los 10.2 hasta los 52 cm de Lt; los mayores tamaños de embriones correspondieron al mes de junio, que es cuando seguramente se da el alumbramiento, ya que la talla de nacimiento se estimó en 55 cm de Lt.



VIII. RECOMENDACIONES

- En campo se deben utilizar claves para la correcta identificación de los organismos.
- Lo mejor sería obtener información de muestreos biológicos para evitar en lo posible un sesgo en los resultados de la investigación, ya que algunas de las causas que pueden influir son el tamaño de muestra y la selectividad por parte de las artes de pesca.
- Es de gran importancia considerar las características ambientales y oceanográficas del área de estudio, ya que nos proporcionan información valiosa acerca de las especies.
- Es necesario realizar estudios que determinen y corroboren los aspectos reproductivos de la especie (fecundidad, talla y época de nacimiento) para poder establecer medidas de manejo. Así como también es necesario conocer las tallas de madurez, ya que existe una falta de regulación en la pesca en organismos juveniles, quienes tienen gran impacto en el reclutamiento de los futuros adultos.
- La existencia de las zonas de crianza en la costa de Chiapas y en el Golfo de Tehuantepec debe ser estudiada, ya que entre más conocimientos tengamos al respecto, es más factible tomar decisiones importantes para la conservación de las especies.
- Deben considerarse y analizarse las diferencias que pudieran existir entre los organismos del Océano Pacífico, Atlántico e Índico para poder determinar la razón de estas diferencias y emplear un mejor manejo de la especie en cada región.



- Una sobre-estimación en los parámetros básicos puede generar errores de gran importancia en las estrategias pesqueras.
- El presente trabajo proporciona un aporte a la información necesaria para poder generar estrategias de regulación en las pesquerías. Dado lo anterior se sugiere continuar con las evaluaciones sobre este recurso.



IX. REFERENCIAS

- Acero, P., M. Grijalba-Bendeck, F. Moreno, K. Acevedo y E. González. 2008. Histología comparada del sistema reproductivo de cuatro especies de rayas caribeñas (Chondrichthyes: Batoidea). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 32(125): 581-596. ISSN.
- Alejo-Plata C., S. Ramos-Carrillo y J. L. Cruz-Ruíz. 2006. La pesquería del tiburón en Salina Cruz, Oaxaca, México. *Universidad del Mar. Ciencia y Mar.* 2006, X (30): 37-51.
- Alejo-Plata C., J. L. Gómez-Márquez, S. Ramos y E. Herrera. 2007. Presencia de neonatos y juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) y del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Muller y Henle, 1839) en la costa de Oaxaca, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3): 403-413. Version On-line ISSN 0718-1957.
- Allen, T. 1999. *The Shark Almanac*. Lyons y Burford Publishers, New York, 274 p.
- Applegate, S. P., L. Espinoza y F. Sotelo. 1979. Tiburones mexicanos. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. Secretaría de Educación Pública, México, 146 p.
- Ayala-Duval, E., M. Maldonado-Monroy, J. Becerril-Martínez, D. García-Tamayo, C. Juárez-Ortiz, J. Blas-Cabrera, V. Barrios-Orozco, J. Huerta-González y A. Almaráz-Gómez. 1998. Distribución de algunos componentes del ictioplancton y su relación con la biomasa fitoplanctónica, 93-102 p. En: M. Tapia (Ed.). *El Golfo de Tehuantepec. El Ecosistema y sus Recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 239 p.
- Bane Jr., G. W. 1966. Observations on the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, in the Gulf of Guinea. *Copeia*. 2: 354-356.



- Bernal-Jaspeado T. S. 1999. Observaciones sobre la biología de *Carcharhinus obscurus* (LeSueur, 1818) y *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839), (Pisces: Carcharhinidae) en el Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar. Departamento de Biología Marina. La Paz, México.
- Bonfil S., R. 1987. Composición por especies de la pesquería de tiburón y cazón en Yucatán, y relaciones morfométricas de las principales especies. CRIP-Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).
- Bonfil, R., R. Mena y De Anda. 1993. Biological Parameters of Commercially Exploited Silky Sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, Mexico. En: Branstetter, S. (Ed). Conservation Biology of the Elasmobranchs. NOAA Technical Report NMFS. 115: 73-86.
- Bonfil, R. 1994. Overview of World Elasmobranch Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. 341. Rome. 119 p.
- Bonfil-Sanders, S. R. 1997. Status of shark resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. Fisheries Res. 29: 101-117.
- Branstetter, S. 1981. Biological notes on the sharks of the north central Gulf of Mexico. Contribution to *Marine Sciences*. 24: 13-34.
- Branstetter, S. 1987. Age and growth validation of newborn sharks held in laboratory aquaria with comments on the life history of the Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae*. *Copeia*. 1987(2): 291-299.
- 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.
- Cabrera-Chávez-Costa. A. A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 95 p.
- Cadena-Cárdenas, L. 2001. Biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Baja California Sur, México.



