

UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ANGEL



Edad, crecimiento y mortalidad del tiburón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839)(Elasmobranchii: Carcharhinidae), capturado en la Costa chica del estado de Oaxaca, México.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencias
Especialidad en Ecología Marina

Presenta:

Biol. Mar. Candelaria Susana Cruz Jiménez

Dirigido por:

Dr. Vicente Anislado-Tolentino

DICIEMBRE 2010

RESUMEN

Edad, crecimiento y mortalidad del tiburón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839)(Elasmobranchii: Carcharhinidae), capturado en la Costa chica del estado de Oaxaca, México.

La pesca artesanal de tiburón en la costa chica de Oaxaca, ha ocupado el segundo lugar de capturas durante los últimos años, con un pico de abundancias en diciembre a mayo, la especie de mayor importancia ha sido *Carcharhinus falciformis* debido a los volúmenes desembarcados. Los objetivos de este estudio fueron conocer la estructura de tallas y estimar los parámetros de edad, crecimiento, talla promedio de madurez y mortalidad. Durante el periodo de octubre de 2000 a septiembre de 2006, se realizaron muestreos en las tres principales poblaciones pesqueras de la Costa Chica de Oaxaca: Puerto Escondido, Puerto Ángel y Santa Cruz Huatulco. Debido a que algunos tiburones son desembarcados eviscerados y descabezados, se utilizó la relación entre la Longitud Total (LT) y la Longitud de troncho (Ltr), $Ltr = 0.473 * LT^{1.084}$, como una forma de recuperación de datos. Las muestras vertebrales fueron tomadas debajo de la primera aleta dorsal y la lectura de las marcas de crecimiento fue realizada de manera doble ciego, la formación de las marcas de crecimiento fue considerada anual y los grupos de talla-edad fueron estimados con el retrocálculo de Fraser-Lee. En adición, se utilizó el análisis de Bhattacharya como método indirecto para calcular de manera alternativa a los grupos de talla-edad, solo para el años de 2005. Los parámetros estimados para la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para sexos mancomunados fueron: $L_{\infty} = 280$ cm de LT, $k = 0.08$ años⁻¹ y $t_0 = -3.82$ años. La talla promedio de madurez sexual para hembras fue de 120 cm de LT (3 años) y machos de 145 cm de LT (5 años). La longevidad ($A_{0.95}$) fue estimada en 32 años de edad. La mortalidad total (Z) se calculó en 0.92 años⁻¹, la mortalidad natural (M) fue de 0.09 años⁻¹ y la mortalidad por pesca (F) fue de 0.83 años⁻¹.

Palabras clave: *Carcharhinus falciformis*, Edad y crecimiento, Retrocálculo, Método de Bhattacharya, Costa Chica, Índices de Mortalidad, Oaxaca.

ABSTRACT

Age, growth and mortality of the shark *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839)(Elasmobranchii:Carcharhinidae), harvest in the Costa chica of Oaxaca state, Mexico.

The shark artisanal fishery has occupied the second site in the harvest in the Costa Chica, Oaxaca, during the last years, with a major peak in December to May, being the most important species *Carcharhinus falciformis* due to the high volumes landed.

The objectives of this study were to determine the size structure, estimate the age, growth and mortality parameters of the population caught by the artisanal fishery. During October 2000-September 2006, samplings were carried out in three of the main fishing towns: Puerto Escondido, Puerto Angel y Santa Cruz Huatulco. Because some sharks were landed eviscerate and beheaded, the relationship between total length (LT) and carcasses length (Ltr) was used to estimate LT: $Ltr = 0.473 * LT^{1.084}$. The vertebrate samples were taken below the first dorsal fin, growth marks were double-blind read, annual growth marks formation was assumed, and the age-at-length groups estimated with the Frasser-Lee back-calculation equation. In addition, the indirect method (Bhattacharya) to determine the age-at-length group was used for 2005 year samples. The von Bertalanffy parameters calculated with maximum likelihood were: $L_{\infty} = 280$ cm of LT, $k = 0.08 \text{ year}^{-1}$ and $t_0 = -3.82$ years for both sexes. The average length at maturity was estimate at 120 cm LT (3 years old) for females and 145 cm of LT (5 years old) for males. The longevity estimated was 32 years old, total mortality (Z) was 0.92 year^{-1} , natural mortality was 0.09 year^{-1} and fishery mortality (F) was 0.83 year^{-1} .

Key word: *Carcharhinus falciformis*, Age and Growth, Back-calculation, Bhattacharya's method, Costa chica, Mortality index, Oaxaca.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	III
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
DIAGNOSIS DE LA ESPECIE	7
Posición taxonómica (Compagno 1984).	7
JUSTIFICACIÓN	8
HIPÓTESIS	9
3. Objetivos	9
OBJETIVO GENERAL	9
Objetivos particulares	9
4. Área de estudio	10
5. Material y método	12
TRABAJO DE CAMPO	12
TRABAJO DE LABORATORIO	14
TRABAJO DE GABINETE	15
Biometrías	15
ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO	16
MÉTODO DIRECTO	16
Precisión de lecturas	16
Medición de los anillos de crecimiento	17
Asignación de Edad	17
MÉTODO INDIRECTO	18
Edad y Crecimiento	18
ASPECTOS REPRODUCTIVOS	21
Estimación de la talla de primera madurez gonadal	21
SELECTIVIDAD A LA TALLA DE CAPTURA POR LA PESQUERÍA	22
MORTALIDAD Y LONGEVIDAD	23
Mortalidad Total	23
Mortalidad Natural	23
Mortalidad por Pesca	23
6. RESULTADOS	24
BIOMETRÍAS	25
ESTRUCTURA DE TALLAS	26
ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO	27
METODO DIRECTO	27
Precisión de lecturas	27
MÉTODO INDIRECTO	29
Asignación de edad	29

Edad y Crecimiento	30
ECUACIÓN DE CRECIMIENTO	30
ASPECTOS REPRODUCTIVOS	32
Talla Promedio de Madurez.....	32
SELECTIVIDAD A LA TALLA DE CAPTURA POR LA PESQUERÍA	32
MORTALIDAD Y LONGEVIDAD.....	33
7. DISCUSION	33
BIOMETRÍAS.....	33
ESTRUCTURA DE TALLAS	33
ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO.....	35
MÉTODO DIRECTO.....	35
Precisión de las lecturas.....	35
MODELO DE CRECIMIENTO.....	36
SELECTIVIDAD A LA TALLA DE CAPTURA POR LA PESQUERÍA	38
ASPECTOS REPRODUCTIVOS	39
Talla Promedio de Madurez.....	39
LONGEVIDAD Y MORTALIDAD.....	41
8. CONCLUSIÓN	42
9. RECOMENDACIONES	43
10. LITERATURA CITADA.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Abundancia mensual de las especies más importantes en las capturas artesanales de tiburón en la Costa chica de Oaxaca (Tomado de Alejo-Plata <i>et al.</i> 2006).....	4
Figura. 2. <i>Carcharhinus falciformis</i> ó tiburón sedoso (Modificado de Compagno, 1984)....	8
Figura 3. Área de estudio señalando las localidades donde se desembarcan las capturas artesanales; PE.- Puerto Escondido. PA.-Puerto Ángel. SC.- Santa Cruz Huatulco, Oaxaca.	10
Figura 4. Ciclo anual de la circulación superficial en el Pacífico Tropical Oriental (Tomada de Kessler, 2006). CC = Corriente de California, NEC = Corriente Norecuatorial, NECC Contracorriente Norecuatorial, SEC = Corriente Surecuatorial, CRCC = Corriente Costera de Costa Rica, HC = Corriente de Humboldt, EUC = Subcorriente Ecuatorial, N/SSCC = Contracorriente Subsuperficial del Sur/Norte, WMC = Corriente Mexicana del Oeste, PUC = Subcorriente de Peru-Chile, TB = Cuenca de Tehuantepec, CRD = Domo de Costa Rica (Las siglas son por su nombre en inglés).....	12
Figura 5. Principales biometrías registradas: LT: longitud total, Ltr: longitud de troncho (Modificado de Compagno, 1984).....	13
Figura 6. Características de un corte de vértebra de un organismo macho de <i>C. falciformis</i> , F: Foco, MN: Marca de nacimiento, BO: Banda Opaca, BH: Banda Hialina, CC: <i>Corpus calcareum</i> , I: Intermedalia, r_i : Distancia del Foco al borde inferior de la marca de crecimiento i , R: Radio vertebral.....	14
Figura 7. Relación entre la Longitud de troncho (Lt) y Longitud Total (LT) para sexos mancomunados, capturados por pesca artesanal en el periodo de octubre de 2000 a septiembre de 2006 en la costa chica de Oaxaca.....	25
Figura 8. Estructura de tallas del tiburón <i>C. falciformis</i> capturado por la pesca artesanal de octubre de 2000 a septiembre de 2006 en la costa chica de Oaxaca.	26
Figura 9. Relación entre la longitud total (LT) del organismo y el número de marcas de crecimiento para ambos sexos de <i>C. falciformis</i> , para la costa chica de Oaxaca, $n = 21$	27
Figura 10. Relación entre la longitud total (LT) del organismo y el radio vertebral (RV) para hembras, machos y ambos sexos de <i>C. falciformis</i> , para la costa chica de Oaxaca.	28
Figura 11. Grupos de longitud para sexos mancomunados de los datos obtenidos en la pesca artesanal en la costa chica de Oaxaca en el año 2005.	30
Figura 12. Intervalos de confianza para las curvas de crecimiento para sexos mancomunados de <i>C. falciformis</i> , obtenidos a partir del Retrocálculo de Frasser-Lee ($n = 21$), Método de Bhattacharya ($n = 421$) y los métodos combinados, para la pesca artesanal en la Costa chica de Oaxaca en el año 2005.....	31
Figura 13. Proporción de hembras y machos de <i>C. falciformis</i> con características reproductivas, capturado por pesca artesanal en la Costa Chica de Oaxaca, durante octubre del 2000 a septiembre del 2006.	32

