Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL TIBURÓN ALETA DE CARTÓN *Carcharhinus falciformis*, CAPTURADO EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC.

T E S I S

que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA

Carolina Galván Tirado

Director de tesis:
Dr. Felipe Galván Magaña

Comité tutoral:
Dra. Rosa Isabel Ochoa Báez
Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Dr. Felipe Amezcua Martínez
Dr. Agustín Hernández Herrera

AGOSTO 2007

AGRADECIMIENTOS

La experiencia que representa cursar una maestría y realizar una tesis, motiva dar las gracias a muchas personas porque sin su ayuda no hubiese sido posible finalizar el trabajo, pero también hay quienes las merecen por haber dejado una huella en mi camino.

A CONACyT y DGEP-UNAM por el apoyo económico brindado para la realización de ésta tesis.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Felipe Galván por su apoyo incondicional al dirigir esta tesis y darme la oportunidad de continuar trabajando en el asombroso universo de los tiburones. Con gran respeto, admiración y cariño… Gracias Doc!!!

A la Dra. Rosa Isabel Ochoa y al Dr. Agustín Hernández por sus valiosos comentarios y sugerencias en la revisión y evaluación de este trabajo. Al Dr. Oscar Sosa y al Dr. Felipe Amezcua por su valiosa colaboración y buena voluntad en las revisiones, así como en sus observaciones críticas en la redacción del trabajo y ayudar a mejorarlo.

A mi Familia, simplemente por que han sido el principal pilar en mi vida. A pesar de no estar físicamente presentes, en todo momento los llevo conmigo.

A Maribel Carrera responsable del programa de muestreo en los campos pesqueros, por el procesamiento de muestras y datos necesarios para la realización de esta tesis, así como por facilitarme fotografías de embriones de *C. falciformis*, por ser una excelente anfitriona y amiga. Asimismo, a todos los alumnos tesistas que colaboraron en el arduo trabajo de campo, muy especialmente a Alfredo y Carlos, pero sobre todo a Leydi por la amistad brindada.

A Antonio Ocampo por su invaluable ayuda y guía en la realización de la parte histológica, por compartir conmigo su amplio conocimiento en esta área y por brindarme su amistad.

A Mauricio Hoyos no sólo por haberme ayudado a instalarme en La Paz y ofrecerme un techo a mi llegada (y un colchón donde dormir), sino por su apoyo en momentos difíciles.

A Mimi y Scarlett por hacer que mi adaptación a La Paz fuera mucho más sencilla, por estar cerca, abrirme las puertas de su casa y ofrecerme su amistad, cariño y compañía cuando más lo necesite. Hemos compartido sonrisas y lágrimas, muchas gracias amiga!!!

A Bere, Marcela, Noe y Beto, por ser unos amigos increíbles con los que he compartido momentos inolvidables. Ustedes han enriquecido mi vida con su cariño y alegría, gracias por ser parte de mi mundo paceño.

A Jesús y Julián por ayudarme a resolver mis dudas, hacerme uno que otro favor …ah claro, y por conservar una amistad a pesar de la distancia. Gracias por escucharme.

Especialmente… Ángel gracias por ser chispa que enciende sentimientos y leña que ayuda a mantenerlos, por la mano que acompaña y protege, por la simple presencia que torna la tristeza en alegría y evita que la soledad exista.

A los pescadores de Chiapas y Oaxaca, principalmente a los pescadores de Ensenada Chipehua por permitirnos obtener muestras de sus capturas y compartir sus conocimientos y experiencias.

A los laboratorios de Morfofisiología y de Ictiología del CICIMAR por el apoyo que me brindaron para el uso de materiales, reactivos, equipo de microscopia y de cómputo.

Por último quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que me han devuelto una sonrisa, a todos aquellos que me ofrecieron su apoyo, colaboración y sobre todo amistad en tiempos difíciles, a todos aquellos que han puesto de su parte para que el trayecto fuera mucho más agradable. Gracias por los buenos momentos.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS ……..……..……i

RESUMEN…….....……...…….…….……..iii

1. INTRODUCCIÓN……..…..……..1

2. OBJETIVOS……..……..…….……7

3. MATERIAL Y METODOS……..……..……..8

Área de estudio……..……..……..……8

Trabajo de campo……..……10

Trabajo de laboratorio y gabinete…….…...……12

4. RESULTADOS……...…….……16

Distribución de tallas y proporción de sexos……...……..……....…..16

Madurez sexual……..……..……..……...23

Periodo de ovulación y apareamiento……....……..……...……...……..28

Fecundidad, periodo de gestación y nacimiento……..…….……..……....….30

Almacén de esperma……...……..……..……..33

5. DISCUSIÓN……...…….……...36

Distribución de tallas y proporción de sexos……..…..……36

Madurez sexual……...……..……39

Periodo de ovulación y apareamiento…….…..……..……40

Fecundidad, periodo de gestación y nacimiento……..41

Almacén de esperma…….…..……..……45

6. CONCLUSIONES……**47**

7. RECOMENDACIONES……**48**

8. BIBLIOGRAFÍA……...……...……**49**

TABLAS

Tabla 1. Captura relativa de organismos por mes registrados en cada campamento Pesquero……..…..17

Tabla 2. Datos morfométricos y reproductivos de hembras y machos de *C. falciformis.* 18

Tabla 3. Proporción sexual mensual de *C. falciformis*.....21

Tabla 4. Hembras grávidas de *C. falciformis,* capturadas durante el periodo de septiembre de 2004 a mayo de 2006. 30

Tabla 5. Resumen de diversos aspectos reportados en la literatura de la biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis*. 46

FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de muestreo. 8

Figura 2. Porcentaje de hembras y machos del tiburón aleta de cartón registrados en cada campamento pesquero.....17

Figura 3. Distribución de frecuencia de tallas de hembras y machos del tiburón aleta de cartón. 19

Figura 4. Distribución mensual de tallas de hembras y machos del tiburón aleta de cartón.....20

Figura 5. Porcentaje de organismos inmaduros por estación del año 22

Figura 6. Porcentaje de organismos maduros por estación del año.....22

Figura 7. Relación de la longitud total de la hembra con el diámetro de la glándula oviducal 24

Figura 8. Relación de la longitud total de la hembra con el ancho del útero 24

Figura 9. Relación longitud total de la hembra y el tamaño máximo del oocito. 25

Figura 10. Talla de primera madurez sexual de hembras 25
Figura 11. Relación de la longitud total del macho con la longitud del testículo 26
Figura 12. Relación de la longitud total del macho con la longitud del gonopterigio 27
Figura 13. Talla de primera madurez sexual de machos. 27
Figura 14. Crecimiento mensual de oocitos en hembras maduras.....28
Figura 15. Crecimiento mensual del ancho del testículo de machos maduros a través del IGS. 29
Figura 16. Aparato reproductor de una hembra adulta de 196 cm LT con oocitos maduros. 31
Figura 17. Útero de una hembra preñada de 210 cm LT con embriones desarrollados 31
Figura 18. Crecimiento embrionario mensual de 15 camadas de *C. falciformis*. 32
Figura 19. Fases de desarrollo espermatogénico en testículos de *C. falciformis*.....34
Figura 20. Almacén de esperma en la vesícula seminal de machos maduros.....35
Figura 21. Crecimiento embrionario reportado por diferentes autores…….. ..43

RESUMEN

El tiburón aleta de cartón, *Carcharhinus falciformis* es la especie capturada con mayor frecuencia a lo largo del litoral mexicano, pero a pesar de ser una de las especies más abundantes explotadas comercialmente, la información acerca de su biología es limitada. El objetivo del presente estudio es describir la biología reproductiva de esta especie, basado en 262 tiburones (117 hembras y 145 machos), capturados de septiembre de 2004 a mayo de 2006 en el Golfo de Tehuantepec, México. La talla de las hembras estuvo en un intervalo de 70 a 229 cm de longitud total (LT) y de 69 a 220 cm LT en el caso de los machos. La proporción de sexos general fue 0.8:1 (H:M) sin mostrar diferencias significativas (χ^2=2.99; p>0.05). La longitud a la cual el 50% de la población alcanza la madurez sexual fue de 180 cm en machos y de 190 cm en hembras. Los indicadores más confiables de madurez y actividad sexual en los machos fueron los gonopterigios calcificados, testículos bien desarrollados (184-282 mm) y presencia de esperma en la vesícula seminal. En el caso de las hembras las mediciones de los órganos reproductivos mostraron que entre 175 y 190 cm LT ocurre un incremento en el ancho de la glándula oviducal, la cual midió entre 19 y 45 mm; así como el desarrollo del útero, midiendo entre 20 y 220 mm de ancho. La fecundidad ovárica estuvo entre 4 y 11 oocitos y la fecundidad uterina entre 2 y 14 embriones. El crecimiento mensual de los oocitos indicó que a partir de mayo ocurre la ovulación ya que se observaron hembras adultas con oocitos amarillos, llenos de vitelo listos para ser ovulados. Por otra parte, en los machos se observó que a partir de julio se presentaron los promedios del índice gonadosomático más altos y mayor cantidad de machos con la vesícula seminal vacía, por lo que se infiere que el apareamiento ocurre en verano. La talla de nacimiento se observó entre 55-69 cm LT después de un período de gestación entre 18-20 meses, ocurriendo el nacimiento a principios de verano.

Palabras clave: tiburón aleta de cartón, *C. falciformis*, reproducción, Golfo de Tehuantepec.

1. INTRODUCCIÓN

Los tiburones tienen éxito como grupo debido a diversos factores. Probablemente el más importante es el desarrollo de estrategias reproductivas eficientes, incluyendo la fertilización interna, nutrición materna de embriones y el nacimiento de organismos completamente desarrollados idénticos a sus progenitores capaces de valerse por sí mismos en el medio marino (Pratt y Castro, 1990).

Los tiburones se caracterizan por contar con órganos reproductores especializados, con complejos comportamientos precopulatorios y copulatorios, así como con historias de vida reproductiva complejas. Ocupan un nivel alto dentro de la cadena trófica, alcanzando una categoría de depredadores tope. Muchos estudios se concentran hoy en analizar su papel de reguladores de los ecosistemas (Sosa-Nishizaki, 2003).

A partir de la fertilización interna se desarrollaron distintos patrones reproductivos (Pratt y Castro, 1990), los cuales tradicionalmente han sido clasificados como: ovíparo y vivíparo (Luer y Gilbert, 1991). Dentro de la viviparidad, la forma de reproducción más compleja es la llamada viviparidad placentaria (Wourms, 1977; Pratt y Castro, 1990; Hamlett, 1991), en la cual los embriones se alimentan por medio de un saco vitelino que posteriormente se fusiona con la pared del útero y se forma la pseudoplacenta, por medio de la cual los nutrientes de la madre son trasferidos directamente al embrión una vez que estos han agotado las reservas de vitelo, este tipo de desarrollo embrionario es llamado matrotrófico (Wourms, 1977).

En la mayoría de los tiburones la fecundidad es baja y en especies vivíparas, la gestación se lleva a cabo en porciones especializadas del oviducto. Presentan una glándula oviducal que funciona en el recubrimiento coriónico del huevo fecundado, como ocurre en aves y otros amniotas (Hamlett *et al.*, 1998).

Los periodos reproductivos de especies vivíparas están generalmente bien circunscritos a ciclos anuales, teniendo toda la población el apareamiento, gestación y nacimiento casi sincrónicos. Sin embargo, en algunas especies el ciclo dura dos años, de los cuales un año es de gestación y el otro de descanso (Fischer *et al.*, 1995).

Otra característica importante derivada de la fertilización interna, es la capacidad de algunas especies de tiburones, tanto machos como hembras, de almacenar los espermatozoides (Pratt, 1993; Pratt y Tanaka, 1994). Los machos almacenan cúmulos de esperma por períodos indeterminados (probablemente de semanas a períodos mas largos) en la vesícula seminal (Pratt y Tanaka, 1994), habiendo dos tipos básicos: espermatóforo y espermatozeugmata (Pratt y Tanaka, 1994; Maruska *et al*., 1996). Mientras que las hembras almacenan los espermatozoides en la glándula oviducal durante el intervalo entre la copulación y la ovulación (Luer y Gilbert, 1991, Pratt y Tanaka, 1994). Este almacén de esperma en la glándula oviducal incrementa las oportunidades de una fecundación exitosa, especialmente en las especies migratorias o en las que presentan una baja densidad poblacional (Pratt, 1993; Pratt y Tanaka, 1994). Sin embargo, la información disponible de los ciclos estacionales del desarrollo gonádico y cómo están relacionados a la temporada de los eventos reproductivos de la población es limitada. La mayoría de información de ciclos en elasmobranquios se ha dirigido a cambios en la oogénesis y esteroidogénesis, mientras que pocos estudios se han ocupado de la actividad espermática en los machos. Información que es crucial para la interpretación de la evolución de sistemas de apareamiento, ciclos endocrinos y regulación de la actividad reproductiva (Maruska *et al*., 1996).