- Calliet, G. M. 1993. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). *Aust. Journal Marine Freshwater Res.* 43: 183-193.
- Castillo-Géniz, J. L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Secretaría de Pesca, México. 72 p.
- Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez-Farías, A. Cid del Prado V., S. R. Soriano V. y S. C. Ramírez. 1997. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca, 34 p.
- Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez-Farías, M. C. Rodríguez de la Cruz, E. Cortés y A. Cid del Prado. 1998. The mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *Aust. J. Mar., Freshwater Res.* 49: 611-620.
- Castillo-Géniz, J. L. 2002. Elasmobranchios del Golfo de Tehuantepec, litoral chiapaneco. Informe final del proyecto S123, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz. México.
- Castro J. I. 1983. The sharks of North American waters. Texas A y M. University Press, College Station, Texas.
- Castro J. I. 1993. The sharks nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of Southeastern Coast of the United States. *Environmental Biology of Fishes.* (38): 37-48.
- Castro J. I. 1993. The biology of the finetooth shark, *Carcharhinus isodon*. *Environmental Biology of Fishes.* (36): 219-232.
- Castro J. I. 1996. Biology of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, off the southeastern United States. *Bulletin of Marine Science.* 59(3): 508-522.
- Castro-Aguirre, J. L. y H. Espinosa-Pérez. 1996. Listado faunístico de México. 7. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha). Universidad Nacional Autónoma de México, México. 75 p.
- Castro J. I. 2003. On the determination of the length of the reproductive cycles of sharks. En: Memorias del 1er. Foro de Intercambio Científico Sobre Tiburones y Rayas. INP-CRIP Guaymas. pp. 8.



- Castro J. I. 2009. Observations on the reproductive cycles of some viviparous North American sharks. *Aqua, International Journal of Ichthyology*. 15(4):205-222.
- Chambers J. M., W. S. Cleveland, B. Kleiner y P. A. Tukey. 1983. *Graphical methods for data analysis*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Compagno, J. L. V. 1984. *FAO Species Catalogue*. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species know to date. Parts 2. Carcharhiniformes. *FAO Fish. Synop. Rome*. (125) Vol. 4: 251-655.
- Compagno, L. J. V., F. Krupp y W. Schneider. 1995. *Tiburones En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental* (W. Fischer, F. Krupp, W. Schnider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem, Eds.). 2: 648-743.
- Compagno, L., M. Dando y S. Fowler. 2005. *Sharks of the world*. Princeton Field Guides, New Jersey, 368 p.
- CONAPESCA-INP, 2004. *Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlan, México. 85 p.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and tropic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*. 56: 707-717.
- Daniel. W. W. 1980. *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. LIMUSA, México. 485 p.
- Del Prado-Vera, C., S. R. Soriano-Velásquez, J. L. Castillo-Géniz, J. F. Márquez-Farías y S. A. Montiel-Barrón. 1997. Avances del proyecto de investigación “descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas”. *Memorias de V Congreso Nacional de Ictiología*. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Feb. 1997. 73: 3-5
- FAO 2000. *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 142 p.



- FAO 2006. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Consultado en agosto de 2009.
- <http://www.fao.org>
- <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250s/i0250s.pdf>.
- Fox J. 1990. Describing univariate distributions. En: J. Fox and J.S. Long (Eds.) Modern Methods of Data Analysis, pp. 58-125. Newbury Park, CA: Sage publications.
- Gaertner D. y F. Laloe. 1986. Etude biometrique de la taille a'premier maturité sexuelle de *Geryon maritae*, Maning et Holthuis, Senegal. Oceanol. Acta, 9 (4): 479-487.
- Galván-Tirado C. 2007. Biología reproductiva del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* capturado en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México.
- Garrick, J. A. F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA. Technical Reports NMFS Circular, 445 p.
- Hamlett C. W., G. Kormanik, M. Storrie, B. Stevens y T. I. Walker. Capítulo 13: Chondrichthyan Parity, Lecithotrophy and Matrotrophy. 395-434. En: Hamlett C. W. 2005. Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Vol. 3. Science Publishers, INC. USA. 575 p.
- Hazin, F. H. V., Oliveira G. V. P. y Macena C. L. B. 2007. Aspects of the reproductive biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Nardo, 1827), in the vicinity of archipelago of Saint Peter and Saint Paul, in the equatorial Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 60 (2): 648- 651.
- Heupel, M. R., J. K. Carlson y C. A. Simpfendorfer. 2007. Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 337:287-297.
- Hoenig, J. M. y S. H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management 90:1-16. En: Pratt, H. L., 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. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 90. 518 p.



- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. En: Sea Fisheries Research. F.H. Jones (Ed) Halted Press Book.
- Hoyos-Padilla, E. M. 2003. Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, México.
- Klimley A. P. 1987. The determinants of sexual segregation in the Scalloped Hammerhead Shark, *Sphyrna lewini*. Environ. Biol. Fish. 18: 27–40.
- Koob T. J. y I. P. Callard. 1999. Reproductive endocrinology of female elasmobranchs: Lessons from the little skate (*Raja erinacea*) and spiny dogfish (*Squalus acanthias*). J. Exp. Zool. 284: 557–574
- Lombardi J. 1998. Comparative vertebrate reproduction. Kluwer Academic Publishers, Boston, Estados Unidos, 469 pp.
- Mendizábal y Oriza, D. 1995. Biología reproductiva, crecimiento, mortalidad y diagnóstico de *Alopias vulpinus* (tiburón zorro) y *Carcharhinus limbatus* (tiburón volador) de la boca del Golfo de California al Golfo de Tehuantepec (periodo 1986-1987). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Mojetta, A. 2005. Guía del Mundo Submarino: Tiburones. Diana, Madrid, 168 p.
- Musick, J. A. 1999. Ecology and conservation of long-lived marine animals, p. 1-10. En: Life in the slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals. J.A. Musick (Ed.). Am. Fish. Soc. Symp. 23. Bethesda, Maryland.
- Ortiz-Segura C. 1993. Historia de la pesca de tiburón en Puerto Madero, Chiapas. Evolución de los métodos y artes de pesca. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social UNAM. México, D.F. 41 p.
- Oshitani S., Nakano H. y Tanaka S. 2003. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the Pacific Ocean. *Fisheries Science*. 69: 456-464.
- Pratt, H. L. Jr. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fishery Bulletin*. 77: 445-469.
- Pratt, H. L. Jr. 1988. Elasmobranch gonad structure: a descriptive survey. *Copeia*. (3): 719-729.



- Pratt, H. L. Jr. and 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. En: Pratt H. L. Jr., Gruber, S. H. y Taniuchi, T. (Eds.): Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematic, and the status of the fisheries. U.S. Department of Commerce, NOAA. Technical Report NMFS 90. 518 p.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. Department of environment fisheries and marine service, Ottawa, 382 p.
- Rincon Getulio. 2007. A record of abortion in the school shark *Galeorhinus galeus* (Carcharhiniformes, Triakidae) captured on the continental shelf off southern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. Brasil. 2(1):53-54.
- Ronquillo-Benítez, C. 1999. Aspectos biológicos y pesqueros del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de la aguas del Golfo de Tehuantepec, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rossouw G. J. 1987. Function of the liver and hepatic lipids of the lesser sand shark, *Rhinobatos annulatus* (Müller y Henle). *Comp. Biochem. Physiol. B*. 86: 785–790.
- SAGARPA. 2000. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. Consultado en agosto de 2008.
- SAGARPA y CONAPESCA. 2003. Anuario Estadístico de Pesca. 265 p.
- SAGARPA. 2007. PROY-NOM-029-PESC. Proyecto De Norma Oficial Mexicana. Pesca Responsable De Tiburones Y Rayas. Especificaciones Para Su Aprovechamiento. Diario Oficial de la Federación.
- SAGARPA y CONAPESCA. 2009. Anuario Estadístico de Pesca. 155 p.
- Salgado-Ugarte I. H., Shimizu M, Taniuchi T y Matsushita K. 2000. Size Frequency Analysis by Averaged Shifted Histograms and Kernel Density Estimators. *Asian Fisheries Science* 13: 1-12. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. 12 p.
- Salgado-Ugarte I. H. 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 139 p.