Figura 14. Curvas de crecimiento obtenidas para sexos mancomunados, a partir de los diferentes estudios de crecimiento realizados para *C. falciformis*, en diferentes áreas de pesca. 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Meses de captura en la Costa Chica de Oaxaca de octubre de 2000 a septiembre 2006. Longitud total (LT); longitud total mínima (min); longitud total promedio (promedio); longitud total máxima (max); Longitud de troncho (Ltr) longitud de troncho mínima (min); longitud de troncho promedio (promedio); longitud de troncho máxima (max); Desviación estándar de la Longitud Total (sLT); Desviación estándar de la Longitud de troncho (sLtr); número de datos (n); hembras (H); machos(M); no determinados (I) y no aplica (n.a.).	24
Tabla 2. Longitudes medias (LT medias) y desviación estandar (s) obtenidas por el método de retrocalculo de Fraser-Lee, para hembras, machos y sexos mancomunados, na : No aplica.	28
Tabla 3. Grupos modales obtenidos por Fisat II, para los meses del año 2005 (n = 421). L(x): Longitud media, s (desviación estándar).	29
Tabla 4. Ecuación de Crecimiento de Von Bertalanffy, con el límite mínimo y máximo calculados para cada uno de los parámetros obtenidos por los tres métodos empleados.	31
Tabla 5. Estructura de tallas de diferentes estudios previos sobre <i>C. falciformis</i> .	34
Tabla 6. Parámetros de crecimiento obtenidos para <i>C. falciformis</i> en diferentes regiones, empleando estructuras duras.	38
Tabla 7. Tallas Promedio de Madurez para <i>C. falciformis</i> obtenidas en diferentes zonas de estudio.	40

1. INTRODUCCIÓN

Los tiburones se caracterizan por ser uno de los grupos con gran éxito evolutivo, el cual se atribuye a su eficiencia como depredadores, alimentándose principalmente de peces, calamares pelágicos y pulpos (FAO, 1995) y por sus adaptaciones reproductivas; como la fertilización interna y la producción de un número pequeño de crías de tamaño considerable, que al eclosionar o al nacer son completamente autosuficientes en el sistema marino. Sin embargo, son de crecimiento lento, madurez tardía y baja fecundidad. Otra característica importante de este grupo, es la actividad migratoria, la cual puede estar determinada por la interacción de factores como la disponibilidad de alimento, los ciclos reproductivos o factores ambientales como la temperatura, oxígeno disuelto, luz y corrientes oceánicas (Castro, 1993).

La amplia distribución de estos organismos, permite capturas considerables en países como México, el cual cuenta con por lo menos 100 especies, de las cuales 40 son explotadas en los litorales del país (Castillo *et al.*, 1996), tal es el caso de *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) (Villavicencio-Garayzar, 1996). La forma de aprovechar este recurso es muy similar en los diferentes puertos pesqueros, comercializando principalmente la carne y las aletas, las cuales son retenidas por el pescador hasta obtener un volumen considerable, para ofrecerlo a precios que van de 600 a 1000 pesos por kilogramo (Alejo-Plata *et al.*, 2006; Anislado-Tolentino, 2008), el resto del organismo no es utilizado debido a que no se cuenta con la infraestructura necesaria para la elaboración de otros productos (Villavicencio-Garayzar, 1996).

En la zona costera del país, la mayor parte de la pesca de tiburón es artesanal (Villavicencio-Garayzar, 1996; Castillo *et al.*, 1996; Díaz-Uribe *et al.*, 1999). Particularmente en la costa del estado de Oaxaca, existe una pesquería dirigida (tiburonera) e incidental (pelágica y demersal) (Alejo-Plata *et al.* 2006; Anislado-Tolentino, 2008), siendo un componente importante, por su producción y por el nivel de empleos directos e indirectos que genera (Díaz-Uribe *et al.*, 1999), y es la segunda pesquería más importante después de los pelágicos y la más variable.

De las 11 especies capturadas en esta región solo *C. falciformis* es la que cuenta con el potencial pesquero para sostener la pesquería, seguido de *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus limbatus* (Alejo-Plata *et al.* 2006), sin embargo no se tiene el conocimiento biológico y

pesquero necesario para realizar un manejo adecuado de esta especie (Alejo-Plata *et al.*, 2002), por lo que es necesario contar con un registro más amplio, que nos permita conocer la distribución de tallas de la población, la cual presenta una mezcla de componentes de diferentes clases o sexos. Considerando que las frecuencias de longitud obtenidas en una pesquería son usualmente sesgadas y polimodales (Gómez-Márquez, 1994), estas pueden ser útiles en la determinación de diferentes parámetros, siempre y cuando los intervalos de las clases de tallas que se escojan sean pequeños y las frecuencias de cada clase estén bien representadas (Bhattacharya, 1967; Gómez-Márquez, 1994).

A la fecha se han realizado estimaciones de edad y crecimiento de *C. falciformis* empleando vértebras (Branstetter, 1987; Bonfil *et al.*, 1993; Castillo *et al.*, 1996; Sánchez de Ita, 2004; Oshitani *et al.*, 2003; De la Cruz, 2007), para brindar información más confiable sobre las poblaciones que están sometidas a explotación, de igual forma se han realizado estudios de reproducción que permiten conocer el comportamiento de los organismos ante la presión por pesca, por lo que es importante estudiar la edad, crecimiento, mortalidad y reproducción de este grupo de organismos principalmente en la zona del Pacífico Sur.

2. ANTECEDENTES

Los elasmobranchios son uno de los principales grupos explotados a nivel mundial, es por ello que en años recientes se ha incrementado la necesidad de conocer más sobre la biología de estos organismos, con el fin de adquirir un mayor conocimiento de la situación de las especies y extraer conclusiones para la aplicación de medidas de manejo, sobre todo en aquellos países en donde su captura representa un volumen considerable.

En México, las capturas están constituidas por especies de los géneros: *Carcharhinus*, *Alopias* y *Sphyrna*, así como de tiburones pequeños de los géneros *Mustelus* y *Rhizoprionodon* (FAO, 2006). Sin embargo, el registro oficial de las capturas en embarcaciones mayores (bitácoras), y de las embarcaciones menores se hace en los avisos de arribo. El registro oficial es como tiburones, cazones y mantarrayas; por lo que este sistema no permite determinar el volumen real de la captura por especie (FAO, 2006).

En México, es importante enfatizar estudios en aquellas especies que son depredadores tope y a la vez con importancia comercial por la generación de alimento y

empleos directos e indirectos, este es el caso de *Carcharhinus falciformis* (FAO, 2006), especie sobre la que se han realizado estudios por Rivera *et al.* (2003) quienes hacen un análisis de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), observando que para esta especie la CPUE se incrementa cuando la temperatura superficial del mar oscila entre los 27 y 29 °C, tal como lo sugieren otros autores (Brenes *et al.*, 2000; Hoyos-Padilla *et al.*, 2002; Chong, 2003). Lo que hace suponer que existe una relación positiva entre la temperatura superficial del mar y la abundancia de la especie (Acal *et al.*, 2002). En Nicaragua la distribución de la especie se encuentra relacionada con el borde de la plataforma continental y profundidades de 25 y 30 m (Brenes *et al.*, 2000).

Dos aspectos que dan soporte para el conocimiento de una especie migratoria como lo es *C. falciformis*, son la época de captura y la distribución de tallas capturadas, así como los estadios de madurez sexual en los que se encuentran. Cadena-Cárdenas (2001) analizó la estructura de tallas de los organismos de la parte media del Golfo de California, registrando que *C. falciformis* se captura de octubre a mayo, el intervalo de tallas para las hembras(H) fue de 125 a 261 cm de LT, en donde las tallas de 180 a 200 cm de LT, fueron las que mayor número de organismos presentaban; para los machos (M) de 130 a 279 cm de LT , las tallas mejor representadas fueron las de 180 a 220 cm de LT, y la proporción de sexos fue de 3H:1M. La talla de nacimiento la estimó en 70 cm de LT, proponiendo un periodo de gestación aproximado de 12 meses con un descanso entre cada parto. En la costa occidental de Baja California Sur, Hoyos-Padilla *et al.* (2002) mencionan que las hembras de la especie *C. falciformis* alcanzan la madurez sexual a los 180 cm de LT, mientras que los machos lo hacen a los 182 cm de LT, y observan una proporción de sexos en una relación de 1H:1M.

Hacia el Sur, en Manzanillo, Colima, se realizó el estudio de *C. falciformis*, en el que se llegó a la conclusión de que esta especie es la de mayor abundancia (88.12%) de las capturas de tiburón en otoño y principios de primavera,, la estructura de tallas en hembras fue de 57 a 234 cm de LT y en machos de 61 a 217 cm de LT, la talla de primera madurez sexual en hembras de 170 y en machos de 169 cm de LT. También se determinó en este estudio que la especie tiene un ciclo reproductivo de dos años, con una fecundidad estimada de 3 a 7 crías (Cruz-Ramírez *et al.*, 2008)

En la costa chica de Oaxaca la pesca de tiburón es dirigida (tiburonera) e incidental (pelágica y demersal). Las capturas están representadas por 11 especies, aunque la más importante es *C. falciformis* (Alejo-Plata *et al.*, 2006) (Fig. 1). Debido a que el desembarque del producto se realiza comúnmente sin cabeza ni vísceras, ha sido necesario establecer una relación entre la longitud de troncho (de la última abertura branquial a la foseta precaudal) y la longitud total (Chong, 2003; Alejo-Plata *et al.*, 2006). La pesca en esta zona aumenta considerablemente de diciembre a mayo, con un pico máximo en el mes de enero. La distribución de tallas fue de 65 a 320 cm LT (Alejo-Plata *et al.*, 2007). Las tallas más frecuentes en toda la pesca son para hembras de 160 a 165 cm de LT y de 145 a 150 cm de LT en machos, mientras que en la pesca demersal se ha reportado la presencia de neonatos de la especie (Alejo-Plata *et al.*, 2007), con longitudes de 65 a 79 cm de LT (Chong, 2003). Las capturas están representadas por neonatos (4.7%), juveniles del año (3.8%), juveniles (65.4%) y adultos (26.1%). De enero a diciembre se registraron 52 hembras con diferentes etapas de desarrollo embrionario (Alejo-Plata *et al.*, 2007).