La dificultad del estudio de los tiburones en cuestiones reproductivas, radica principalmente en la disponibilidad del recurso, dado que numerosas especies exhiben una marcada capacidad migratoria. En años recientes, los aspectos de la biología reproductiva han sido uno de los objetivos de los esfuerzos de investigación, con la finalidad de establecer el estado de madurez y desarrollo de los organismos capturados con mayor abundancia a lo largo del litoral mexicano.

La pesquería de tiburón tanto ribereña como de mediana altura ha sido por muchos años una de las actividades socioeconómicas más importantes en el Pacífico Mexicano, sus capturas constituyen una importante fuente de abastecimiento de alimento a bajo costo, significando fuente de empleos y beneficios económicos. A pesar de ello, existen pocos estudios acerca de la historia de vida de las especies de tiburón, lo que limita las

posibilidades de realizar un manejo adecuado de las pesquerías y contribuir con ello a la conservación del recurso, el cual es vulnerable, debido al lento proceso de crecimiento, largos periodos de vida y tardía madurez sexual de las especies, junto con la baja tasa de fecundidad, características que se reflejan en un escaso potencial reproductivo (Hoenig y Gruber, 1990), lo que aumenta los riesgos y consecuencias de la sobrepesca como resultado del rápido crecimiento de las pesquerías, altos niveles de mortalidad por captura incidental en otras pesquerías y la alteración de áreas de crianza importantes y otras áreas que forman parte del hábitat de los tiburones como zonas costeras y estuarios (Hoff, 1990).

Las áreas de mayor abundancia pesquera de tiburones en la costa del Pacífico Mexicano son el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec. Este último comprende los litorales de Chiapas y Oaxaca, estados que en el 2003 ocuparon el tercer y quinto lugar en la captura de tiburón con 4010 y 2098 toneladas de peso vivo (Anuario Estadístico de Pesca, 2003). El lugar principal de desembarque de las operaciones de pesca realizadas en Chiapas es Puerto Madero, siendo *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis* las especies que soportan el 89.3% de la captura total de la pesca artesanal, en la cual *C. falciformis* ocupa el segundo lugar contribuyendo con 43% en la captura total de tiburón en esa zona (Ronquillo-Benítez, 1999). En Puerto Ángel, Oaxaca se reporto que de 2000 al 2002, esta especie de tiburón representó más del 90% de la captura (Chong-Robles y Alejo-Plata 2002).

Al igual que otras especies de tiburones, *C. falciformis* (tiburón piloto, sedoso o aleta de cartón) se captura principalmente por sus aletas y por su carne, ésta última comercializada fresca y seca–salada, además de constituir parte importante en la dieta de diversos grupos de asentamientos humanos en la costa (Bonfil *et al.*, 1990; Fischer *et al.*, 1995; Cadena-Cárdenas, 2001). Los productos del tiburón aleta de cartón son comercializados en el mercado dentro de la categoría "primera especial", por lo que es considerado una especie objetivo en la pesca comercial artesanal en las costas del Océano Pacífico y Golfo de California (Cadena-Cárdenas, 2001). Asimismo, *C. falciformis* es la especie de tiburón capturada con mayor frecuencia en la pesquería de cerco de atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico Oriental , por lo que es frecuente encontrar

información cuantitativa de esta especie en los reportes que elabora la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT, 2006).

A escala mundial sólo se conoce parte de la biología de *C. falciformis*. Es una especie circumtropical (FAO, 2007); se encuentra en aguas cálidas tropicales y subtropicales alrededor del mundo. Vive en aguas oceánicas alcanzando profundidades de hasta 500 metros, aunque también habita aguas costeras cerca de la superficie (Fischer *et al.,* 1995). En el Océano Atlántico se encuentra desde Massachussets hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México y el Mar Caribe. En el Océano Pacífico se encuentra desde Carolina del Sur hasta Perú (Compagno, 1984).

Se le describe como un nadador rápido, activo, agresivo y como una especie altamente migratoria (Fishbase, 2007). Los estudios indican que se alimenta principalmente de peces, tanto pelágicos como costeros (atunes aleta amarilla *Thunnus albacares* y barriletes *Katsuwonus pelamis)*, así como de calamares y cangrejos pelágicos (Bane, 1966; Compagno, 1984). Cabrera-Chávez-Costa (2000) y Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al*. (2002) reportaron que en el Golfo de Tehuantepec la alimentación de esta especie es homogénea, especializándose en el cangrejo *Portunus xantusii affinis*, peces *Balistes polylepis* y escombridos; así como cefalópodos principalmente de calamar gigante *Dosidicus gigas* y *Sthenoteuthis ovalaniensis*. En la costa occidental de Baja California Sur, Cabrera-Chávez-Costa (2003) encontró que esta especie se alimenta principalmente de *D. gigas*, langostilla *Pleuroncodes planipes* y macarela *Scomber japonicus*. Andrade-González (2005) en el Océano Pacífico Oriental encontró que este tiburón se alimenta principalmente de *T. albacares* (66.7%), observando que los tiburones tienden a seleccionar a sus presas y que las categorías entre juveniles y adultos, así como entre sexos, presentaron traslapamiento desde bajo hasta medio.

Se han realizados varios trabajos para describir aspectos pesqueros y estimar parámetros de edad y crecimiento de esta especie. Branstetter y McEachran (1986), en el Golfo de México encontraron que *C. falciformis* tiene un periodo de gestación de 12 meses y mencionan que los machos maduran a menor talla que las hembras. Bonfil *et al*. (1993), en poblaciones de la Península de Yucatán, determinaron que la época de nacimiento es a

principios de verano con un periodo de gestación de 12 meses y nacen a una talla de 76 cm LT. Los machos maduran cuando alcanzan 225 cm LT (10 años) y las hembras de 232-245 cm LT (> 12 años). Castillo-Géniz *et al.* (1997), evaluaron el estado actual de las poblaciones de tiburones explotadas comercialmente en el Golfo de Tehuantepec durante 1996 y 1997, encontrando que *C. falciformis* es una de las especies que se capturan con mayor intensidad. Beerkircher *et al.* (2003), en el sureste de USA, utilizaron el método de Monte Carlo para simular la variabilidad en los parámetros de entrada, considerando varios escenarios analizaron resultados usando sólo mortalidad natural y posteriormente incorporando componentes de mortalidad por pesca. Oshitani *et al*. (2003), en el Océano Pacífico reportaron una edad de madurez en machos de 135-140 cm LP a una edad de 5-6 años, mientras que para hembras de 145–150 cm LP a una edad de 6–7 años, respectivamente. No encontraron diferencias marcadas en el crecimiento, talla de nacimiento y edad de madurez entre las poblaciones del Pacifico y Océano Atlántico. Sánchez de Ita (2004), registró a esta especie durante junio a noviembre en la costa occidental de B. C. S. Reporta que tanto hembras como machos maduran sexualmente a la edad de 7 – 8 años, a una longitud de 180 cm LT.

En cuanto a la biología reproductiva de ésta especie se han realizado pocos trabajos. Gilbert y Schlernitzauer (1966), observaron que sólo el ovario derecho es funcional y que posiblemente ocurre una interdigitación entre el tejido materno y el del feto en desarrollo temprano de su gestación. Branstetter (1987) en el noroeste del Golfo de México, menciona que *C. falciformis* presenta un período de gestación de 12 meses con un período de parto de mayo a junio y que machos y hembras maduran a una talla de 210 cm LT (6-7 años) y 225 cm LT (7-9 años) respectivamente. Ronquillo-Benítez (1999) en el Golfo de Tehuantepec, reporta de 2 a 8 embriones por camada con talla mínima de nacimiento de 50 cm LT. Cadena-Cárdenas (2001) en la región central del Golfo de California determinó que la talla de primera madurez se alcanza a los 180 cm LT en ambos sexos, la fecundidad se incrementa con la talla materna, el ciclo embrionario y ovárico no presentan un patrón estacional, la talla de nacimiento es a los 70 cm LT y que el período de gestación es de 12 meses con un descanso entre parto y parto. Hoyos-Padilla (2003) en la costa occidental de

B. C. S., reporta que el diámetro de los oocitos y la glándula oviducal además de la presencia de huevos uterinos o embriones sugiere que las hembras maduran alrededor de 180 cm LT, mientras que el desarrollo de los gonopterigios y la presencia de cúmulos de esperma demuestra que la madurez en los machos ocurre alrededor de los 182 cm LT, describe la anatomía reproductiva y el almacén de esperma para ambos sexos, pero sin encontrar una estacionalidad definida para la actividad reproductiva.

Si bien es cierto que se han realizado estudios específicos sobre los aspectos reproductivos de *C. falciformis* en el Pacífico mexicano, estos trabajos sólo han cubierto parte del ciclo reproductivo, ya que al ser este tiburón una especie migratoria no se ha encontraron registros durante un ciclo anual completo. En el Golfo de Tehuantepec el tiburón aleta de cartón ha sido reportado todo el año, sin embargo a pesar de ser una de las especies de tiburón más abundantes y explotadas en esta zona, ha sido objeto de pocos o nulos estudios específicos sobre biología reproductiva y la información disponible para realizar estrategias de conservación y manejo es insuficiente, por lo que el conocimiento del ciclo reproductivo completo contribuirá a sentar las bases para entender la historia de vida de *C. falciformis*.

2. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Describir la biología reproductiva del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* capturado en el Golfo de Tehuantepec, México.

Objetivos particulares:

- Establecer la distribución de tallas y proporción de sexos.
- Estimar la talla mínima de madurez sexual de hembras y machos.
- Estimar la fecundidad y duración del periodo de gestación.
- Inferir el periodo de ovulación, de apareamiento y de nacimiento.
- Determinar la temporada de almacén de esperma en las glándulas oviducales y la vesícula seminal.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El Golfo de Tehuantepec es la frontera oceánica sur de la Zona Económica Exclusiva de México en el Océano Pacífico (Fig. 1). Es una región de unos 100 000 km², delimitada por la latitud 12° N y la costa mexicana entre Puerto Ángel, Oaxaca y Puerto Madero, Chiapas, y por las longitudes 92° W y 97° W (Gallegos *et al.*, 1998).

Figura 1. Ubicación geográfica del área de muestreo.

La región del Golfo de Tehuantepec se encuentra en la zona tropical, siendo el clima por lo general húmedo con abundancia de lluvias. La superficie del Golfo de Tehuantepec se caracteriza por la formación de una cuña de agua fría que emerge del Golfo y alcanza unos 450 km afuera del puerto de Salina Cruz (Trasviña y Bartón, 1997).

En general, las profundidades son menores de 1800 m, la línea batimétrica que corresponde a esa profundidad pasa frente a Puerto Ángel a una distancia de 12 millas de la costa y atraviesa el Golfo con ondulaciones, hasta llegar a unas 47 millas mar adentro, al sureste de la desembocadura del Río Suchiate (Anónimo, 1978).

La distribución vertical de la salinidad exhibe un máximo de 38 UPS (Unidades Prácticas de Salinidad) y un mínimo de 27.2 UPS para la región costera. La variación de la temperatura superficial del mar tiene una estacionalidad. De abril a septiembre la temperatura promedio es de 29° C en todo el Golfo. De octubre a marzo, particularmente durante los vientos tehuanos, la temperatura superficial desciende drásticamente, en la parte central más próxima a la costa se han registrado temperaturas de hasta 10° C como resultado de la intensa mezcla vertical y el ascenso de agua subsuperficial (Fernández *et al*., 1992). Las aguas superficiales quedan sometidas durante el invierno a vientos intensos (nortes) que soplan a través del istmo, dando lugar al ascenso de aguas subsuperficiales (surgencia eólica) (Gallegos y Barberán, 1997).