- Salgado-Ugarte I. H., Gómez-Márquez J. L. y Peña-Mendoza B. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 239 p.
- Sánchez de Ita J. A. 2004. Edad y crecimiento del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa Occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, México.
- SEMARNAP. 1993-1995. Anuarios estadísticos de pesca. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México.
- SEMARNAP. 2001. Anuario Estadístico de Pesca. 1996. México CD.
- SEPESCA. 1997-1992. Anuarios Estadísticos de Pesca. Secretaría de Pesca, México.
- Silva T. C. y R. P. Lessa. 1991. Sexual development of the bonnethead shark *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758) in northern Brazil (Maranhão). *Rev. Bras. Biol.* 51:747-754
- Sims D. W. 2003. Tractable models for testing theories about natural strategies: Foraging behaviour and habitat election of free-ranging sharks. *J. Fish Biol.* 63: 53-73.
- Sokal R. y F. Rohlf. 1996. Biometry. Third Edition. W. H. Freeman and Co. New York, 887 p.
- Somerton, D. 1980. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Ca. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 37: 1488-1494.
- Soriano-Velásquez S. R., A. Solís-Nava, C. Ramírez-Santiago, A. Cid del Prado-Vera y J. L. Castillo, G. 2001. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. En: Cisneros Mata, M.A. y A. J. Díaz de León (Eds.). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, 1999-2000*. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA.
- Soriano-Velásquez, S. R., Acal-Sánchez, D. E., Castillo-Géniz, J. L., Vázquez-Gómez, N. Y. y Ramírez-Santiago, C. E. 2006. Tiburón del Golfo de Tehuantepec. Pp. 323-360. En: Arreguín-Sánchez, F., Beléndez-Moreno, L. F., Méndez Gómez-Humarán, I., Solana-Sansores, R., y Rangel-Dávalos (Eds.). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México.
- Springer, S. 1967. Social Organization of Shark Populations. Pp. 149-174. En: P. W. Gilbert, R. F. Matheson y D. P. Rall (Ed.) *Sharks, skates and rays*. John Hopkins Press. Baltimore.



- Stevens, J. D. 1984. Life history and ecology of sharks at Aldabra Atoll, Indian Ocean. Proc. R. Soc. Lond. B. 222: 79–106.
- Stevens, J. D. (Ed.). 1987. Sharks. Facts on File Publications. New York, 240 p.
- Strasburg, D. W. 1958. Distribution, abundance and habits of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. U. S. Fish. Wild. Serv. *Fish. Bull.* 58: 335-361.
- Tapia-García, M. 1997. Estructura e interacciones ecológicas de las comunidades de peces de la plataforma continental y la Laguna del Mar Muerto, en el Golfo de Tehuantepec al sur del Pacífico Mexicano. Tesis de doctorado en Ciencias del Mar, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tapia-García, M. y B. Gutiérrez-Díaz. 1998. Recursos pesqueros de los estados de Oaxaca y Chiapas, Cap. 11:149-162. En: M. Tapia-García (Ed.) El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos, 240p. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, 1998. ISBN970-654-348-1.
- Tapia-García, M., M. C. García-Abad, A. Carranza-Edwards y F. Vázquez-Gutiérrez. 2007. Environmental characterization of the continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Geofísica Internacional*. Vol. 46, No. 4: 249-260.
- Véras P. D., I. S.L. Branco, S. H. V. Hazin, C. Wor y M. T. Travassos. 2009. Preliminary analysis of the reproductive biology of pelagic stingray (*Pteroplatytrygon violacea*) in the southwestern Atlantic. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 64(5):1755-1764.
- Villavicencio-Garayzar, C.J. 1995. Reproductive biology of the banded guitarfish, *Zapterix exasperata* (Pisces: Rhinobatidae), in Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Cienc. Mar.* 21(2):141-153.
- Villavicencio-Garayzar, C. J., E. Mariano M y C. Downton H. 1997. Tiburones capturados comercialmente en la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. En: Bahía de La Paz. Investigación y Conservación. Urbán R.J. y M. Ramírez (Eds).
- Villavicencio-Garayzar, C. J., A. M. Torres-Huerta y L. Cadena-Cárdenas. 1999. Áreas de crianza de tiburones en el Golfo de California. Informe final L054. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 121 p.
- Vinogradov, M. E. 1981. Equatorial upwelling ecosystems, 69-93 p. En: A. Longhurst (Ed.) Analysis of marine ecosystems. Academic.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall.