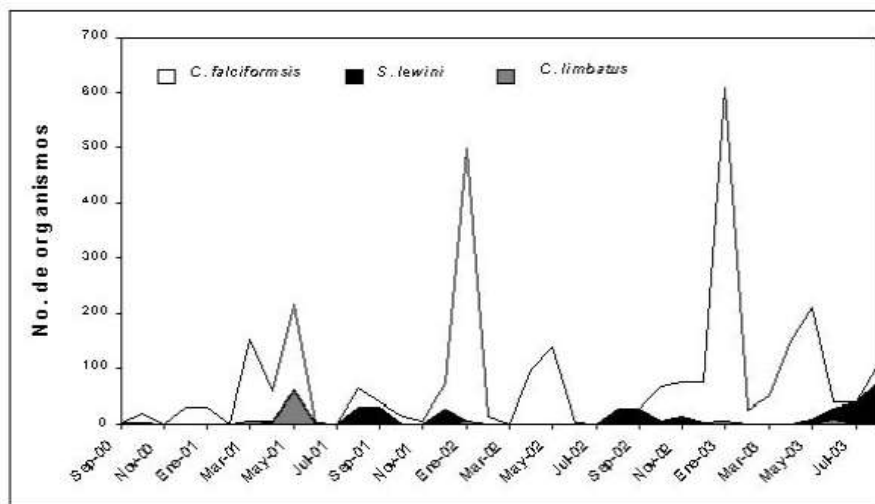


Figura 1. Abundancia mensual de las especies más importantes en las capturas artesanales de tiburón en la Costa chica de Oaxaca (Tomado de Alejo-Plata *et al.* 2006).

En Puerto Chiapas (Chiapas), Ronquillo-Benítez (1999) analizó las capturas de *C. falciformis* en el periodo de junio de 1996 a diciembre de 1997, reportando un intervalo de tallas de 50 a 340 cm de LT para ambos sexos, con una proporción de sexos de 1H:1M; y

estima un periodo de gestación de 12 meses, una talla mínima de madurez sexual en hembras de 140 cm de LT y de 195 cm de LT en machos. El promedio de embriones por hembra fue de 4.3. Para la misma zona, Soriano-Velásquez *et al.* (2003) estimaron una talla de primera madurez de 177 cm de LT para hembras y 168 cm de LT para machos. Reportan que la época de nacimiento es en verano con una talla de 50-77 cm de LT. Consideran que en ésta zona, la red de enmalle captura un 83.51 % de organismos inmaduros y el palangre (cimbra) un 75.7%.

En las costas de Guatemala se ha reportado la presencia de *C. falciformis*, con un pico de abundancia en los meses de agosto a septiembre, con un posible periodo reproductivo de junio a agosto, la talla de primera madurez reportada fue de 178 y 176 cm de LT, para machos y hembras respectivamente (Ruiz-Alvarado y Mijangos-López, 1999).

Los puntos antes tratados además de la edad y crecimiento son parte del conocimiento de la historia de vida de *C. falciformis*, importantes de conocer para que con toda esta información se generen las bases para hacer un manejo integral de la misma.

En el Golfo de México, Branstetter (1987) determinó la edad y crecimiento de la especie a partir de la lectura de anillos de crecimiento en vértebras, reportando que presenta un periodo de gestación de 12 meses, con una talla de madurez sexual entre los 210-220 cm de LT (6-7 años) para los machos y las hembras a más de 225 cm de LT (7-9 años). Los parámetros de crecimiento los estimó para sexos combinados, con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB), obteniendo una $L_{\infty} = 291$ cm de LT, $k = 0.153$ años⁻¹ y $t_0 = -2.2$ años.

En la zona sur del Golfo de México, específicamente en el Banco de Campeche, Bonfil *et al.* (1993) mencionan que los nacimientos se presentan a principios de verano con una LT aproximada de 76 cm, después de doce meses de gestación. Los machos maduran a los 225 cm de LT (aprox. 10 años) y las hembras entre los 232-245 cm de LT (>12 años), por otra parte observaron que no existen diferencias en el crecimiento entre sexos. Para describir el crecimiento en la población se empleó la ECVB obteniendo los parámetros de crecimiento de $L_{\infty} = 311$ cm de LT, $k = 0.101$ años⁻¹ y $t_0 = -2.718$ años.

En el Pacífico Mexicano, solo destaca el trabajo realizado en la costa occidental de Baja California Sur, en el periodo de agosto del 2000 a octubre de 2002 (Sánchez de Ita, 2002). Con un registro de 252 tiburones, se encontró que existe una relación lineal entre el

radio de la vértebra cervical y la torácica con la longitud total, los grupos de edad registrados variaron de 5 a 22 años para hembras con tallas entre 88 y 225 cm de LT; para machos la edad fluctuó entre 9 y 26 años y la talla de 142 a 220 cm de LT. La proporción de sexos fue de 1H:1M. En el 2004 el mismo autor estimó la edad y crecimiento de *C. falciformis* a partir de las marcas de crecimiento de las vértebras de 145 organismos, las hembras presentaron longitudes de 88 a 230 cm de LT y los machos registraron tallas de 142 a 260 cm de LT. Las edades reportadas para hembras van de 2 a 16 años, para machos de 3 a 14 años, los parámetros de crecimiento son: $L_{\infty} = 240$ cm LT, $k = 0.138$ año⁻¹ y $t_0 = -2.98$ años. Por lo que considera que en esta región la especie crece en promedio 20 cm en el primer año de vida, 16 cm/año entre los 2 y 4 años, 10 cm/año durante los 5 y 7 años de edad, 6 cm/año entre los 8 y 10 años y finalmente 3 cm/año después de los 11 años.

En cuanto al océano Pacífico, Oshitani *et al.* (2003) analizaron la edad y crecimiento de la especie, empleando la lectura de anillos de crecimiento en vértebras dorsales, registraron una talla de nacimiento que va de 65 a 81 cm LT, deducen que no existen diferencias marcadas entre la talla de nacimiento y de madurez entre los organismos del Pacífico y el Atlántico, al igual que los parámetros de crecimiento, los cuales calculó por el método de mínimos cuadrados no lineales, obteniendo una $L_{\infty} = 216.4$ cm LPC, $k = 0.148$ años⁻¹ y $t_0 = -1.76$ años.

Beerkircher *et al.* (2003), realizaron un análisis demográfico de *C. falciformis* del sureste de Estados Unidos, para ello empleó la técnica de Monte Carlo con el fin de simular la variabilidad en los parámetros, concluyendo que existen varios elementos clave, que requieren ser esclarecidos para obtener un análisis más concluyente, estos incluyen información validada de edad y crecimiento, parámetros de la historia de vida como son la fecundidad, longevidad y mortalidad natural, así como estimaciones de mortalidad por pesca dependiente de la edad de la población del tiburón *C. falciformis*.

Joung *et al.* (2008) realizó uno de los estudios más recientes para la especie en el Pacífico sobre edad, crecimiento y reproducción en el noreste de Taiwan, en dicho trabajo no se encontraron diferencias significativas de crecimiento entre sexos. Estos autores estimaron una $L_{\infty} = 332$ cm de LT, $k = 0.084$ año⁻¹, $t_0 = -2.761$ (n = 250, p<0.01). Las hembras maduran entre 210 y 220 cm de LT, con edades de 9.2 a 10.2 años, los machos

maduran a la talla de 212.5 cm de LT, con una edad de 9.3 años. La talla de nacimiento estimada fue de 63.5 a 75.5 cm de LT.

Para la región sur del Pacífico mexicano se cuenta con el estudio de De la Cruz (2007) que realizó un estudio sobre edad y crecimiento de *C. falciformis* en Puerto Madero (Chiapas), quien estimó la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para hembras $L_{\infty} = 315$ cm de LT, $k = 0.106 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -1.642$, para machos $L_{\infty} = 310$ cm de LT, $k = 0.102 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -1.86$, y para sexos mancomunados $L_{\infty} = 315$ cm de LT, $k = 0.104 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -1.69$. La talla de nacimiento se estimó en 50 cm LT y 53 cm LT, para hembras y machos respectivamente. La edad de madurez sexual la determinó para hembras entre los 6 y 7 años con 177 cm LT y los machos de 6 años con 168 cm LT. Las edades máximas teóricas las calculó de 24 años para las hembras y 23 años para los machos. Los modelos de crecimiento en peso fueron para hembras $WT = 143.5 (1 - e^{-0.106(t+1.642)})^{2.95}$, para machos $WT = 143.34 (1 - e^{-0.102(t+1.86)})^{3.11}$, y para sexos mancomunados $WT = 146.1 (1 - e^{-0.104(t+1.69)})^{3.02}$.

Sin embargo para la costa de Oaxaca no se han realizado estudios sobre edad y crecimiento de *C. falciformis*, a pesar de ser una de las especies importantes para esta zona.

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

Posición taxonómica (Compagno 1984).

Orden: Carcharhiniformes

Familia: Carcharhinidae

Genero: *Carcharhinus* (Blainville 1816)

Especie: *falciformis* (Bibron en Müller y Henle 1841).

La familia Carcharhinidae se caracteriza por ser una de las familias más importantes, numerosa y de gran valor pesquero en áreas tropicales.

DESCRIPCIÓN: El tiburón *Carcharhinus falciformis* (Fig. 2) es un organismo de gran talla, en promedio de 200-240cm de longitud total (LT), la talla máxima registrada es de 330 cm LT. Con cuerpo alargado y esbelto, hocico estrechamente redondeado y moderadamente largo. Los dientes de la mandíbula superior presentan cúspides relativamente angostas y bien delimitadas de las bases robustas y aserradas, sus bordes externos escotados. La primera aleta dorsal es moderadamente alta, de ápice redondeado, su origen situado por

detrás de los extremos libres de las aletas pectorales; segunda aleta dorsal muy baja, su lóbulo posterior notoriamente largo y delgado, con borde interno dos veces la altura de la aleta, aletas pectorales largas y falciformes, presentándose el pliegue dorsal característico de algunos Carcharhinidos (FAO, 1995).