El Golfo de Tehuantepec, durante la época de "nortes" es afectado por fuertes vientos que tienen un efecto directo sobre la superficie del mar, arrastran grandes masas de agua que hacen variar el nivel del mar en forma de grandes ondas de largo periodo (De la Lanza, 1991). Los "nortes" tienen su mayor fuerza y frecuencia durante el periodo comprendido entre noviembre y febrero, pero las condiciones favorables para su desarrollo pueden ocurrir anticipadamente en el mes de octubre, así como en la época posterior en el mes de abril. Estos vientos que ocurren durante los meses fríos del año como consecuencia de los vientos del norte en el Golfo de México son conocidos como "tehuantepecanos" o tehuanos (Anónimo, 1978 y Gallegos, 1994).

De acuerdo a la oceanografía del Golfo de Tehuantepec, existe una corriente de arrastre de sedimento y partículas de arena del oeste hacia el sureste de tipo superficial. Asimismo, existe una contracorriente que se dirige de sureste a noreste de tal forma que en el Golfo de Tehuantepec, en su plataforma continental por su baja profundidad sucede un fenómeno de succión de partículas sólidas suspendidas o arrastradas que son depositadas rápidamente en las barreras físicas que separan a las lagunas costeras del mar,

ocasionando el cierre de las bocas de manera temporal o permanente (Fernández *et al*., 1992).

Trabajo de campo

La información biológica utilizada para la elaboración de este trabajo, se obtuvo de las capturas comerciales de tiburones que se realizan en el Golfo de Tehuantepec y que son desembarcadas en los puertos de Salina Cruz y Puerto Ángel, Oaxaca y Puerto Madero, Chiapas.

La flota pesquera con la que se realiza la captura de tiburón en los tres campos pesqueros está compuesta por embarcaciones pequeñas llamadas "pangas" de menos de 10 metros de eslora con motor fuera de borda de 75 y 115 caballos de fuerza. Las artes de pesca utilizadas son redes agalleras de superficie, con una abertura de malla de de 8 a 12 pulgadas de hasta 150 m de longitud y 10 m de alto, además utilizan cimbras o palangres (líneas con anzuelos) con una extensión de 1,500 metros de longitud y de 100 a 150 anzuelos por línea, las cuales son colocadas a una distancia de la costa entre 14 y 35 millas náuticas. El tipo de anzuelo puede ser garra de águila (No. 16/0, deportivo), japonés y/o noruego (chilango) (No. 0) (Castillo-Géniz *et al.,* 1997 y Chong-Robles, 2005).Utilizan como carnada barrilete, atún y dorado. Por lo general las operaciones de pesca se efectúan de tres a cuatro veces por semana, excepto durante la temporada de “nortes”, cuando se efectúan sólo si las condiciones climáticas lo permiten. Cada salida tiene una duración de 12 a 18 hrs, en las cuales los pescadores salen por la tarde a colocar el arte de pesca, lo dejan en el agua durante la noche y regresan a recogerlo la mañana del día siguiente. Inmediatamente después del desembarque, los organismos son fileteados, eviscerados y pesados, las aletas de los tiburones son cortadas y puestas a secar para su posterior comercialización.

El periodo de muestreo fue de septiembre de 2004 a mayo de 2006. La mayoría de los datos fueron obtenidos de los muestreos realizados semanalmente en el campo pesquero Ensenada Chipehua que se encuentra más cercano a Salina Cruz. En San Agustinillo,

cercano a Puerto Ángel se realizaron muestreos mensuales de noviembre de 2004 a abril de 2005 y sólo se efectuó una visita a Puerto Madero, Chiapas en marzo de 2005.

Cada espécimen se midió y se examinó la morfología macroscópica para conocer su condición reproductiva. De los organismos muestreados se obtuvieron los siguientes datos:

a) Identificación de la especie. Realizada en el lugar de desembarque, utilizando las claves para la identificación de tiburones de Castro (1983) y Fischer *et al*., (1995).

b) Determinación del sexo. Se realizó de forma visual diferenciando a los machos de las hembras por la presencia de los órganos copuladores denominados gonopterigios (Lagler *et al*., 1977).

c) Medidas morfométricas. Empleando una cinta métrica de plástico se obtuvo la longitud total (LT) en centímetros (distancia en línea recta entre la punta de la cabeza o morro del animal y la punta del lóbulo superior de la aleta caudal, colocando la cola en posición natural) y la longitud del gonopterigio (LG) en milímetros (que es la distancia de la parte anterior de la cloaca hasta la parte distal del gonopterigio).

d) Estadio de desarrollo. Se determinó con base al desarrollo ontogenético descrito por Castro (1983):

1. **Embrión** es el estadio de pre-eclosión, en el caso de los tiburones vivíparos es el estadio de pre-parto.
2. **Neonato** es el posterior a la eclosión o al parto, son individuos libres nadadores que aún presentan la cicatriz umbilical en el caso de las especies placentadas.
3. **Juvenil** es el organismo que aún no ha madurado sexualmente.
4. **Adulto** es el individuo sexualmente maduro. Los criterios considerados para determinar la madurez sexual de los organismos son descritos posteriormente.

Cuando las actividades de colecta de muestras no interfería con el evisceramiento de los tiburones por parte de los pescadores, el aparato reproductor de los organismos fue

extraído, puesto en frascos de plástico, etiquetado y fijado en formol al 15% para su posterior análisis.

Trabajo de laboratorio y gabinete

Debido al bajo número de datos obtenidos a lo largo del periodo de trabajo y a que sólo se tuvieron registros de un año completo durante 2004, se agruparon los datos en un año tipo (promedio de los meses de cada año) para facilitar el análisis.

Distribución de tallas y proporción de sexos

La composición de tallas de la captura se obtuvo mediante histogramas de frecuencia para cada sexo (total y mensual), agrupando los datos de longitud total en tablas de frecuencias con intervalos de 10 cm, que fue el intervalo que mostró de la mejor manera la distribución de tallas. Se aplicó la prueba estadística t de Student para saber si existían diferencias significativas entre las longitudes totales de ambos sexos. Asimismo, se graficó la frecuencia relativa (en porcentaje de organismos) por sexo durante cada estación del año, agrupándolos en organismos inmaduros y maduros y por campamento pesquero.

Con el objeto de disminuir el error causado por efectos de muestreo (cuando no fue posible realizar muestreo o ausencia de actividad por parte de los pescadores) se dividió el número de organismos registrados en un mes entre el número de días muestreados durante el mismo mes.

Se contó el total de organismos de cada sexo y se dividió el número de hembras entre el número de machos para determinar la proporción de sexos. Se aplicó la prueba estadística X^2 para saber si existían diferencias significativas. El valor calculado de X^2 fue comparado con un valor de tablas (X^2, gl = 1, 0.05), rechazando la hipótesis de 1:1, cuando el valor calculado fue superior al valor de tablas $X^2_{0.05,1} = 3.841$.

Madurez sexual

Para determinar la madurez sexual de esta especie se registraron indicadores morfométricos y morfológicos de las estructuras reproductivas. En los machos se observó el grado de calcificación, capacidad de rotación y presencia de puntos hematosos en los gonopterigios (indicadores de cópula reciente). Los testículos grandes y completamente vascularizados y si existía semen en la vesícula seminal (Yano, 1995). Asimismo se midió el largo de los testículos ya que la relación entre el largo del gonopterigio y los testículos contra la longitud total es un índice de madurez (Pratt, 1979; Joung y Chen, 1995).

En las hembras se observaron las siguientes características: himen roto, presencia de oocitos en desarrollo, huevos o embriones en el útero, úteros distendidos (evidencia de un estado de gravidez previo), y presencia de heridas (marcas de dientes) causadas por la actividad de cortejo en los flancos o en las aletas. Se midió el ancho del útero, así como el diámetro de los oocitos más grandes y el ancho de ambas glándulas oviducales con un vernier y se graficó contra la longitud total del organismo para observar la relación entre estas medidas, ya que esto indica el comienzo del período de madurez (Natanson y Cailliet, 1986).

La estimación de la talla de primera madurez sexual, se realizó de acuerdo a Conrath (2004) ajustando a una ecuación logística la proporción de organismos maduros por longitud total, para obtener la longitud promedio de primera madurez (definida como la longitud a la que el 50 por ciento de los individuos son maduros).

Las constantes que resuelven el modelo fueron obtenidas por medio de la rutina Solver del programa Excel.

$$Pm= 1/(1+EXP(a+b*Lt))$$

Donde:

Pm= proporción sexual de especimenes maduros de la muestra.

a= constante de la ecuación que determina el punto de origen de la curva.

b= constante de la ecuación que determina la inclinación de la curva.

Lt= longitud total del organismo.

Para verificar que el ajuste estuviera correcto se calcularon los índices de correlación (r) y de determinación (r^2).

Fecundidad y crecimiento embrionario

Los úteros de cada hembra grávida fueron cortados longitudinalmente para ser examinados internamente. Para determinar la fecundidad uterina se contaron los embriones o huevos fecundados presentes en cada útero; se conto también el cohorte de oocitos más grandes contenidos en el ovario para determinar la fecundidad ovárica (Pratt, 1979). De cada embrión se obtuvo la longitud total y el sexo. Para estimar el período de gestación, se consideró el crecimiento promedio mensual en longitud total de los embriones.

Periodo de ovulación, apareamiento y nacimiento

Para determinar la época de apareamiento se observaron las siguientes características: machos con grandes cantidades de esperma en la vesícula seminal, testículos grandes y con un mucus blanco en los pliegues del gonopterigio. Asimismo, se calculó el índice gonadosomático (IGS) dividiendo el ancho del testículo de machos maduros entre la longitud total del organismo y se graficó contra el tiempo para ver estacionalidad en el crecimiento del testículo (Parsons y Grier, 1992). Conjuntamente se realizaron cortes histológicos de los testículos y vesícula seminal para conocer la estacionalidad y etapa de desarrollo de la espermatogénesis y de esta forma verificar el estado de madurez de los machos (Conrath, 2004). En hembras se observó la presencia de oocitos maduros grandes, heridas infringidas durante la cópula y si existía esperma en el útero o en la cloaca (Branstetter, 1981). Se graficó el crecimiento promedio mensual de los oocitos para estimar el periodo de ovulación.

La talla de nacimiento se determinó mediante la talla observada del embrión más grande y el neonato de menor tamaño capturados en un mismo tiempo y lugar (Pratt y Casey, 1990).

Almacén de esperma

En el caso de las hembras, se extrajeron las glándulas oviducales (separadas cuidadosamente para evitar perdidas del posible esperma almacenado (Pratt, 1993). De cada glándula oviducal se obtuvo un corte de la parte anterior, media y posterior de aproximadamente 1 cm de ancho, el cual fue envuelto en papel absorbente para evitar que el posible esperma se lavara durante el proceso de deshidratación y fue nuevamente fijado en alcohol al 70% por 24 horas. Para los machos se realizó un corte transversal en la parte media de los testículos o cuando éstos eran más anchos de 2 cm, el corte se hizo en la parte inferior ya que esto dificultaba realizar el corte histológico; asimismo se obtuvo un segmento de 1 cm de ancho de la vesícula seminal.

Para realizar la técnica histológica se siguió el proceso descrito por Martoja y Martoja (1970), para lo cual cada tejido fue lavado al menos durante 4 horas en agua corriente y se sometió a baños sucesivos de alcohol de concentración creciente para ser deshidratado en un procesador de tejidos modelo Leica.

El medio de inclusión utilizado fue el de Paraplast. Los cortes histológicos se realizaron transversalmente a un grosor de 5-7 µm (Conrath, 2004), con un micrótomo tipo Minot modelo Microm HM355S. Posteriormente fueron montados en portaobjetos de vidrio. El método de tinción utilizado fue el de hematoxilina-eosina (Humason, 1979). Cada laminilla se montó permanentemente con Cytoseal y posteriormente las preparaciones fueron examinadas con microscopia de luz a 10x y 40x. Se tomaron fotografías de cada etapa de desarrollo espermático y de la vesícula seminal con una cámara Zeiss para finalmente ser editadas con el programa Corel Draw.

4. RESULTADOS

Distribución de tallas y proporción de sexos

Del tiburón aleta de cartón se registraron un total de 262 organismos en los tres campamentos pesqueros en los que se realizó el muestreo, de los cuales 117 fueron hembras y 145 machos, que presentaron una proporción sexual de 0.81:1 (H:M) sin mostrar diferencias significativas (χ^2=2.99; p>0.05).

En Puerto Madero se obtuvo el mayor número de datos durante marzo de 2005 en comparación con las otras dos localidades en la que se realizó el muestreo (Tabla 1). En éste campamento se obtuvo el 22% de la captura total compuesto principalmente por organismos inmaduros (15.4%) tanto hembras como machos (Fig. 2).

En San Agustinillo se realizaron visitas durante cinco meses, teniendo más registro de tiburones en marzo de 2005. En ésta localidad se registró el 36 % de la captura total del cual el 31.7% fueron hembras y machos inmaduros.

En el campamento Chipehua los muestreos fueron más constantes a lo largo del periodo de trabajo, registrándose la mayor cantidad de especimenes en septiembre y abril (Tabla 1). El 42% de la captura total se obtuvo en éste campamento, compuesto principalmente por hembras y machos maduros (32%).

En general para las tres localidades de muestreo, la mayor abundancia mensual se presentó en marzo y abril de 2005. Cabe señalar que durante marzo de 2005 se registró la mayor cantidad de tiburones debido a que se hicieron muestreos en los tres campamentos pesqueros.

En cuanto al número de tiburones por sexo, la mayor cantidad de hembras se registraron en enero, marzo y abril. En julio, agosto y diciembre no se tuvieron registros de hembras y el resto del periodo su presencia en las capturas fue mínima (entre 1 y 7 individuos). Los machos se observaron en mayor cantidad en marzo, abril y septiembre; durante el resto de los meses fueron poco abundantes en la captura (entre 2 y 13 organismos) (Tabla 1).

Tabla 1. Captura relativa de organismos por mes registrados en cada campamento Pesquero (s.c.=sin captura, s.m.=sin muestreo)

Fecha	Chipehua		Puerto Madero		San Agustinillo		Total general
	H	M	H	M	H	M	
Sep-04	0.1	2.9	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	3.0
Oct-04	0.3	0.8	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	1.0
Nov-04	s.c.	s.c.	s.m.	s.m.	4.0	5.0	9.0
Ene-05	s.c.	s.c.	s.m.	s.m.	6.5	6.5	13.0
Feb-05	s.c.	3	s.m.	s.m.	3.0	3.0	4.5
Mar-05	1.5	2.5	15.0	13.5	6.0	4.0	11.4
Abr-05	2.7	0.5	s.m.	s.m.	3.0	4.0	4.4
May-05	1.8	1.0	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	2.8
Jun-05	0.6	1.6	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	2.2
Jul-05	s.c.	1.3	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	1.3
Ago-05	s.c.	1.50	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	1.5
Mar-06	2.0	s.c.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	2.0
May-06	1.3	0.7	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	2.0
Total	10.2	15.7	15.0	13.5	22.5	22.5	58.14

Figura 2. Porcentaje de hembras y machos del tiburón aleta de cartón registrados en cada campamento pesquero.

En general la estructura de longitudes presento una distribución continua de tallas para ambos sexos. El intervalo de tallas observado en las hembras estuvo entre 70 y 229 cm LT, las hembras de menor y mayor tamaño fueron capturadas en febrero y marzo de 2005, respectivamente (Fig. 3). Los machos presentaron un intervalo de tallas desde 69 hasta 220 cm (Tabla 2), registrándose el organismo más pequeño en marzo y el más grande en septiembre de 2004. La t de student no mostró diferencias significativas entre tallas de ambos sexos ($t=0.36$, $p>0,05$).

Los machos presentaron un intervalo de tallas más frecuentes entre 180 y 210 cm, lo cual refleja que la captura tuvo una ligera tendencia hacia los organismos más grandes con 57% de la captura total. En las hembras no se observa una talla modal clara sin embargo, entre las longitudes 130 y 210 cm, se encuentra el mayor porcentaje de captura total (70%) (Fig. 3).

Tabla 2. Datos morfométricos y reproductivos de hembras y machos de *C. falciformis*

Hembras	
No. Organismos examinados	117
Intervalo de tallas observado (LT cm)	70-229 (156±4.4)
Hembra preñada más pequeña (cm)	186
Talla de primera madurez (cm)	190
No. Promedio de oocitos maduros en ovario	6
Diámetro de oocitos maduros (mm)	20-30
Machos	
No. Organismos examinados	145
Intervalo de tallas observado (LT cm)	69-220 (164±3.7)
Macho maduro más pequeño (cm)	180
Macho inmaduro más grande (cm)	194
Talla de primera madurez (cm)	180

Figura 3. Distribución de frecuencia de tallas de hembras y machos del tiburón aleta de cartón.

La frecuencia de tallas mensual muestra que en enero se presentaron principalmente tiburones juveniles entre las longitudes de 80 y 145 cm LT, registrando únicamente un macho maduro. En febrero se observaron pocos organismos, 3 juveniles y 6 maduros de los cuales uno era hembra. Para marzo y abril se registró un amplio intervalo de tallas tanto de tiburones juveniles como adultos. En el mes de mayo solamente se observaron organismos subadultos y adultos, la mayoría hembras. En junio se observaron pocos individuos tanto de tallas juveniles como de adultos. De julio a septiembre únicamente se registraron machos adultos con excepción de una hembra en el mes de septiembre. Durante octubre se capturaron cuatro tiburones, tres de ellos maduros. Finalmente en noviembre se volvió a registrar solamente organismos juveniles entre las tallas de 75 y 150 cm LT (Fig. 4).

Figura 4. Distribución mensual de tallas de hembras y machos del tiburón aleta de cartón.

Los organismos inmaduros se presentaron durante casi todo el año. En abril y mayo no hay machos inmaduros, mientras que en julio, agosto y septiembre solamente hubo registros de 7 machos inmaduros pero ninguna hembra. En marzo se obtuvo el mayor registro de organismos inmaduros con una proporción de 1.1:1 (H:M), sin presentar diferencias significativas (χ^2=0.13; p>0.05), una proporción similar se observó durante todos los meses en los que se registraron ambos sexos (Tabla 3). Es decir, durante los meses de invierno (enero, febrero y marzo) hubo mayor presencia de hembras inmaduras y en el verano (julio, agosto y septiembre) sólo hubo machos (Fig. 4).

En cuanto a los individuos maduros, las hembras se presentaron principalmente de febrero a junio con mayor cantidad en marzo y abril. En verano y otoño no hubo registros de hembras maduras, con excepción de una encontrada en septiembre. Los machos maduros estuvieron presentes en las capturas a lo largo del año con excepción de noviembre y diciembre, teniendo la mayoría en marzo (Fig. 5). Es decir, durante finales de inverno y principios de primavera se tuvieron más registros de organismos maduros, presentando en éste periodo una proporción sexual de 0.8:1 (H:M), sin mostrar diferencias significativas (χ^2=0.35; p>0.05) (Tabla 3).

Tabla 3. Proporción sexual mensual de *C. falciformis*

Temporada	Mes	Inmaduros			Maduros		
		H	M	H:M	H	M	H:M
Invierno	Ene	13	11	1.2	0	2	-
	Feb	2	2	1.0	1	4	0.3
	Mar	36	33	1.1	20	19	1.1
Primavera	Abr	15	11	1.4	9	4	2.3
	May	3	0	-	7	6	1.2
	Jun	2	2	1.0	1	5	0.2
Verano	Jul	0	3	-	0	11	0.0
	Ago	0	0	-	0	3	0.0
	Sep	0	5	-	1	15	0.1
Otoño	Oct	1	1	1.0	0	2	-
	Nov	4	5	0.8	0	0	-
	Dic	0	0	-	0	0	-

Figura 5. Porcentaje de organismos inmaduros por estación del año

Figura 6. Porcentaje de organismos maduros por estación del año

Madurez sexual

Hembras

Se extrajeron los órganos reproductivos de 68 hembras, las cuales presentaron un intervalo de talla entre 72 y 229 cm. Por la condición de los ovarios y la morfología de los tractos reproductivos, se pueden distinguir dos clases de especimenes (Fig. 6). En general, los individuos con longitud total menor a 180 cm (organismos juveniles) presentaron un diámetro de la glándula oviducal entre 5 y 29 mm, la cual crece conforme las hembras van madurando llegando a medir entre 28 y 45 mm cuando las hembras miden más de 185 cm. La glándula oviducal de una hembra que presentó marcas de apareamiento medía 28 mm de diámetro y otra hembra con presencia de huevos uterinos tenía un diámetro de glándula oviducal de 45 mm.

El desarrollo de los úteros también empieza a observarse a partir de 175 cm con un intervalo entre 1 y 20 mm de ancho en organismos menores a esta talla (Fig. 7). En individuos más grandes el ancho del útero estuvo entre 20 y 220 mm.

En 12 hembras juveniles los oocitos presentaban un diámetro máximo entre 2 y 15 mm y 15 hembras maduras tenían oocitos amarillos que medían entre 12 y 30 mm (Fig. 8). En 4 hembras adultas no preñadas los oocitos estaban maduros.

La talla de primera madurez estimada para hembras de *C. falciformis* se realizó a partir de 115 hembras de las cuales 76 eran inmaduras y 39 maduras. La proporción (Pm) de las hembras maduras en relación con la longitud total (LT) presentó el modelo $Pm=1/(1+\exp^{(49.1+0.27LT)})$ (Fig. 9). Se estimó una talla de primera madurez por medio de este ajuste logístico de 190 cm LT a la cual el 50% de la población está madura.

Figura 7. Relación de la longitud total de la hembra con el diámetro de la glándula oviducal

Figura 8. Relación de la longitud total de la hembra con el ancho del útero

Figura 9. Relación longitud total de la hembra y el tamaño máximo del oocito.

Figura 10. Talla de primera madurez sexual de hembras (•= datos observados, — = datos calculados, r=0.85 r^2=0.72)

Machos

En el caso de los machos el desarrollo de los testículos es progresivo (Fig. 10). Los organismos con gonopterigios aún sin calcificar o semicalcificados presentaron un intervalo de 42 a 184 mm en el largo del testículo. A partir de 160 cm LT lo testículos empiezan a desarrollarse gradualmente, llegando a medir desde 200 hasta 300 mm de largo cuando los tiburones han alcanzado una talla superior a los 180 cm LT. El tiburón más pequeño con gonopterigios calcificados presentó testículos de 130 mm de longitud y el más grande de 282 mm.

El desarrollo de los gonopterigios es más rápido y se pueden considerar dos fases de crecimiento: la primera incluye a 44 organismos juveniles entre 69 y 175 cm que presentan un crecimiento lento; en la segunda etapa se observa un crecimiento acelerado que incluye a 6 organismos en estado de transición con gonopterigios semicalcificados, los cuales tenían una longitud total entre 162 y 183 cm LT, encontrando individuos con gonopterigios totalmente calcificados a partir de 175 cm cuando el crecimiento se estabiliza (Fig. 11).

Figura 11. Relación de la longitud total del macho con la longitud del testículo, indicando el grado relativo de la calcificación del gonopterigio y la presencia de espermatozeugmata

Figura 12. Relación de la longitud total del macho con la longitud del gonopterigio, indicando el grado relativo de calcificación del gonopterigio y la presencia de espermatozeugmata

Para machos la talla de primera madurez se calculó a partir de 140 organismos siendo 72 inmaduros y 68 maduros. El ajuste de los datos de la longitud total y la proporción de machos maduros por medio de la ecuación logística, indicó una talla de primera madurez a 180 cm LT a la cual el 50% de los machos están maduros (Fig. 12).

Figura 13. Talla de primera madurez sexual de machos (•= datos observados, — = datos calculados, r=0.87 r^2=0.75).

Periodo de ovulación y apareamiento

Solamente se presentaron hembras maduras no preñadas de marzo a junio las cuales tenían una longitud total entre 191 y 220 cm. El crecimiento mensual de los oocitos más grandes en hembras maduras se observó de marzo a mayo, meses durante los cuales cinco hembras tenían oocitos listos para ser ovulados con diámetro de 19 a 33 mm. (Fig. 13). Las hembras que estaban preñadas no presentaban oocitos maduros los cuales medían entre 10 y 15 mm. En septiembre se observó una hembra de 190 cm LT con 8 huevos uterinos a los cuales no se les pudieron tomar medidas; en marzo se registró una hembra de 208 cm LT con marcas de apareamiento (mordidas).