DISTRIBUCIÓN: La especie se distribuye en los océanos Pacífico, Índico y Atlántico; vive en aguas oceánicas, pero también en aguas costeras, generalmente cerca de la superficie en profundidades de 18 m (Compagno, 1984), sin embargo a veces alcanza profundidades considerables (FAO, 1995). En el Pacífico oriental tropical (POT), se distribuye desde el sur de Baja California hasta Perú, incluyendo el Golfo de California (Garrick, 1982). *C. falciformis* se restringe a temperaturas cálidas de entre 23 y 24 °C.

REPRODUCCIÓN: Son organismos vivíparos. De acuerdo con diversos trabajos del Pacífico y Atlántico, las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 213 y 230 cm de LT, y los machos en un intervalo de 187 a 217 cm de LT, presentan una fecundidad de 2 a 14 embriones con tallas de nacimiento de 70 a 87 cm de LT y un periodo de gestación de 12 meses (Branstetter, 1987).

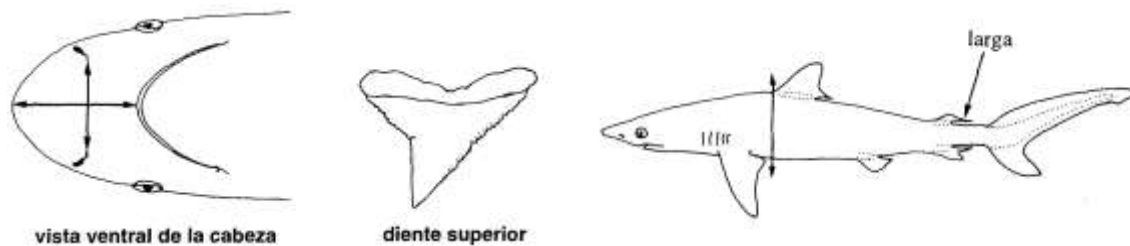


Figura. 2. *Carcharhinus falciformis* ó tiburón sedoso (Modificado de Compagno, 1984).

JUSTIFICACIÓN

El tiburón *C. falciformis* es una especie de importancia pesquera. Por el volumen desembarcado, representa el 77.96% de la captura de elasmobranquios de interés comercial en la zona de estudio (Alejo-Plata *et al.*, 2006). Actualmente no se cuenta con la información suficiente que nos permita conocer el verdadero potencial de la especie, debido a la poca accesibilidad de los datos, por lo que se requiere realizar estudios de edad y crecimiento con el fin de incrementar la información sobre la historia de vida y el efecto de la pesca artesanal sobre la población. Con base en lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo generar información sobre la edad y el crecimiento de *C. falciformis* en la

costa chica del estado de Oaxaca, México. Con el fin de sentar las bases para futuros estudios de la especie.

HIPÓTESIS

De acuerdo con la literatura sobre la biología de *Carcharhinus falciformis* no existen diferencias entre el crecimiento de hembras y machos, la talla promedio de madurez en las hembras es mayor que los machos, son organismos de una considerable longevidad (>10 años), y una mortalidad natural baja. Se espera que en el área de estudio los parámetros biológicos del presente trabajo sean similares a los reportados por otros estudios, por ser organismos altamente migratorios.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la estructura de edades y estimar las tasas de crecimiento y mortalidad del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* capturado por pesca artesanal en la costa chica de Oaxaca, México.

Objetivos particulares

1. Obtener la estructura por tallas de *C. falciformis* para machos, hembras y sexos mancomunados y estadios de madurez gonádica.
2. Usar las vértebras dorsales para el análisis de marcas de crecimiento.
3. Calcular los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (L_{∞} , k y t_0), para describir el crecimiento individual de hembras, machos y sexos mancomunados.
4. Estimar la talla y edad media de madurez sexual.
5. Determinar la selectividad de talla de captura por la pesquería.
6. Estimar la mortalidad total, natural, por pesca y la longevidad para hembras, machos y sexos mancomunados.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye las localidades de Puerto Escondido, Puerto Ángel y Huatulco (Fig. 3), ubicadas entre los límites de dos regiones biogeográficas: la mexicana y la centroamericana, la primera comprende de cabo San Lucas hasta el Golfo de Tehuantepec, la región centroamericana del Golfo de Tehuantepec a Panamá. El área se encuentra localizada en la región oceanográfica del POT. En el área de estudio se ha reportado la presencia de la corriente de California, la corriente Sur Ecuatorial y la Convergencia Intertropical. La principal característica del clima en la región es la variabilidad de los vientos a lo largo del año. En verano, la presencia de huracanes y tormentas tropicales, con vientos que se propagan hasta la costa; en invierno los vientos corren perpendiculares a la costa, estos vientos del norte son conocidos como “Tehuano” (Trasviña y Barton, 1997).

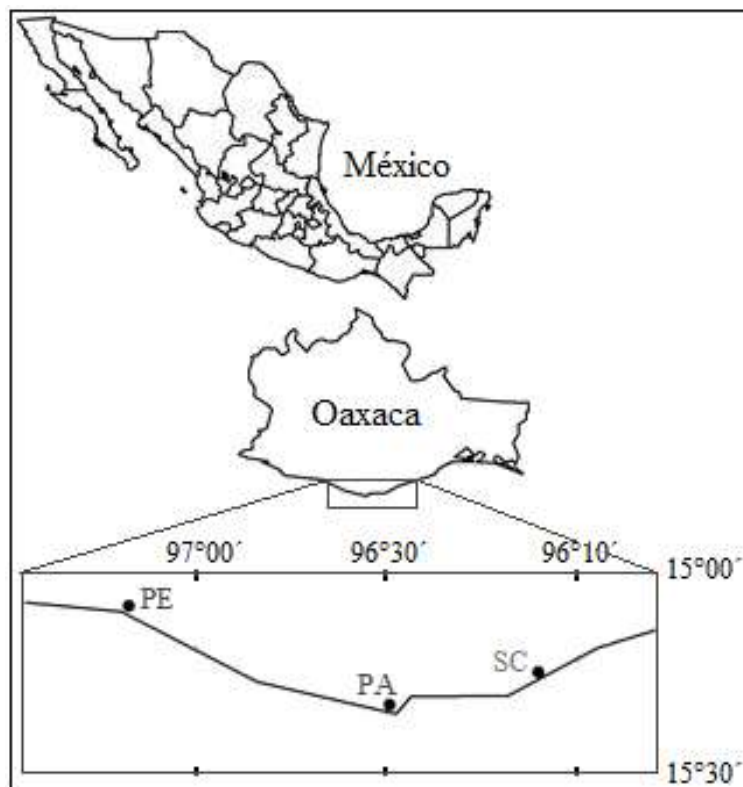


Figura 3. Área de estudio señalando las localidades donde se desembarcan las capturas artesanales; PE.- Puerto Escondido. PA.-Puerto Ángel. SC.- Santa Cruz Huatulco, Oaxaca.

Una de las principales corrientes en el Pacífico mexicano es la Corriente Costera de Costa Rica, la cual forma parte de la recirculación del POT que conecta a la Corriente Ecuatorial con la corriente Norecuatorial. La corriente se inicia en la cuenca de Panamá, continua hacia el norte a lo largo de las costas continentales de Centroamérica y de México, donde se le conoce como Corriente Mexicana, hasta alcanzar la Zona de Transición del Pacífico Norte, frente al extremo de la península de Baja California, allí se une a la Corriente de California y gira para realimentar al sistema ecuatorial. Dicha corriente es una de las principales corrientes que bañan las costas de México, también participa en la transmisión de perturbaciones, especialmente las señales de El Niño. Es fuente de la mayor parte de las masas de agua que bañan las costas continentales mexicanas, las que contribuyen a la composición del Golfo de California y que continúan hasta el Golfo de Alaska dentro de la Contracorriente o Subcorriente de California. La intensidad de la Corriente Costera de Costa Rica y la latitud en la cual confluye con la Corriente de California varían, ambas estacionalmente, en función de la posición de los grandes sistemas atmosféricos, por lo cual se registra la mayor intensidad del sistema ecuatorial y de la Corriente Costera de Costa Rica en los meses de julio a diciembre, y la intensidad mínima cuando la Corriente de California alcanza su extensión máxima, en los meses de marzo a mayo (Badan, 1997).

El sistema de la Corriente Costera de Costa Rica es el responsable de un gran número de las masas de agua que están presentes frente a las costas del Pacífico mexicano. Estas tienen además, una participación fundamental en la Contracorriente Norecuatorial y dentro del Golfo de California y, por ende, en los procesos de surgencia que regulan buena parte de la climatología costera y determinan la productividad biológica de nuestro litoral (Badan, 1997). La generación de grandes giros ciclónicos en el Golfo de Tehuantepec constituye una fuente importante de variabilidad de mediana escala que produce intercambio de propiedades entre el océano costero y el POT (Trasviña y Barton, 1997).

Actualmente se considera que la corriente que circula en la costa de México no solo es una continuación de la Corriente Costera de Costa Rica, si no que debido a la estructura de su velocidad y a las masas de agua que lleva, se propone que esta sea llamada Corriente Mexicana del Oeste (WMC en inglés) la cual es subsuperficial, sin embargo aún se conoce poco sobre el flujo en esta región, y sobre la interconexión que existe entre ésta corriente, la

circulación en el Golfo de Tehuantepec y la permanencia de la Corriente de California en el área (Fig. 3) (Kessler, 2006).