Figura 14. Crecimiento mensual de oocitos en hembras maduras.

En general el IGS en machos maduros presentó los picos más altos de marzo a julio. En febrero el índice fue de 0,09 en promedio y todos los machos presentaban la vesícula seminal llena. En marzo el intervalo estuvo entre 0,09 y 0,13 con un promedio de 0,11. De 13 organismos 6 de ellos presentaban la vesícula seminal vacía y el resto llena. En abril sólo se registró medidas de un macho el cual presento un índice de 0,08 y la vesícula seminal llena. De mayo a julio el índice promedio de 16 organismos fue de 0,12 con un intervalo de 0,09 a 0,14, la mitad de ellos con la vesícula seminal vacía. En agosto, del único macho maduro el índice fue de 0,14 con la vesícula seminal llena. Para septiembre el índice estuvo entre 0,08 y 14 con un promedio de 0,11, de 10 organismos medidos en este mes, 6 presentaban la vesícula seminal vacía o con restos de esperma (Fig. 19a). En octubre presenta una clara disminución midiendo entre 0,06 y 0,08 con un promedio de 0,07 y todos los organismos presentaban la vesícula seminal llena (Fig. 14). Los machos maduros que tenían la vesícula seminal llena presentaban formación de espermatozeugmata (Fig. 19b).

Figura 15. Crecimiento mensual del ancho del testículo de machos maduros a través del IGS.

Fecundidad, periodo de gestación y nacimiento

Se obtuvieron registros de 23 hembras preñadas una en septiembre y 22 entre febrero y mayo, las cuales midieron entre 186 y 229 cm LT (Tabla 4). La mayor cantidad se registró en marzo con 12 individuos, seguido por abril con 6 organismos.

La fecundidad ovárica basada en el número de oocitos más grandes en el ovario estuvo entre 4 y 11 (Fig. 15). La fecundidad uterina (número de embriones por camada) fue entre 2 y 14 (Fig. 16). Tres hembras con embriones ya desarrollados entre 36 y 42 cm LT, presentaron un huevo uterino.

Tabla 4. Hembras grávidas de *C. falciformis,* capturadas durante el periodo de septiembre de 2004 a mayo de 2006 (N. D. = datos no disponibles)

Fecha	Campo pesquero	LT (cm)	Embriones		LT embriones Min-Max
			H	M	
29-sep-04	Chipehua	190	8 huevos uterinos		
02-feb-05	San Agustinillo	203	3	2	37- 42
04-mar-05	Pto. Madero	210	3	2	36-39
04-mar-05	Pto. Madero	206	3	3	39-42
04-mar-05	Pto. Madero	208	2	1	24-25
05-mar-05	Pto. Madero	196	1	1	16-18
05-mar-05	Pto. Madero	210	3	5	53-55
08-mar-05	San Agustinillo	216	4	2	48-55
08-mar-05	San Agustinillo	187	4	2	27-31
08-mar-05	San Agustinillo	229	7	7	22-29
17-mar-05	Chipehua	200	2	3	46-47
31-mar-05	Chipehua	197	7 embriones		N. D.
09-abr-05	Chipehua	207	6 embriones		N. D.
09-abr-05	Chipehua	220	6 embriones		N. D.
09-abr-05	Chipehua	206	6 embriones		18-19
11-abr-05	Chipehua	226	11 embriones		N. D.
11-abr-05	Chipehua	200	4 embriones		N. D.
11-abr-05	Chipehua	202	embriones		N. D.
02-may-05	Chipehua	204	1	2	55
16-may-05	Chipehua	186	1	1	N. D.
03-may-06	Chipehua	193	6	5	46-48
23-mar-06	Chipehua	208	1	3	57-60
23-mar-06	Chipehua	220	3	3	58-60

Figura 16. Aparato reproductor de una hembra adulta de 196 cm LT con oocitos maduros.

Figura 17. Útero de una hembra preñada de 210 cm LT con embriones desarrollados

Únicamente se tuvieron medidas de la longitud total de los embriones de 22 camadas, las cuales fueron registradas de febrero a mayo. Se registraron hembras en distintas etapas del periodo de gestación ya que los embriones presentaron un amplio intervalo de tallas, el embrión más pequeño midió 16.7 cm y el más grande 60 cm (promedio 38.5 cm LT ± 1.64), ambos encontrados en marzo. Por ello, con la finalidad de poder observar el crecimiento promedio mensual de los embriones un poco más claramente, se dividió a las camadas en dos grupos: aquellas que presentaban embriones de menos de 30 cm LT y aquellas que median más de esta longitud, en el caso de los embriones registrados en febrero de 2005 y las camadas con longitudes más grandes presentes en marzo de 2005, se les cambió el año de captura a 2006.

Figura 18. Crecimiento embrionario mensual de 15 camadas de *C. falciformis*.

De esta forma se observó un patrón de crecimiento promedio aproximadamente anualizado. Los embriones de *C. falciformis* presentaron un intervalo de 16-26 con una talla promedio de 30 cm LT durante marzo de 2005, para abril del mismos año midieron de 18-19 con promedio de 18.6 cm LT, mientras que para febrero de 2006 alcanzaron una talla promedio de 39.5, para marzo y mayo del mismo año se observon las tallas máximas de 36 a 60 con un promedio de 51 cm LT (Fig. 17). Aunque los datos son pocos y no se ve con

claro detalle el periodo de gestación, puede observarse el desarrollo embrionario durante 12 meses, por lo que considerando que el apareamiento ocurre en verano, el periodo de gestación pudiera ser entre 18 y 20 meses.

En cuanto a los neonatos, sólo se tuvo 6 registros en febrero y marzo, los cuales midieron entre 69 y 70 cm. En el presente estudio el embrión más grande presentó una talla de 60 cm y el organismo de vida libre más pequeño midió 69 cm; por lo tanto, en base a la presencia de hembras preñadas a punto de parir en marzo y mayo y la presencia de neonatos, el nacimiento puede establecerse a una talla de 60 a 69 cm LT entre febrero y marzo, aunque la temporada de alumbramiento pudiese extenderse hasta mayo.

Almacén de esperma

Se realizaron cortes histológicos a la parte anterior, media y posterior de las glándulas oviducales de 18 hembras maduras de las cuales en ninguna se encontró almacén de esperma. De ellas, 8 estaban en estado avanzado de preñez.

Se hicieron cortes histológicos a los testículos y vesícula seminal de 32 machos de más de 165 cm. En 6 organismos con un intervalo de tallas entre 160 y 182 cm y los gonopterigios sin calcificar o semicalcificados, los testículos presentaban mayor cantidad de células en las primeras etapas de desarrollo espermático y poca cantidad de espermatozoides maduros (Fig. 18), sin presencia de esperma en la vesícula seminal. Hoyos-Padilla (2003), describe con detalle las características morfológicas y estructurales que presenta cada etapa del desarrollo espermatogénico.

El macho más grande con gonopterigios no calcificados pero con espermatozeugmata en la vesícula seminal midió 164 cm LT y el más pequeño con gonopterigios calcificados pero sin formación de espermatozeugmata fue un tiburón de 174 cm LT.

En 25 tiburones maduros de más de 180 cm con testículos bien desarrollados y gonopterigios calcificados, contenían grandes cantidades de esperma en los testículos y/o en la vesícula seminal con formación de espermatozeugmata. En 15 de ellos la vesícula seminal estaba totalmente llena, los diez restantes con poco esperma y sin formación de espermatozeugmata o sólo con restos de esperma (Fig. 19).

Figura 19. Fases de desarrollo espermatogénico en testículos de *C. falciformis*. a) Zona germinal, b) acercamiento a espermatogonias mostrando la migración de las células de Sertoli hacia la periferia c) primeras fases de desarrollo: Espermatocito primario (Sp1), Espermatocito secundario (Sp2), Espermátida; d), Acercamiento a espermatocitos secundarios, e) espermiogénesis y f) arreglo en espiral. (a y c 10x, b, d-f 40x).

Figura 20. Almacén de esperma en la vesícula seminal de machos maduros: a) sin formación de espermatozeugmata, b) con formación de espermatozeugmata (SPZ) (40x).

5. DISCUSIÓN

Distribución de tallas y proporción de sexos

Los intervalos de tallas de hembras y machos registrados en este trabajo, son similares a los reportados por Castillo-Géniz *et al.* (1999), en el periodo de Junio de 1996 a Diciembre de 1997 en la misma área de estudio. Estos autores reportan tallas más pequeñas y mayores tallas máximas, con intervalo para las hembras de 46.5-322 cm LT y para los machos de 46-340 cm LT. Es probable que esto se deba a los diferentes artes de pesca utilizados en cada zona, ya que los pescadores de Puerto Madero utilizan mayormente redes que permiten capturar un rango mayor de tallas en comparación con la cimbra empleada por los pescadores de Chipehua. La talla máxima registrada en el presente estudio (229 cm LT), está por debajo de las tallas observadas por Pratt y Casey (1990) de 330 cm LT; Bonfil *et al*. (1993) de 308-314 cm LT; Fischer *et al.* (1995), de 250-350 cm LT; Márquez-Farias y Ruiz-Alvarado (1997) de 235 cm LT; Ronquillo-Benítez (1999) de 340 cm LT y Cadena-Cárdenas (2001) de 261-279 cm LT. Sin embargo, Castro (1983), reporta una talla máxima de 330 pero menciona que es más común encontrar a *C. falciformis* a longitudes promedio de 200 a 240 cm LT.

La frecuencia de tallas indicó que los desembarques estuvieron compuestos en su mayoría por organismos entre longitudes de 130 y 210 cm. Estos resultados concuerdan con los del Soriano-Velásquez *et al.* (2002a), quienes reportaron que la mortalidad por pesca impacta principalmente en los grupos de talla desde 130 cm hasta los 210 cm, con tasas de mortalidad mayores a 0.15 y máxima de 0.193 y con Chong-Robles (2005), quien encuentra una mayor incidencia de organismos entre las tallas 145-165 cm LT; ambos trabajos realizados al sur del Pacífico Mexicano. Cadena-Cárdenas (2001), en el Golfo de California, reportó una moda en el intervalo de 180 a 220 cm LT. Sánchez de Ita (2004) para la costa occidental de B. C. S., reporta una moda en el intervalo de 175 a 185 cm de LT. Esta diferencia puede deberse a las distintas zonas en las que fueron realizados los estudios.

En general, el tiburón aleta de cartón ha sido reportado durante todo el año en el Golfo de Tehuantepec, sin embargo la mayor abundancia se presenta durante el invierno y

primavera (Ronquillo-Benítez, 1999), a diferencia de lo reportado para la costa occidental de B. C. S. y el Golfo de California, donde se ha observado presencia estacional de esta especie, principalmente durante los meses de verano y parte del otoño (Cadena-Cárdenas, 2001; Sánchez de Ita, 2004; Hoyos-Padilla, 2003). En el presente trabajo se observó una variación temporal en la distribución de tallas. Los juveniles de ambos sexos se registraron en la zona de estudio durante casi todo el año, siendo los meses de invierno y primavera cuando se presentó el mayor porcentaje de organismos inmaduros, principalmente en enero y marzo. En los meses posteriores se presentaron los adultos con mayor cantidad en marzo y abril. Esto podría estar relacionado a una segregación por tallas debido a diferencias en el hábitat y preferencias alimenticias entre tiburones grandes y pequeños (Springer, 1967). El Golfo de Tehuantepec se caracteriza como zona de surgencia (Wyrtki, 1965), la cual proporciona una gran cantidad de alimento para los diferentes niveles tróficos y posee condiciones óptimas para el desarrollo y crecimiento de los tiburones (Soriano-Velásquez, *et al*., 2003b). De acuerdo con Andrade-González (2005), en la zona oceánica y costera del Pacífico oriental los tiburones aleta de cartón presentan un traslapo muy bajo en la dieta de organismos tanto juveniles y adultos como entre sexos, lo que refleja hábitos alimenticios distintos. A su vez, Cabrera-Chávez-Costa (2003) sugiere que las hembras adultas se encuentran en el área oceánica separadas de los machos (juveniles y adultos), así como de las hembras juveniles quienes están más cercanas a la costa.

Otra factor que puede estar relacionado con la presencia de organismos de diferente talla es debido a las condiciones promedio de la temperatura superficial del mar (Compagno, 1984). A este respecto Chong-Robles (2005), reporta una mayor cantidad de adultos en los meses de abril y mayo, cuando la temperatura superficial del agua en Puerto Ángel, Oaxaca, osciló entre 28.1 y 29.5 °C. En la región de Baja California Sur se reporta a esta especie de manera estacional, cuando la temperatura del agua es superior a los 22 °C. (Sánchez de Ita, 2004 y Hoyos-Padilla, 2003), presentando la mayor captura cuando la temperatura superficial del agua oscila entre 27 y 29°C. (Rivera *et al*., 2003). Los datos de movimiento de muchas especies de carcharhinidos sugiere que estos organismos cubren un amplio intervalo de desplazamiento (Mejuto *et al*., 2005), lo que podría estar

sucediendo con el tiburón aleta de cartón, ya que aunque es un tiburón costero-oceánico, los juveniles y subadultos se acercan hacia la plataforma continental en ciertas temporadas, donde se presentan aguas más cálidas, (Applegate *et al*., 1979; Castro, 1983; Compagno, 1984; Branstetter y McEachran, 1986; Branstetter, 1987; Fischer *et al.,* 1995 y Marín-Osorno, 2006), variaciones que podrían estar relacionados con el desplazamiento al norte de la isoterma de los 29 ºC (Vélez-Marin *et al*., 1989; Mendizábal *et al*., 1990).

También debe considerarse el hecho de que durante la temporada de los vientos tehuanos (noviembre-febrero), el esfuerzo pesquero disminuye. Debido a las condiciones ambientales adversas los pescadores dejan de operar con la misma frecuencia. Esto trae como consecuencia una disminución en la captura de tiburón, ya que además de las condiciones no favorables, el esfuerzo pesquero de la unidad tiburonera se suspende debido a que los costos de operación son elevados y los viajes de pesca son poco rentables, en donde la captura durante estos meses es tan poca que es preferible no realizar viajes de pesca (Chong-Robles, 2005).

Los artes de pesca como posibles responsables de la variación de tallas se descarta, ya que tanto en el Golfo de California como en la costa Occidental de Baja California la captura se realizó con redes de deriva; este arte de pesca es poco selectivo por lo que la probabilidad de capturar ejemplares pequeños es alta (Cadena-Cárdenas, 2001 y Sánchez de Ita, 2004).

La proporción sexual de hembras y machos inmaduros encontrada en este estudio, se mantuvo cercana a uno a lo largo del año, no así para los organismos maduros en los que sólo se presentó la proporción 1:1 de marzo a mayo, durante el resto del año se registraron principalmente machos. En el Golfo de California, Cadena-Cárdenas (2001) observó una proporción sexual 1:1 en organismos maduros durante junio y julio. Estos resultados pueden deberse a que dentro de los elasmobranquios adultos es común segregarse por sexos, excepto en la temporada reproductiva durante la cual presentarían una proporción 1:1 (Wourms, 1977), lo que indirectamente explicaría el hecho de que en los juveniles no se presente tal segregación, permaneciendo cercanos a la costa hembras y machos inmaduros hasta el inicio de la madurez, junto con los machos maduros, siendo

más accesibles para la pesca ribereña, mientras que las hembras maduras presenten hábitos más oceánicos.

Madurez sexual

El proceso de madurez en las hembras empieza a observarse cuando éstas alcanzan una talla alrededor de 170 cm LT que es cuando las estructuras reproductivas (úteros, glándulas oviducales, oocitos) crecen y se desarrollan más rápidamente. Las hembras aquí consideradas como maduras (que medían más de 185 cm LT), presentaban glándulas oviducales entre 28 y 45 mm, úteros de más de 20 mm de ancho y oocitos con un diámetro mayor a 15 mm. Estos datos concuerdan con lo reportado por Hoyos-Padilla (2003) y Cadena-Cárdenas (2001) quienes encontraron hembras maduras con un ancho de glándula de 13 a 50 mm, un promedio de 7.5 foliculos mayores de 4 mm de la misma cohorte y un máximo de 11 folículos con tamaños y características de oocitos maduros (llenos de vitelo, muy irrigados y de más de 20 mm de diámetro en promedio). Así mismo, estos autores encontraron hembras preñadas que presentaban úteros desde 6 hasta cerca de 20 cm de ancho cuando presentaban embriones bien desarrollados.

En el caso de los machos, Pratt y Tanaka (1994), observaron algunos organismos juveniles de *C. falciformis* con gonopterigios suaves, sin calcificar, los cuales no estaban listos para la copulación, conteniendo pequeñas cantidades de agregados de esperma en la vesícula seminal. En este caso el almacén de esperma en la ámpula no era tan abundante como en especimenes maduros. Además, de acuerdo con Jensen *et al.*, (2002), debido a la variabilidad estacional, la sola presencia de los productos seminales no es un buen indicador de madurez. En este trabajo, se confirmó que deben tomarse en cuenta las características tanto internas como externas de las estructuras reproductivas para determinar si un individuo está maduro; es decir machos con gonopterigios calcificados, testículos vascularizados y bien desarrollados además de la presencia de esperma en la vesícula seminal son, en conjunto, indicadores de madurez y actividad sexual más confiables. Se observó que en general el desarrollo de éstas estructuras se acelera a partir de los 160 cm LT, llegando a estar completamente maduras cuando los tiburones alcanzan una talla de más de 180 cm LT, longitud a la que los testículos miden más de 200 mm de

largo, los gonopterigios están completamente calcificados y la vesícula seminal presenta formación de espermatozeugmata. Esto fue ratificado por la curva del ajuste logístico, coincidiendo con Hoyos-Padilla (2003), quien reporta longitud del testículo de 17 a 33.5 cm de largo en organismos adultos.

Las tallas de madurez reportadas para esta especie por diversos autores, se han resumido en la Tabla 5. En general, aquellos trabajos realizados en la misma zona del presente trabajo (Océano Pacífico), son similares a comparación de aquellos realizados en el Océano Atlántico. Una posible explicación a estas variaciones puede ser los diferentes métodos y características (externas e internas) utilizadas para realizar la estimación de la talla de primera madurez. Otra posibilidad es que de acuerdo a Bonfil *et al.* (1993), es probable que poblaciones separadas presenten características diferentes.

Periodo de ovulación y apareamiento

Ronquillo-Benítez (1999), en la misma zona de estudio que el presente trabajo, reporta una mayor proporción de hembras adultas en mayo y junio, que lo atribuye a que esos meses sean de época reproductiva. Hoyos-Padilla (2003) en la costa occidental de Baja California Sur, observó indicios de actividad reproductiva en hembras de julio a octubre, algunas hembras con oocitos bien desarrollados, otras con folículos postovulatorios en los ovarios; también en agosto y septiembre hembras con semen en la cloaca y una hembra con huevos recién fecundados en los úteros. No observó un desarrollo estacional definido encontrando oocitos de distintos tamaños a lo largo de los meses. En general el promedio mensual que Hoyos-Padilla (2003) reporta, está por debajo de los 20 mm de diámetro, medida a la que los oocitos se convierten en óvulos. Así mismo, este autor registró en agosto 13 machos con semen en los gonopterigios y de agosto a octubre machos adultos con la vesícula seminal vacía. En este trabajo, los meses en los que se observó indicios de actividad reproductiva fueron a partir de marzo y hasta principios de septiembre. El crecimiento mensual de los oocitos indicó que a partir de mayo ocurre la ovulación ya que se observaron hembras adultas con oocitos amarillos, llenos de vitelo cercanos a la ovulación. Asimismo en septiembre se registró una hembra con huevos uterinos en etapa de discoblástula. En el caso de los machos, se observó que a partir de julio se presentaron

los promedios del IGS más altos y mayor cantidad de machos con la vesícula seminal vacía. Con base en estos resultados podemos inferir que es en los meses de abril y mayo cuando se presenta la ovulación mientras que durante el periodo de junio a agosto ocurre el apareamiento. Esto confirma lo reportado por Villavicencio-Garaysar (1999), quién sugiere que esta especie se reproduce en la parte central del Golfo de California en primavera-verano, además de lo propuesto por Branstetter (1987), de un periodo de apareamiento a finales de primavera basándose en la presencia de machos completamente maduros en marzo y pre-maduros en abril.

Asimismo, por la ausencia de oocitos en desarrollo en hembras con embriones cerca de la talla de nacimiento podemos afirmar que el ciclo reproductivo completo se extiende durante dos años, anteriormente sugerido por Branstetter (1987) y Cadena-Cárdenas (2001), aunque este último autor no encontró un patrón estacional en el desarrollo ovárico, menciona que la razón más probable de ello es debido a que *C. falciformis* presenta un ciclo ovárico bienal, es decir, que los oocitos no se desarrollan hasta que los embriones son expulsados. Este ciclo reproductivo bienal, consistente de ciclos de ovulación y gestación consecutivos (Castro, 1999), son típicos de tiburones del género *Carcharhinus* y *Negaprion* (Clark y von Schmidt, 1965, Castro, 1996). Por ejemplo, para la especie *Carcharhinus longimanus* el ciclo reproductivo ha sido reportado de dos o tres años (Uchida *et al*., 1990). Por su parte Musick *et al.* (1993), sugieren que *Carcharhinus plumbeus* debe tener un periodo de descanso de al menos un año, requiriendo un ciclo reproductivo de 2 años. Todo lo anteriormente mencionado explicaría el hecho de que en el presente estudio tampoco se hayan observado hembras preñadas con oocitos maduros.

Fecundidad, periodo de gestación y nacimiento

La fecundidad observada en este trabajo (entre 4 y 11 oocitos más grandes en el ovario y entre 2 y 14 embriones), es similar a lo reportado por Hoyos-Padilla (2003), quien encontró un máximo de 11 oocitos maduros en el ovario, llenos de vitelo y profusamente irrigados de aproximadamente 30 mm de diámetro y 4.7 embriones en promedio con un mínimo de 2 y un máximo de 9 organismos por hembra. Por su parte Cadena-Cárdenas (2001) encontró cohortes en el ovario con un máximo de 12 oocitos, así como 4 embriones

en promedio por camada. La máxima fecundidad reportada para *C. falciformis* es de 16 embriones (Stevens y McLoughlin, 1991y Oshitani *et al*., 2003), lo que hace evidente que a pesar de ser una de las especies más abundantes, su capacidad reproductiva es limitada con respecto a otra especies de tiburones (Cortés, 2000), con una tasa de incremento de la población estimada de 4% anual (Bonfil, 2000).

Para *C. falciformis*, se ha reportado un periodo de gestación de 12 meses (Tabla 5). Bonfil *et al.* (1993), observaron una clara tendencia en el desarrollo embrionario de septiembre a julio, asumiendo que el apareamiento ocurre en primavera (Branstetter, 1987). De acuerdo a nuestros resultados el apareamiento y la fecundación tendrían lugar durante el verano (agosto-septiembre) y el nacimiento en primavera (marzo-mayo), entonces el periodo de gestación tendría una duración entre dieciocho y veinte meses, presentándose el nacimiento en la primavera del segundo año. Un periodo de gestación de más de un año, ha sido reportado para otras especies del mismo género, para *Carcharhinus longimanus* se ha sugerido una gestación de 14 meses (Uchida *et al*., 1990), y para *C. obscurus* un periodo de 16-22 meses (Clark y von Schmidt 1965; Musick *et al*., 1993, Villavicencio, 1996).

La explicación más factible de la diferencia en el tiempo de gestación, es la probabilidad de que en el Golfo de Tehuantepec concurran dos poblaciones de *C. falciformis*, una población residente o que habite permanentemente hacia el sur del Océano Pacífico y otra población que realice movimientos sur-norte hacia el Golfo de California y la costa occidental de Baja California o hacia aguas oceánicas. La existencia de dos poblaciones de esta especie ha sido observado también en estudios realizados en el Golfo de México, encontrando diferencias de estrategia en la historias de vida de tiburones capturados en el noroeste de Golfo de México con respecto a los capturados al sur del mismo. Entre éstas desigualdades se encuentran una talla de nacimiento más pequeña, reducido número de embriones por camada, lento crecimiento individual y longevidad moderada (Bonfil *et al*., 1993; Cortés, 2000).