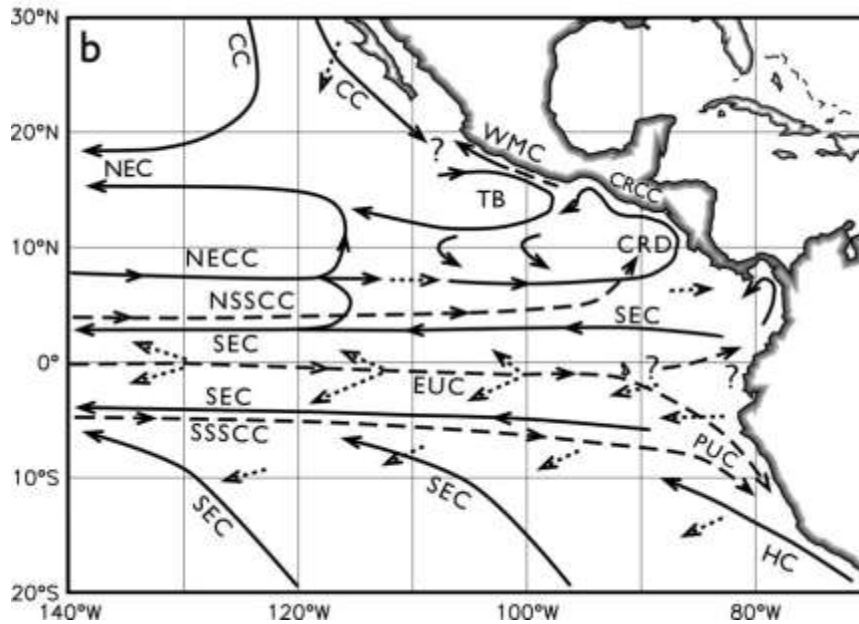


Figura 4. Ciclo anual de la circulación superficial en el Pacífico Tropical Oriental (Tomada de Kessler, 2006). CC = Corriente de California, NEC = Corriente Norecuatorial, NECC = Contracorriente Norecuatorial, SEC = Corriente Surecuatorial, CRCC = Corriente Costera de Costa Rica, HC = Corriente de Humboldt, EUC = Subcorriente Ecuatorial, N/SSSCC = Contracorriente Subsuperficial del Sur/Norte, WMC = Corriente Mexicana del Oeste, PUC = Subcorriente de Peru-Chile, TB = Cuenca de Tehuantepec, CRD = Domo de Costa Rica (Las siglas son por su nombre en inglés).

5. MATERIAL Y MÉTODO

TRABAJO DE CAMPO

Las muestras se obtuvieron de la pesca artesanal de tiburón que se realiza en las localidades de Puerto Escondido, Puerto Ángel y Santa Cruz Huatulco en la costa chica de Oaxaca. De octubre de 2000 a septiembre de 2006, para Santa Cruz Huatulco y Puerto Escondido se realizaron muestreos mensuales con duración de dos días, mientras que en la pesquería de Puerto Ángel se realizaron muestreos de dos días cada semana, e intensificándose el muestreo diario durante el periodo de la corrida de tiburón (septiembre a febrero).

La especie fue identificada por presentar ondulaciones en el lóbulo superior de la aleta caudal, la diferencia entre la longitud de la base de las aletas dorsales, perfil delgado, muesca precaudal en forma de luna creciente, pero una de las características más importantes fue la presencia del pliegue interdorsal (Compagno, 1984; FAO, 1995, Castro, 1996) así como la textura y tono de la piel (comp. pers. Anislado-Tolentino, 2004).

Cuando los organismos se desembarcaron completos, se registró la Longitud Total (LT) (del hocico al lóbulo superior de la aleta caudal de posición natural) sin embargo, en la mayoría de los casos llegaron eviscerados y en troncho (Ltr) (longitud que comprende de la última abertura branquial a la foseta precaudal) (Fig. 5). El sexo se determinó por la presencia o ausencia del mixopterigio (órgano copulador), en el caso de los machos se registró la longitud externa del mixopterigio que va de la parte axilar de la aleta pélvica y el mixopterigio a la punta del mixopterigio. De acuerdo con la propuesta de Castro (1993), se consideraron inmaduros a los organismos que presentaron inserción placentaria, en machos el mixopterigio no calcificado y sin flexibilidad para la rotación en la base; en hembras las gónadas sin diferenciar; para considerarse adultos las características fueron: para machos parte proximal del mixopterigio calcificado, y su base pudo rotar 180° hacia el frente, y para las hembras cuando se encontraron preñadas o con gónadas grandes y bien diferenciadas.

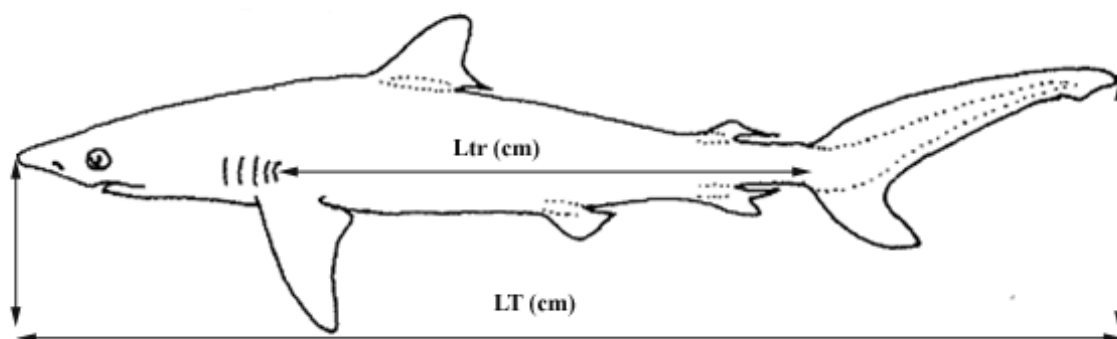


Figura 5. Principales biometrías registradas: LT: longitud total, Ltr: longitud de troncho (Modificado de Compagno, 1984).

La colecta de vértebras se realizó en organismos con certeza de identificación en *C. falciformis* y con previo consentimiento del pescador, cuando fue posible se obtuvieron las vértebras de la región dorsal, por ser las que presentan mayor tamaño, las cuales se extrajeron por un corte hecho desde el interior de la cavidad corporal, por debajo de la primera aleta dorsal, se obtuvieron aproximadamente cinco vértebras (Bonfil *et al*, 1993; Tovar, 2000; Sánchez de Ita, 2002). Las vértebras se colocaron en bolsas de plástico y se congelaron para su posterior limpieza.

TRABAJO DE LABORATORIO

Las vértebras se limpiaron de manera mecánica para eliminar completamente el arco neural, las apófisis y el tejido conectivo, posteriormente se sumergieron en hipoclorito de sodio al 5% para retirar los restos de tejido, esperando cinco minutos o más, en caso de requerirlo se cambió la solución para mejorar la limpieza (Bonfil *et al.*, 1993). Una vértebra de cada muestra fue empleada para realizar un corte transversal (Anislado-Tolentino y Robinson, 2001). Cada sección fue lavada y pulida con una lija del número 400 y 1000, se enjuagaron por más de 10 minutos y de manera consecutiva se realizó la tinción con cristal violeta al 0.01%, empleando la técnica de Schwartz (1983 modificada en Anislado-Tolentino y Robinson, 2001). Las secciones fueron sumergidas en la solución de 10 a 15 minutos, después se removió el exceso de colorante con alcohol isopropílico al 50% por un lapso no mayor a un minuto. Por último se dejaron secar de 10 a 20 min.

Para realizar las lecturas de los cortes se utilizó un microscopio estereoscopio marca ZEISS STEMI 11, con los objetivos 6x a 16x, con iluminación reflejada para diferenciar las características del corte, distinguiendo la marca de nacimiento (MN), las bandas opacas (BO) y hialinas (BH) presentes en lo ancho del corte, considerando marcas de crecimiento a la BO que iban del *corpus calcareum* izquierdo, pasando por la intermedalia, hasta el *corpus calcareum* derecho, las bandas interrumpidas se consideraron marcas falsas, por lo que no fueron incluidos en los conteos (Anislado-Tolentino *et al.*, 2008) (Fig. 6).

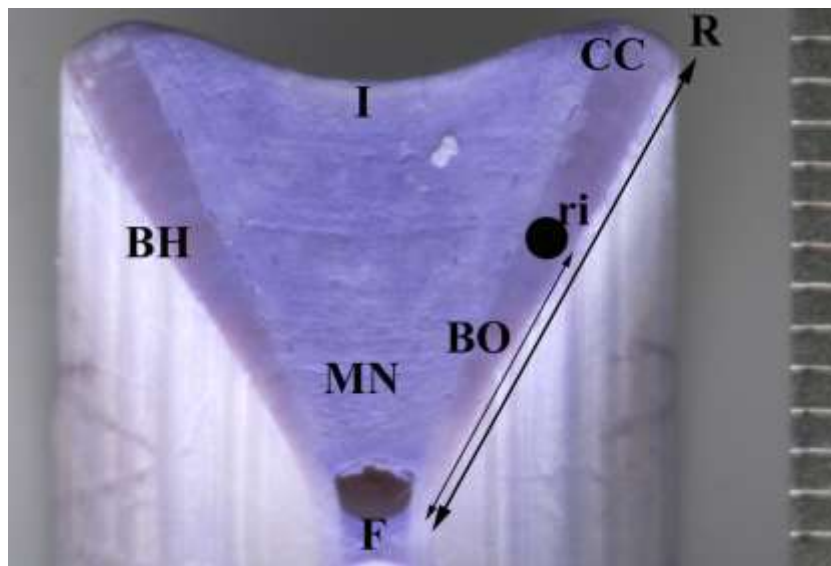


Figura 6. Características de un corte de vértebra de un organismo macho de *C. falciformis*, F: Foco, MN: Marca de nacimiento, BO: Banda Opaca, BH: Banda Hialina, CC: *Corpus calcareum*, I: Intermedalia, r_i : Distancia del Foco al borde inferior de la marca de crecimiento i , R: Radio vertebral.

TRABAJO DE GABINETE

Biometrías

La relación entre dos variables métricas donde la proporción de dos longitudes de un cuerpo a otro de diferente escala es igual se denomina isometría (Carlander, 1969), es por eso que de manera particular la función potencial $y = ax^1$, es un caso especial de la función de la recta cuando la ordenada es cero y la pendiente es a (*com. pers.* Anislado-Tolentino, 2008). Sin embargo esta proporción puede incrementar de forma alométrica, es decir con $b > 1$ (alométrica positiva) o $b < 1$ (alométrica negativa). Con base en lo anterior y considerando que la dependencia va de la longitud total (LT) a la longitud troncho (Ltr), se utilizó la siguiente relación potencial:

$$Ltr = aLT^b$$

Con el objeto de encontrar diferencias en el crecimiento, se realizó la comparación entre sexos usando la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al.* (1991), para el análisis de la suma de los residuos cuadrados (Zar, 1999), que es utilizado para evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Handdon, 2001).

A la ecuación potencial obtenida de las relaciones biométricas se le realizó la prueba de isometría (Pauly y Munro, 1984).

$$t = \frac{S_{LT}}{S_{Ltr}} \frac{|\hat{b} - 1|}{(\sqrt{1 - r^2})} (\sqrt{n - 2})$$

S_{LT} es la desviación estándar de los logaritmos de la longitud LT, S_{Ltr} es la desviación estándar de los logaritmos de la longitud Ltr, \hat{b} es la pendiente estimada, r^2 es el coeficiente de regresión y n el número de datos, el nivel de significancia para H_0 (existe isometría, $\hat{b} \approx 1$) fue de 0.05 ($n - 2$).

ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO

MÉTODO DIRECTO

Precisión de lecturas

El conteo de las marcas de crecimiento se hizo sobre aquellas que completaron el trayecto en la estructura, evitando la confusión con las depositaciones imperfectas de cristales de calcio. Con el fin de tener mayor precisión en las lecturas se realizaron conteos por tres lectores y cada uno de ellos realizó la misma cantidad de lecturas (Musick y Bonfil, 2004).

Se calculó el Índice del Error Promedio Porcentual (APE) (Beamish y Fournier, 1981) entre las lecturas de las vértebras analizadas.

$$APE = 100 \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{X_{ij} - X_j}{X_j} \right] \right\}$$

N es el número de muestras, R es el número de veces que se leyó la muestra, X_{ij} es la edad i determinada para el pez j , y X_j es el promedio de las edades determinadas para el pez j .

De igual manera se calculó el Coeficiente de Variación entre las lecturas (CV), y se estimó el Promedio del Índice de Precisión (D) propuesto por Chang (1982).

$$CV_j = 100 \left\{ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}} / X_j \right\}$$

R es el número de veces que se leyó la muestra, X_{ij} es la edad i determinada para el pez j , y X_j es el promedio de las edades determinadas para el pez j .

$$D_j = \frac{CV}{\sqrt{R}}$$

Medición de los anillos de crecimiento

La medición se realizó utilizando el programa UTHSCSA ImageTool Ver. 3 alpha (Departamento de Diagnostico Científico Dental y Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>).

Las mediciones se realizaron de forma paralela al margen vertebral (Fig. 6), es decir el *Corpus calcareum* (CC) en la región dorsal derecha. En esta región se realizaron las mediciones del radio vertebral (R); r_i que es la distancia del foco (F) al borde inferior del anillo i ; r_n que es la distancia del foco al borde inferior del último anillo, entendiéndose como foco al origen de la vértebra (Anislado-Tolentino, 2008).

El calcular las longitudes pretéritas nos permite estimar las dimensiones corporales en edades o etapas previas de la historia de vida, lo cual se logra al realizar relaciones entre mediciones realizadas en la estructura dura y la dimensión del pez al momento de su captura. El método empleado para ello fue el de Fraser-Lee, el cual supone que “El incremento de crecimiento de la estructura dura es, en promedio, una proporción constante del incremento del crecimiento del pez”, es decir que cuando el tamaño de la estructura es 0 la longitud es igual al intercepto (Francis, 1990; Araya y Cubillos, 2002), para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$L_i = a_2 + (L_c - a_2) \left(\frac{r_i}{R} \right)$$

Donde L_i es la longitud total pretérita al anillo i , L_c es la longitud total del pez al momento de la captura, r_i es el radio a la edad estimada, R es el radio de la estructura al momento de la captura y a_2 es la longitud del pez al momento de la formación de la estructura (ordenada).

Asignación de Edad

Para la asignación de la edad se emplearon las propuestas realizadas por Branstetter (1987), Bonfil *et al.* (1993), Oshitani *et al.* (2003) y Joung *et al.* (2008), quienes consideraron que *C. falciformis* presenta la formación de un anillo de crecimiento anual, y la existencia de una marca de nacimiento (previa o posterior al nacimiento), por lo que de manera resumida

se considera que el primer año de vida el organismo tendrá dos marcas, al segundo año tres y así subsecuentemente.

MÉTODO INDIRECTO

Edad y Crecimiento

Se utilizó el modelo de Bhattacharya (1967), considerando que para obtener las cohortes que conforman a la población, así como la longitud media ($L_{(x)}$) y la edad aproximada (E_i) por cohorte, el procedimiento emplea la diferencia del logaritmo natural (Ln) de las frecuencias de talla, que se graficaron contra la marca de clase de la talla, se identificaron las pendientes negativas con el fin de separar las cohortes (Sparre y Venema, 1997). Al identificarlas, se realizó un análisis de regresión lineal:

$$Fi = a + bx_i$$

Fi es la diferencia de los logaritmos, x_i es el punto medio de la clase de talla, a es el valor del intercepto, y b el valor de la pendiente.

Las constantes a y b se emplearon para estimar la longitud media ($L_{(x)}$) y la desviación estándar (s) en cada una de las cohortes que se obtuvieron, para ello se usaron las funciones:

$$L_{(x)} = \frac{-a}{b}$$
$$s = \sqrt{\frac{-1}{b}}$$

La disposición de las cohortes en un eje cartesiano, permitió observar la progresión modal de las tallas medias, identificándose las tendencias de crecimiento representativas para el periodo de estudio, lo cual se realizó empleando la propuesta de Gayanilo *et al.* (2002) con el paquete estadístico pesquero FISAT II, con un intervalo de talla de cinco centímetros (Anislado-Tolentino, 2008).

Para realizar dicho análisis se usaron los datos del año 2005, debido a la representatividad y continuidad mensual en este periodo de muestreo, evitando conjuntar

los datos de otros años debido a que puede existir un sesgo de muestreo ocasionado por los cambios en los métodos de pesca y por lo tanto en la selectividad de tallas.

Después de obtener los grupos de talla-edad por el retrocálculo (método directo) y por el método Bhattacharya (método indirecto) se procedió a estimar los parámetros de crecimiento para cada una de las dos vías.

Para obtener la Longitud infinita fue empleado el método de Taylor (1962, en Guerra y Sánchez, 1998), el cual emplea la longitud máxima de los datos observados entre la longevidad del 95% de la población.

$$L_{\infty} = \frac{L_{max}}{0.95}$$

k y t_0 fueron calculados por el método de Gulland y Holt (1959 en Sparre y Venema, 1997), por medio de:

$$\ln \left[1 - \left(\frac{L_{\infty}}{LT_t} \right) \right] = \ln(a) + bt$$

De esta ecuación se despejo k y t_0 :

$$k = -b$$
$$t_0 = \frac{\ln a}{-b}$$

Estos métodos fueron empleados de forma inicial para comenzar el proceso de iteración aplicado a la técnica de máxima verosimilitud (Sparre y Venema, 1997), la cual permite estimar parámetros (L_{∞} , k y t_0), maximizando su probabilidad de ocurrencia, esta técnica considera que la distribución de densidad del error es igual a 1. Se empleo la formula de menos logaritmo de la verosimilitud que nos proporciona el valor de un parámetro que define la menor probabilidad de ocurrencia de un evento, en este caso de las dispersiones de los valores (Hilborn y Mangel, 1997).

$$-Lnl(L_{\infty}, k, t_0/LT) = \sum L_n \sigma_{\varepsilon} + 0.5Ln(2\pi) + \frac{\varepsilon^2}{2\sigma_{\varepsilon}^2}$$

$-Lnl(L_{\infty}, k, t_0/LT)$ es el logaritmo negativo de la verosimilitud para estimar los coeficientes L_{∞} , k , t_0 en función del error (ε) o residual entre la talla observada y esperada. ε se consideró con una distribución normal $N(0, \sigma^2)$, donde σ_{ε} es la desviación estándar asociado al error ε .

Los parámetros de crecimiento obtenidos son parte del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB).

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

L_t es la longitud a la edad t en años, L_{∞} es la longitud media asintótica teórica, k es la tasa de crecimiento, y t_0 la edad teórica a la longitud cero.

Los límites de confianza se estimaron a partir de la iteración de los valores de la ECVB teniendo como objetivo encontrar el valor de 1.92 de acuerdo a lo recomendado por Haddon (2001), de acuerdo a la función siguiente:

$$Ln l (L_{\infty}, K, t_0/LT)_{m\acute{a}xima} - Ln l (L_{\infty}, K, t_0/LT) = \frac{3.84}{2}$$

Donde el valor de 3.84 es el valor crítico de la χ^2 con 1 grado de libertad y a 95% de confianza.

Después de obtener las dos ecuaciones de crecimiento, se procedió a compararlas con el fin de identificar si existía diferencia entre el crecimiento de la estructura empleada y la Longitud Total entre sexos, se utilizó la modificación para curvas no lineales propuesta por Chen *et al.* (1991), para el análisis de la suma cuadrática residual (Zar, 1999) que se emplea para evaluar la coincidencia de dos o más regresiones (Haddon, 2001).

Para los parámetros de crecimiento obtenidos, se calculó el Índice de Crecimiento Estándar (ϕ'), el cual permite comparar diferentes estimaciones de crecimiento (Munro y Pauly 1983; Pauly y Munro 1984; Pauly y Binohlan, 1996), el cual genera un índice estandarizado de crecimiento con sus dos variables biológicas (L_{∞} y k) en forma individual

(Defeo *et al.*, 1992, Leonce-Valencia y Defeo, 1997) para especies que no han sido estudiadas con anterioridad, con lo cual se logra una confiabilidad biológica de los nuevos parámetros obtenidos.

$$\phi' = \text{Log}(k) + 2\text{Log}(L_{\infty})$$

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

La talla de nacimiento fue estimada de la talla máxima observada de embriones y la talla mínima de captura de neonatos libres capturados (Alejo-Plata *et al.* 2007; Joung *et al.* 2008)

Estimación de la talla de primera madurez gonadal

El método más recomendable para determinar la talla de primera madurez sexual en elasmobranquios es el de las ojivas de madurez, basada en la condición reproductiva de una muestra de diferentes tallas (Guerra y Sánchez, 1998). En el caso particular de los elasmobranquios Walker (2005) recomienda estimar la talla promedio de madurez a través de la condición ovárica, a la par de la talla de estado materno, el cual se determina por la preñez de las hembras, en ambos casos las escalas de observación son macroscópicas. Para este trabajo en particular debido al tamaño de muestra, se utilizaron ambas condiciones de madurez dentro de la clasificación de maduros (Castro, 1996).