Otra posibilidad es que *C. falciformis* se reproduzca a lo largo del año, lo que explicaría que se hayan observado camadas de distinta talla en un mismo mes, oocitos

maduros a lo largo del año y hembras maduras sin actividad reproductiva aparente. Además, al combinar los resultados del desarrollo embrionario y presencia de neonatos registrados en este estudio con los de otros trabajos realizados a lo largo del Pacífico Mexicano y de Guatemala, observamos que el periodo de nacimiento se presenta desde el invierno (Fig. 20). La falta de un patrón reproductivo definido ya ha sido reportado para la especie *Gollum attenuatus*, en la cual la población parece asincrónica, dado que al mismo tiempo las hembras pueden estar llevando oocitos maduros, ovulados o embriones en fase terminal de desarrollo (Yano, 1993). Al respecto Castro (2003), también menciona que en áreas tropicales existe poca probabilidad de que el nacimiento suceda en un determinado tiempo, pues las especies de tiburón pueden reproducirse a lo largo del año.

También cabría la posibilidad de que el número de muestras analizadas en este estudio no sea representativo de la población, por lo que se recomienda continuar con investigaciones acerca de la biología reproductiva de *C. falciformis* considerando periodos de muestreo de mayor duración, así como ampliar el área de muestreo a lo largo de la costa del Pacífico mexicano con la intención de obtener no sólo más muestras sino que sean de distintas regiones para poder dilucidar un poco más claramente lo que esta ocurriendo con esta especie en espacio y tiempo.

Cadena-Cárdenas (2001) en el Golfo de California, no observó organismos de menos de 125 cm LT, pero registró el intervalo de 170 a 220 cm LT como el de mayor frecuencia para ambos sexos, por su parte Sánchez de Ita (2004), en la Costa Occidental de B. C. S., reporta tallas mas frecuentes en el intervalo de 175 a 180 cm LT, por lo que ésta especie podría estar utilizando el Pacífico Sur mexicano como área de alimentación y posiblemente reproducción, esto último inferido por el reporte de una hembra con esperma en la glándula oviducal, indicativo de que se había apareado recientemente (Hoyos-Padilla, 2003).

Fig. 21. Crecimiento embrionario promedio reportado por diferentes autores (verde: Pacífico Sur, azul: Pacífico Norte, puntos llenos: LT embriones, puntos vacíos: LT neonatos)

Para el Golfo de Tehuantepec, observamos que las tallas más grandes que corresponden a los organismos maduros de ambos sexos se presentaron durante el periodo de marzo a mayo, coincidiendo con los meses en los que se presentó una proporción sexual 1:1, entonces puede concluirse que es cuando los tiburones están juntos para aparearse. Conjuntamente, las hembras maduras exhibieron movimientos estacionales durante el año ya que dejaron de presentarse en las capturas en los meses subsiguientes, por tanto, el hecho de que sólo se acerquen a la costa en cierta época puede ser asociado a la actividad reproductiva y la búsqueda de áreas de crianza. Por otro lado, la mayor incidencia de captura se presentó en organismos juveniles, lo que sugiere que sólo una parte la población, compuesta por organismos subadultos y adultos, es la que está desplazándose. Asimismo, en base a ésta alta ocurrencia de organismos juveniles, así como la presencia de neonatos y hembras grávidas, el tiburón aleta de cartón puede estar utilizando la zona del Golfo de Tehuantepec como área de nacimiento y crianza tanto primaria como secundaria (Ronquillo-Benítez, 1999; Soriano, *et al.*, 2003a; Alejo-Plata y

Chon-Robles, 2003; Chong-Robles, 2005). Las áreas de crianza primarias son aquellas donde ocurre el parto y las crías viven por un corto tiempo, mientras que las secundarias son aquellas en las cuales los juveniles se encuentran antes de alcanzar la madurez y pueden ser detectadas mediante la observación sistemática y periódica de hembras con embriones bien desarrollados junto con la presencia de neonatos en una determinada zona, lo que puede servir de indicador para inferir sobre la cercanía de un área de crianza (Bass *et al.*, 1973; Castro, 1993 y Márquez, 2003).

Almacén de esperma

Hoyos-Padilla (2003) en el Golfo de California, realizó cortes histológicos a las glándulas oviducales de 50 hembras adultas de las cuales únicamente encontró almacén de esperma en los túbulos oviducales de una hembra que contenía cápsulas uterinas en etapa de discoblástula, este autor lo considera como almacén de corta duración de acuerdo a lo sugerido por Pratt (1993). En este trabajo sólo se registró una hembra con huevos uterinos de la cual no se pudieron obtener las glándulas oviducales y muchas de las hembras a las que se les practicó el análisis histológico tenían embriones en estados de desarrollo más avanzados. Solamente a 10 hembras maduras no grávidas se les practicó dicho análisis, sin embargo tenían oocitos aún en desarrollo o probablemente estaban a punto de ovular y debido a que después de la ovulación ocurre el apareamiento puede ser la razón por la cual no se encontró esperma en las glándulas oviducales.

Tabla 5. Resumen de diversos aspectos reportados en la literatura de la biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis*.

Talla de primera madurez (cm)		Temporada de ovulación	Periodo de apareamiento	Gestación (meses)	Temporada de nacimiento	Talla de nacimiento (cm)	Número de embriones	Localidad	Autor
Hembras	Machos								
160-220	175-200							GT	Castillo-Géniz *et al.*, 1997
	190					65			Márquez-Farias y Ruiz-Alvarado, 1997
140	166					58-65		Guatemala	Ruiz-Alvarado, 1998
212	175					40-45			Márquez-Farias *et al.*, 1998
140	180					50		GT	Ronquillo-Berítez, 1999
178	178				julio	77	1-12	GC	Cadena-Cárdenas, 2001
180	180						2-9	OPO	Hoyos-Padilla, 2003
193 200	180 187				may jul	65 81	1 16		Oshitani *et al.*, 2003
238-250	220								Bane, 1966
230						75-80			Castro, 1983
220	210					70-85			Branstetter y McEachran, 1986
232-233	215-220		finales prim	12	mar-may	72			Branstetter, 1987
232-245	225			12	verano	76			Bonfil *et al.*, 1993
190	180	finales prim	princ verano	16-18	verano	60-69	1-14	GT	Este trabajo

6. CONCLUSIONES

- La distribución de tallas para *C. falciformis* mostró que en Golfo de Tehuantepec se captura un amplio rango de longitudes de esta especie, incidiendo ampliamente en organismos considerados como juveniles.

- Se sugiere una segregación por sexos al alcanzar la madurez, ya que los tiburones maduros sólo se observaron juntos durante algunos meses.

- Los tiburones maduros se registraron estacionalmente (primavera-verano) cuando presumiblemente ocurre la ovulación y el apareamiento.

- La fecundidad ovárica observada (4-11 oocitos) estuvo congruente con la fecundidad uterina (2-14 embriones).

- Se estimó un periodo de gestación de entre 18 y 20 meses suponiendo que la fecundación ocurra en verano y el nacimiento en la primavera del segundo año, con periodos de ovulación y gestación consecutivos.

6. RECOMENDACIONES

Intensificar los muestreos de *C. falciformis* a lo largo de la costa del Pacífico mexicano, principalmente en el extremo sur (Golfo de Tehuantepec frente a Puerto Madero, Chiapas) ya que hacia esa zona se han obtenido más registros de organismos maduros y hembras preñadas. Asimismo, realizar muestreos de esta especie hacia la parte oceánica con la finalidad de corroborar si en donde normalmente habitan las hembras maduras.

Realizar estudios de genética de poblaciones para saber si es una o dos poblaciones las que se encuentran en la zona de Pacífico, así como estudios de marcado-recaptura de tiburones para conocer cuales son los movimientos que están realizando en tiempo y espacio.

Efectuar análisis hormonales a organismos adultos de tal forma que podamos verificar que exista una estacionalidad en la actividad gonadal (ovulación y espermatogénesis) y por lo tanto en el apareamiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alejo-Plata, C. y J. Chong-Robles. 2003. Presencia de neonatos y juveniles de tiburón en la Costa de Oaxaca, México. En memorias del 1er. Foro de Intercambio Científico Sobre Tiburones y Rayas. INP-CRIP Guaymas.

Andrade-González, Z. S. 2005. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 89p.

Anónimo. 1978. Estudio oceanográfico del Golfo de Tehuantepec. Tomo I. Inv. Ocean./Tehua-01-78. Secretaría de Marina. México. 58 p.

Anuario Estadístico de Pesca .2003. SAGARPA. CONAPESCA México. 265 p.

Applegate, S. P., L. Espinosa, L. Menchaca y F. Sotelo. 1979. Tiburones mexicanos. SEP. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica. Direcc. Gral. de Cienc. y Tecnol. del Mar. México, 146 p.

Bane, G. W. 1966. Observations on the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, in the Gulf of Guinea. Copeia (2): 354-356.

Bass, A. J., J. D. D´Aubrey y N. Kistnasamy. 1973. Sharks of the east coast of southern Africa. I. The genus *Carcharhinus* (Carcharhinidae). Oceanog. Res. Inst. (Durban). Invest. Rep. 33, 168 p.

Beerkircher, L., M. Shivji y E. Cortés. 2003. A Monte Carlo demographic analysis of the silky shark (*Carcharhinus falciformis*): implications of gear selectivity. Fish. Bull. 101:168–174.

Bonfil, R., D. de Anda y A. R. Mena. 1990. Shark Fisheries in México: the case of Yucatán as an example. NOAA Tech. Rep. NMFS. 90: 427-441.

Bonfil, R., R. Mena y D. de Anda. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky shark from the Campeche Bank, Mexico. *In:* Conservation Biology of Sharks. NOAA Tech. Rep. NMFS. No. 115, 73–86.

Bonfil, R. 2000. *Carcharhinus falciformis*. In: IUCN 2006. *2006 IUCN Red List of Threatened Species.* <www.iucnredlist.org>.

Branstetter, S. 1981. Biological notes on the sharks of the north central Gulf of México. Contrb. Mar. Sci. 29:13-34.

Branstetter, S. y J. D. McEachran. 1986. Age and growth of four carcharhinid sharks common to the Gulf of Mexico: a summary paper, pp. 361-371. In: Uyeno T., R. Arai, T. Tianuchi and K. Matsuura eds. Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. Tokyo.

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. Vol. 19, No. 3, pp. 161–173.

Cabrera-Chávez-Costa, A. A. 2000. Determinación de los hábitos alimenticios durante las estaciones primavera y verano de *Carcharhinus falciformis, Sphyrna lewini* y *Nasolamia velox* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) a partir del análisis de su contenido estomacal en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 63 p.

Cabrera-Chávez-Costa. A. A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *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* (Chondrichtyes: Carcarhiniformes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis Profesional. U.A.B.C.S. La Paz (B.C.S.), México. 68 p.

Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez Farias, 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., A. Cid del Prado V., S. R. Soriano V., F. Sancho V. y S. C. Ramírez. 1999. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. México (inédito).

Castro, J. I. 1983. The Sharks of North American Waters. Texas A & M. University Press, College Station, Texas. 179 p.

Castro, J. I. 1993. The Shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. Environmental Biology of Fishes. 38:37-48.

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, J. I., C. M. Woodley y R. L. Brudek. 1999. A preliminary evaluation of the status of shark species. FAO Fisheries Technical Paper. No. 380. Rome, FAO. 72 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.

Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., M. C. Alejo-Plata y G. Gonzáles-Medina. 2002. Preferencias alimentarias de *Carcharhinus falciformis* (Bibron en Müller y Henle, 1839) en la costa chica de Oaxaca. En: Memorias de la II semana del tiburón en la UNAM. México. pp. 28.

Chong-Robles, J. y Ma. del C. Alejo-Plata. 2002. Aspectos biológico-pesqueros del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* en Puerto Angel, Oaxaca. VIII Congreso Nacional de Ictiología. UMAR. Puerto Angel, Oaxaca, Méx. 134 p.