La proporción de animales maduros en un intervalo de talla está determinado por el número de organismos maduros entre el total de organismos de esa talla. Los datos fueron empleados en una regresión logística, de la forma proporción de maduros a una longitud específica = $1/(1 + e^{a+(b*\text{longitud})})$, donde a y b son coeficientes estimados por el arreglo de los datos a la curva logística (Musick y Bonfil, 2004), el punto de inflexión de la curva corresponde al 50 % de la población sexualmente madura (Guerra y Sánchez, 1998; Musick y Bonfil, 2004, Walker, 2005).

Sin embargo para este estudio se empleó la modificación propuesta por Walker (2005), debido a que considera parámetros biológicamente más significativos:

$$PM = \frac{1}{1 + e^{-\ln(19)\left(\frac{l_i - l_{50}}{l_{95} - l_{50}}\right)}}$$

Donde $ln(19)$ es una constante, l_i es la longitud promedio del grupo, l_{50} es la longitud a la que el 50% de la población sexualmente madura, y l_{95} es la longitud a la que el 95% de la población es sexualmente madura.

Se empleó la técnica de máxima verosimilitud para obtener el mejor ajuste de la ecuación.

SELECTIVIDAD A LA TALLA DE CAPTURA POR LA PESQUERÍA

De manera general, la selectividad de talla a los artes de pesca puede ser separada de acuerdo al arte usado (Gulland, 1971), sin embargo en los trópicos y países subdesarrollados, esto difícilmente se logra, debido a las diversas modificaciones a los artes de pesca, o al uso paralelo de dos artes pasivas con un arte activa (Anislado-Tolentino, 2008), en estos casos es recomendable determinar la talla de captura obtenida por la pesquería tal como se desembarca (Holden y Raitt, 1974).

Con base en lo anterior, la expresión matemática que se empleó para conocer la selectividad de talla por la pesquería, fueron las ojivas de la frecuencia relativa acumulada de las capturas (Guerra y Sánchez, 1998), a partir de la siguiente ecuación:

$$FRA = \frac{1}{1 + e^{a+bL'}}$$

FRA es la frecuencia relativa acumulada de las tallas capturadas, L' es el pivote del intervalo de tallas, para este trabajo es de cinco centímetros, a es la ordenada el origen, y b es la pendiente. Ajustados con la técnica de máxima verosimilitud (Anislado-Tolentino, 2008)

La talla de selección o longitud de reclutamiento (L_{pc}) es considerada como la longitud al 25% de las capturas acumuladas. La talla de primera captura o longitud promedio de captura (L_{mc}) es igual a la longitud al 50% de las capturas acumuladas, y la longitud máxima (L_{maxc}) representada por la captura de la longitud al 75% de las capturas acumuladas. Dichas longitudes se estiman a partir de las siguientes funciones:

$$L_{25\%} = L_{pc} = \frac{a - \ln 3}{-b}$$

$$L_{50\%} = L_{mc} = \frac{a}{-b}$$

$$L_{75\%} = L_{maxc} = \frac{a + \ln 3}{-b}$$

MORTALIDAD Y LONGEVIDAD

Mortalidad Total

De acuerdo con el modelo de Beverton y Holt (1957 en Gómez-Marquez, 1994), el cual emplea los parámetros obtenidos de la función de crecimiento de von Bertalanffy, la mortalidad total (Z) se puede estimar por la siguiente función:

$$Z = \frac{K(L_{\infty} - L_m)}{L_m - L_c}$$

L_m y L_c son las talla media y de primera captura, respectivamente.

Mortalidad Natural

La mortalidad natural (M) se calculó por el método propuesto por Taylor (1958, en Guerra y Sánchez, 1998) donde se usa la longevidad teórica máxima ($A_{0.95}$) que puede alcanzar la especie, como parámetro decisivo (Guerra y Sánchez, 1998) y el cual se sintetiza en las funciones:

$$A_{0.95} = (2.996/k) + t_0$$

$$M = 2.996/A_{0.95}$$

k y t_0 parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy.

Mortalidad por Pesca

La mortalidad por pesca (F) se obtuvo por la diferencia entre la mortalidad total y la mortalidad natural (Gulland, 1971; Ricker, 1975; Anislado-Tolentino, 2008).

$$Z = M + F$$

$$F = Z - M$$

Para obtener la mortalidad como porcentaje se utilizó la relación inversa de acuerdo a Gulland (1971).

$$\text{Mortalidad Porcentual} = 100 * (1 - e^{-\text{Mortalidad}})$$

6. RESULTADOS

Durante el periodo de muestreo de octubre de 2000 a septiembre de 2006 (Tabla 1), se registraron las biometrías de 1319 organismos (597 hembras, 630 machos y 92 indeterminados). El número de organismos que se reportaron con longitud total fue de 584 individuos, mientras que el número de datos que se obtuvieron de la longitud de troncho fue de 1266 ejemplares.

Tabla 1. Meses de captura en la Costa Chica de Oaxaca de octubre de 2000 a septiembre 2006. Longitud total (LT); longitud total mínima (min); longitud total promedio (promedio); longitud total máxima (max); Longitud de troncho (Ltr) longitud de troncho mínima (min); longitud de troncho promedio (promedio); longitud de troncho máxima (max); Desviación estándar de la Longitud Total (sLT); Desviación estándar de la Longitud de troncho (sLtr); número de datos (n); hembras (H); machos(M); no determinados (I) y no aplica (n.a.).

Mes	LT			Ltr					n		
	Min	promedio	max	min	promedio	max	SLT	SLtr	H	M	I
ene-01	76	110	179	52	78	133	47.23	37.38	1	3	
ene-02	88	146	218	61	102	161	26.95	20.67	62	68	11
ene-04	78	142	265	67	84	98	39.65	11.20	13	16	
ene-05	56	92	141	37	63	90	20.62	13.87	14	11	
ene-06	74	90	103	50	62	72	9.30	6.95	4	8	
feb-02	106	139	185	78	102	134	25.30	17.76	8	3	
feb-05	120	141	150	85	101	109	9.80	7.60	11	3	
mar-01	67	112	221	45	79	158	29.94	23.08	37	48	24
mar-02	117	125	136	86	93	101	6.36	4.89	5	2	
mar-05	74	133	157	50	95	114	27.20	20.77	9	14	
abr-01	47	156	256	31	113	161	44.50	30.96	29	21	
abr-02	81	119	173	52	77	112	21.94	14.52	11	20	13
abr-03	68	134	217	33	66	166	40.14	23.99	59	39	3
abr-05	72	108	156	46	74	113	29.29	22.92	16	10	
abr-06		78			53		n.a.	n.a.	1		
may-01	66	127	256	46	87	160	41.60	31.20	22	24	23
may-02		90			48		n.a.	n.a.			1
may-03	83	111	139	57	78	100	17.32	13.20	7	10	
may-04	142	165	189	70	82	101	17.55	11.88	4	2	
may-05	104	121	143	86	96	106	19.86	14.14	1	2	
jun-03	57	98	139	38	68	100	23.60	17.85	15	10	
jul-03	76	81	86	52	56	59	4.73	3.51	3		
ago-01	87	132	206	56	82	104	39.40	19.16	3	4	
ago-03	54	102	188	36	69	99	30.00	16.79	18	15	
ago-04	65	70	79		54		6.49	n.a.	1	2	1

sep-01	70	78	93	48	59	71	10.33	9.72		3	1
sep-03	47	121	220	31	68	102	44.61	17.78	20	38	1
sep-04	67	75	100	45	49	51	11.19	2.63	5		2
sep-05	57	90	139	38	62	100	15.48	11.61	15	18	
sep-06	56	87	135	37	59	76	22.61	14.70	11	7	
oct-00	80	98	116	58	71	86	11.31	8.03	4	8	1
oct-03	46	99	260	30	61	101	39.42	19.16	26	30	
oct-04		128			91		0.00	0.00	1		1
oct-05	55	86	121	37	60	86	16.73	12.49	16	15	
nov-01	75	104	178	47	75	133	31.90	24.49	3	8	5
nov-05	50	98	148	33	65	105	19.04	10.08	108	152	6
dic-00	87	126	190	61	90	138	22.85	16.85	21	13	
dic-01	66	128	182	40	87	137	31.22	26.25	10	4	
dic-04		77			53		n.a.	n.a.		1	

BIOMETRÍAS

Los modelos obtenidos para las relaciones biométricas entre la LT y Ltr para machos y hembras no presentaron diferencias significativas ($F_{3,302,0.05} = 2.6 > F_c = 0.43$, $p = 0.73$), por lo que se empleo la función obtenida para sexos mancomunados ($n = 308$) $Ltr = 0.473*LT^{1.084}$ (Fig. 7). La prueba de isometría propuesta por Pauly y Munro (1984) demostró que existe una relación entre las biometrías anteriores del tipo alométrica positiva ($t_{0.025,306} = 1.968 < t_c = 6.13$; $p = 2.7 \times 10^{-9}$).