Chong-Robles, J. 2005. Variación temporal de la distribución de tallas del tiburón *Carcharhinus falciformis*, dentro de la pesquería artesanal de Puerto Ángel Oaxaca, durante el periodo 2001 - 2002. Tesis de Maestría. UMAR. 61p.

CIAT. 2006. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Editor−Redactor William H. Bayliff. La Jolla, California. 96 p. www.iattc.org

Clark, E. y K. Von Schmidt. 1965. Sharks of the central Gulf of coast Florida. Bull. Mar. Sci. 15:13-83.

Compagno, L. J. V. 1984. FAO Species Catalogue, Vol 4: Sharks of the World. FAO Fish. Synop., 4(125): 1-249.

Compagno, L. J. V. 1990 .The evolution and diversity of sharks. In: Samuel H. Gruber (ed.). Discovering sharks. A volume honoring the work of Stewart Springer. American Littoral Society Highlands, New Jersey, U.S.A. pp. 15-22.

Conrath, C. L. 2004. Chapter 7. Reproductive Biology. pp. 133-164. En: Elasmobranch Fisheries Management Techniques. Edited by John A. Musick y Ramón Bonfil.

Cortés, E. 2000. Life history patterns and correlations in sharks. Reviews in Fisheries Science, 8(4): 299-344.

De la Lanza, G. 1991. Oceanografía de los mares mexicanos. AGT editor. S. A. México, D. F. 569 p.

FAO. 2007. Species fact sheet. www.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=species&fid=2021

Fernández, A., A. Gallegos y J. Zavala. 1992. Carta Oceanográfica física 1, masas de agua y mareas. Atlas nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM, vol. II.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. II Vertebrados-Parte 1. Roma FAO. 647-1200.

Fishbase. 2007. http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm?genusname=Carcharhinus&speciesname=falciformis

Gallegos, A. 1994. El Golfo de Tehuantepec. En: Toledo, A. (coord.). Riqueza y pobreza de las costas de Chiapas y Oaxaca. Centro de Ecología y Desarrollo. pp. 73-85.

Gallegos, A. y J. Barberán. 1997. Surgencia eólica. In: El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. pp. 27-34.

Gallegos, A.; J. Barberán, S. Gzitrom, A. Fernández y R. Rodríguez. 1998. Oceanografía satelital en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. GEO UNAM. Vol. 3. Num. 2. pp. 3-8.

Gilbert, P. W. y D. A. Schlernitzauer. 1966. The placenta and gravid uterus of *Carcharhinus falciformis*. Copeia. 3: 451–457.

Gilbert, P. W. 1981. Patterns of shark reproduction. Oceanus. 24 (4): 30-39.

Hamlett, W. C. 1991. From egg to placenta: placental reproduction in sharks. Discovering sharks. American Littoral Society, special publication no. 14:61-63.

Hamlett, W. C.; D. P. Knight, T. J. Koob, M. Jezior, T. Luong, T. Rozycki, N. Brunett y M. K. Hysell. 1998. Survey of oviducal gland structure and function in elasmobranchs. The Journal of Experimental Zoology. 282:399-420.

Hoenig, J. M. y S H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. 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. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:1-16.

Hoff, B. 1990. Conservation and Management of the Western North Atlantic Shark Resource Based on the Life History Strategy Limitations of the Sandbar Shark. *Ph. D. Dissertation.* University of Delaware Newark, DE, 282 p.

Hoyos-Padilla, E. M. 2003. Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 75 p.

Humason, G. L. 1979. Animal tissue techniques. W. H. Free Co. San Francisco. 661 p.

Jensen, C. F., L. J. Natanson, H. L. Pratt Jr., N. E. Kohler, y S. E. Campana. 2002. The reproductive biology of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean. Fish. Bull. 100:727-738.

Joung, S. J y Chen, C. T. 1995. Reproduction in the sandbar, *Carcharhinus plumbeus*, in the waters off Northeastern Taiwan. Copeia (3): 659-665.

Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller y D. R. May Passino. 1977. Ichthyology. 2th edit. John Wiley & Sons, Inc. US. 506 p.

Luer, C. A y P. W. Gilbert. 1991. Elasmobranch fish: oviparous, viviparous and oviviparous. Oceanus: 34(3) 47-53.

Marín-Osorno, R. 2006. Tiburones de Tamaulipas y Veracruz, México: de la pesquería a la biología en cautiverio. 1986-2006. http://www.raulmarinosorno.com/

Márquez-Farias. J. y C. L. Ruiz-Alvarado. 1997. Informe final del grupo de trabajo del proyecto de colaboración científica México-Guatemala, en materia de investigación del recurso tiburón en aguas de ambos países. INP. SEMARNAP. DITIPESCA. 18 p.

Márquez-Farias. J. 2003. El nacimiento y desarrollo de los tiburones. La jornada ecológica. Lunes 27 de enero. http://www.jornada.unam.mx/2003/01/27/eco-cara.html

Martoja, R. y M. Martoja. 1970. Técnicas de Histología Animal. Toray-Masson, S. A. Editores, Barcelona, España. 350 p.

Maruska, K. P.; E. G. Cowie y T. C. Tricas. 1996. Periodic gonadal activity and protracted mating in elasmobranch fishes. The journal of experimental zoology 276:219-232.

Mejuto, J., B. García-Cortés y A. Ramos-Cartelle. 2005. Tagging-recapture activities of large pelagic sharks carried out by Spain or in collaboration with the tagging programs of other countries. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(3): 974-1000.

Mendizábal O., D., R. Vélez y F. Valdez. 1990. Relación de la captura con la temperatura y profundidad de la termoclina durante la pesca comercial de picudos, tiburones y dorados en la zona oceánica del Pacífico central mexicano. En: Dailey, M. & H. Bertsh. (eds.). Mem. VIII Simp. Biol. Mar. pp: 127-144.

Musick, J.A., S. Branstetter y J.A. Colvocoresses. 1993. Trends in shark abundance from 1974 to 1991 for the Chesapeake Bight region of the U.S. Mid-Atlantic Coast. U.S. Natl. Mar. Fish. Serv. NOAA Tech. Rep. NMFS 115: 1-18.

Natanson, L. J. y G. M. Cailliet. 1986. Reproduction and development of the pacific angel shark, *Squatina californica*, off Santa Barbara, California. Copeia (4):987-994.

Oshitani, S., H. Nakano y S. Tanaka. 2003. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the Pacific Ocean. Fisheries Sciences. 69 (3): 456-464.

Parsons, G. R., y H. J. Grier. 1992. Seasonal changes in sharks testicular structure and spermatogenesis. J. Exp. Zool. 261:173-184.

Pratt, H. L. Jr. 1979. Reproduction in the blue shark *Prionce glauca*. Fishery Bulletin. Vol. 77 No. 2. pp. 445-470.

Pratt, H. L. Jr. y J. G. Casey. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. In L. H. Pratt, S. Gruber y Y. Taniuchi, (eds.) Elasmobranchs as living resources. NOAA Technical report 90. U. S. Dept. Comm. Cashington DC. pp. 97-109.

Pratt, H. L. y J. I. Castro. 1990. Shark reproduction: Parental investment and limited fisheries, an overview. In: Discovering sharks. 1990. S H. Gruber (ed.) American

Littoral Society, Highlands, N. J. pp. 56-60. http://www.na.nmfs.gov/sharks/repro/reproprint.html

Pratt, H. L Jr. 1993. The storage of spermatozoa in the oviducal glands of Western North Atlantic sharks. Environmental Biology of Fishes. 38: 139-149.

Pratt, H. L. Jr. y S. Tanaka. 1994. Spent Storage in Male Elasmobranchs: A Description and Survey. Journal of Morphology. 219:297-308.

Rivera, M. J., F. Galván-Magaña y B. Shirasago. 2003. Abundancia de tiburones y su relación con factores ambientales en Baja California Sur, México. En memorias del 1er. Foro de Intercambio Científico Sobre Tiburones y Rayas. INP-CRIP Guaymas. pp. 9-10.

Ronquillo-Benítez, K. 1999. Aspectos biológicos y pesqueros del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de las aguas del Golfo de Tehuantepec, Chiapas, México. Tesis profesional. UNAM. 90 p.

Ruiz-Alvarado, C. 1998. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del tiburón blanco *Carcharhinus falciformis (*Bibron, 1839), de las costas del Pacífico de Guatemala. Tesis. Lic. Acuacultura Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. CEMA. 74 p.

Ruiz-Alvarado, C. y N. Mijangos-López. 1999. Estudio sobre la pesquería del Tiburón en Guatemala. En: Case studies of the management of elasmobranch fisheries. Shotton, R (ed). FAO-Fisheries Technical Paper, 378/1. 480 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, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 76p

Soriano-Velásquez, S. R., A. Solís-Nava, C. Ramírez-Santiago, A. Cid del Prado Vera, J. L. Castillo-Géniz. 2002a. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. pp. 211-236. En: Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo. 1999-2000. INP.

Soriano-Velásquez, S. R.; D. E. Acal-Sánchez; C. Galván-Tirado y L. Castillo-Géniz. 2002b. Aspectos reproductivos de tres especies de la familia Carcharhinidae y una especie

de la familia Shyrnidae del Golfo de Tehuantepec. Resumen VIII Congreso Nacional de Ictiología. pp. 58.

Soriano-Velásquez, S. R.; D. E. Acal-Sánchez; C. Galván-Tirado y L. Castillo-Géniz. 2003a. Aspectos reproductivos de cuatro especies de tiburones (Orden Carcharhiniformes) del Golfo de Tehuantepec. En memorias del 1er. Foro de Intercambio Científico Sobre Tiburones y Rayas. INP-CRIP Guaymas. pp. 20.

Soriano-Velásquez, S. R.; D. E. Acal-Sánchez; C. Galván-Tirado y L. Castillo-Géniz. 2003b. Estadios de madurez de *Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini* con relación a las artes de pesca utilizadas en el Golfo de Tehuantepec. X Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Veracruz.

Sosa-Nishizaki, O. 2003. ¿A quién conservo, a Tiburcio o a Tiburón? La Jornada Ecológica. Lunes 27 de enero de 2003. Edición especial**.** http://www.jornada.unam.mx/2003/01/27/eco-cara.html

Springer, S. 1967. Social organizations of shark populations. *In* P.W. Gilbert, ed. *Sharks, skates, and rays*. John Hopkins Press, Baltimore. pp. 149-174.

Stevens, J. D. y McLoughlin, K.J. 1991. Distribution, size and sex composition, reproductive biology and diet of sharks from northern Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 42(2): 151-199.

Trasviña, A. y E. D. Bartón. 1997. Los "Nortes" del Golfo de Tehuantepec: la circulación costera inducida por el viento. *En*: M. F. Lavín, editor, Contribuciones a la Oceanografía Física de México, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, pp. 25-46.

Uchida, S., M. Toda y Y. Kamei. 1990. Reproduction of elasmobranchs in captivity. In Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report, U.S. National Marine Fisheries Service 90, 211–237.

Vélez-Marin. R.; D. Mendizábal, J. J. Valdez-Flores, y N. A. Venegas-Galindo. 1989. Prospección y pesca exploratoria de recursos pesqueros en la zona económica

exclusiva del océano pacífico. Proyecto de investigación CONACYT, clave PCMA BNA-021202, México, D. F. 179 p.

Villavicencio-Garaysar, C. J. 1996. Reproducción de *Carcharhinus obscurus* (Pisces: Carcharhinidae), en el Pacífico Nororiental. Rev. Biol. Trop., 44(1): 287-289.

Villavicencio-Garaysar, C. J. 1999. Áreas de crianza de tiburones en el Golfo de California. Informe final del proyecto L054 de la CONABIO. 121 p.

Wirtky, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical pacific ocean. Bull. Int. Am. Tropical Tuna Com, 9 (5), 269 – 304.

Wourms, J. P. 1977. Reproduction and development of condricthyan fishes. Amer. Zool. 17:379-410.

Yano, K. 1993. Reproductive biology of the slender smoothhound, *Gollum attenuatus*, collected from New Zealand waters. Environmental Biology of Fishes. 38:59-71.

Yano, K. 1995. Reproductive biology of the black dogfish, *Centroscyllium fabricii*, collected from waters off western Greenland. Journal of the Marine Biological Association, U. K. 75, 285-310.