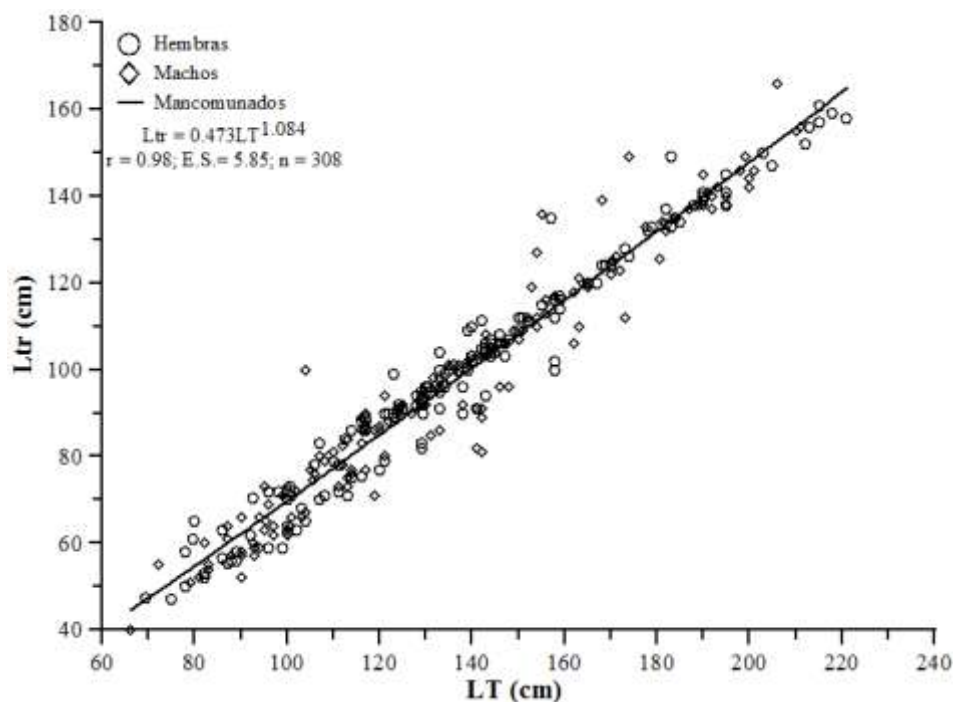


Figura 7. Relación entre la Longitud de troncho (Ltr) y Longitud Total (LT) para sexos mancomunados, capturados por pesca artesanal en el periodo de octubre de 2000 a septiembre de 2006 en la costa chica de Oaxaca.

ESTRUCTURA DE TALLAS

De acuerdo con los datos obtenidos de la captura del tiburón sedoso, ésta se compone tanto de juveniles como de preadultos y adultos, el intervalo de tallas para sexos mancomunados fue de 47.5 a 267.5 cm de LT (Fig. 8), las tallas de 47.5 a 112.5 cm de LT corresponden a los neonatos y juveniles del año; las mayores frecuencias se presenta en el intervalo de 87.5 a 102.5 cm de LT, que son organismos inmaduros, siendo la talla promedio de 97.5 cm de LT; los organismos maduros se encontraron en un intervalo de talla de 167.5 a 267.5 cm de LT, los cuales son menos frecuentes en las capturas, mientras que los organismos más longevos presentan tallas entre 242.5 a 267.5 cm de LT. Es necesario destacar, que de los tiburones más pequeños no fue posible determinar si eran de vida libre.

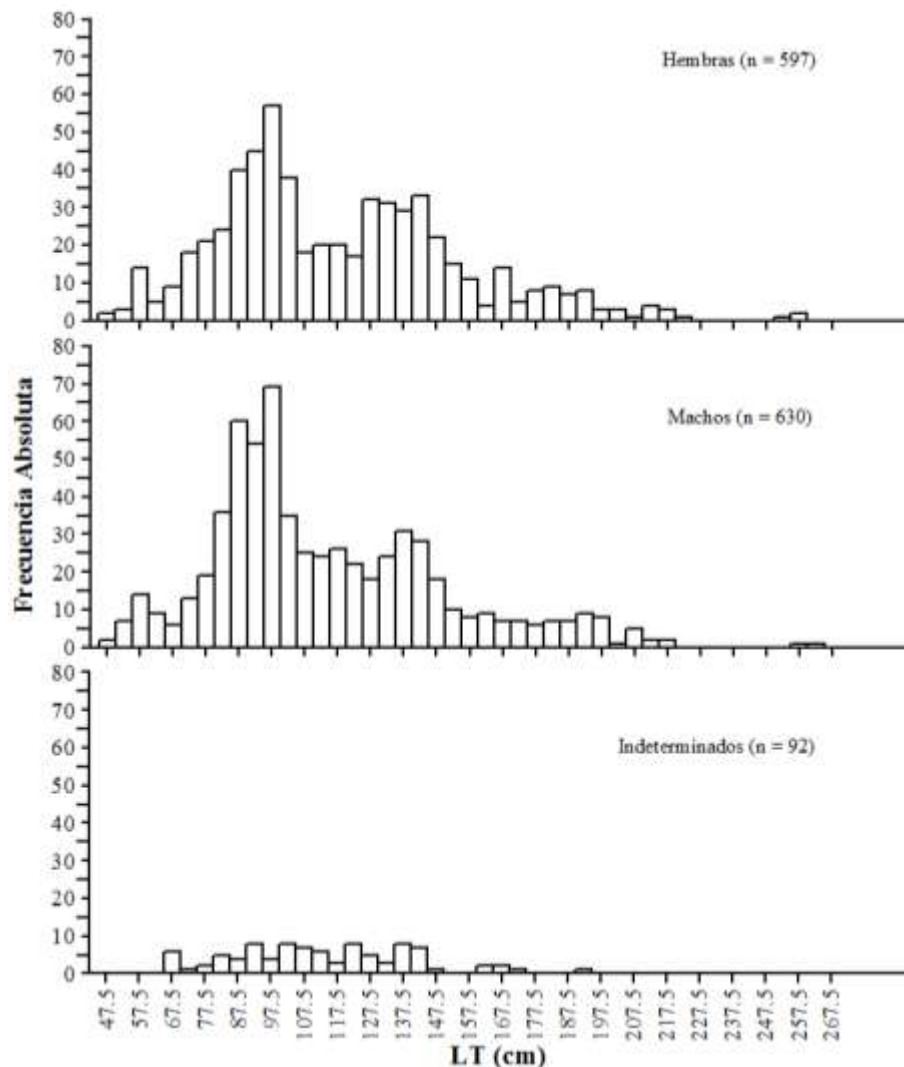


Figura 8. Estructura de tallas del tiburón *C. falciformis* capturado por la pesca artesanal de octubre de 2000 a septiembre de 2006 en la costa chica de Oaxaca.

ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO

METODO DIRECTO

Las muestras de vértebras dorsales se obtuvieron de 21 organismos (9 machos y 11 hembras), con longitudes de 50 a 157 cm de LT.

Precisión de lecturas

Para este análisis se excluyeron los organismos de menor talla, que los embriones más grandes observados (<50 cm de LT), con el fin de evitar la inclusión de embriones en los análisis posteriores. De acuerdo con el valor del APE (9.88%) se comprobó que las marcas de crecimiento se distinguen con poca dificultad, lo cual ayudó a disminuir las inconsistencias en el conteo de las bandas de crecimiento con un Coeficiente de Variación (CV) de 10.91% , este coeficiente intra lectores fue de 4.5 a 7.5 %, siendo el menor para el lector con mayor experiencia. El Promedio del Índice de Precisión (D) entre lectores fue de 6.30.

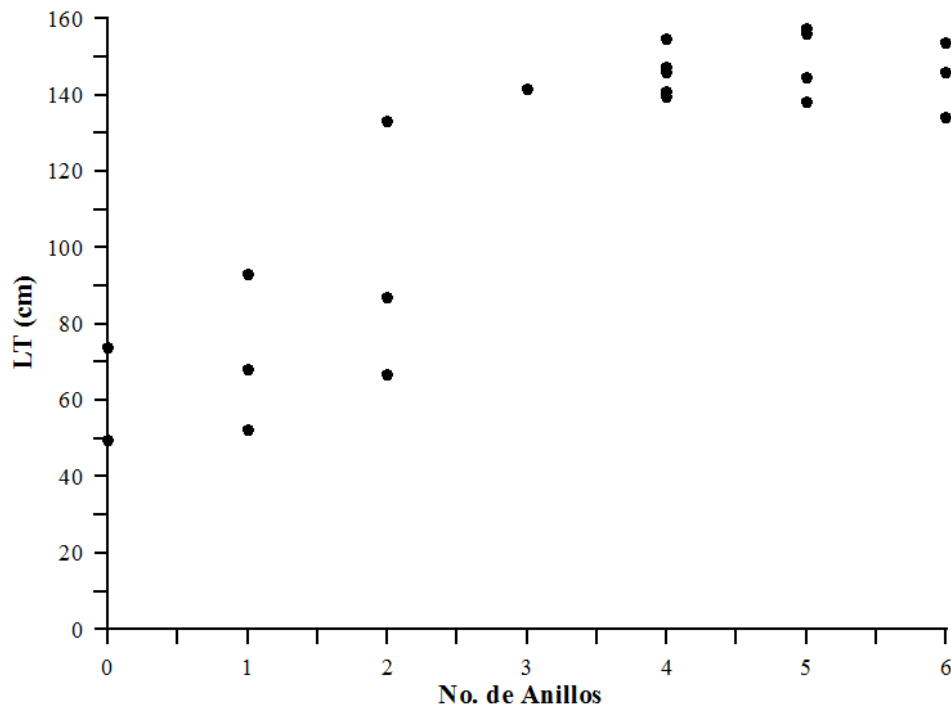


Figura 9. Relación entre la longitud total (LT) del organismo y el número de marcas de crecimiento para ambos sexos de *C. falciformis*, para la costa chica de Oaxaca, n = 21.

El número máximo de marcas fue de 6, las cuales se contabilizaron en un macho de 146 cm de LT, mientras se registraron organismos de 50 a 74 cm de LT solo con marcas de nacimiento (Fig. 9).

De acuerdo con el retrocálculo realizado se obtuvieron las longitudes medias de hembras, machos y sexos mancomunados, estos grupos de talla-edad fueron comparados a partir de las variables de radio vertebral y LT (Fig. 10), en dicha comparación no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($F_{(18,15,0.05)} = 2.33 > F_c = 0.029$, $p = 0.993$), por lo que es factible realizar el resto de los análisis para sexos mancomunados (Tabla 4).

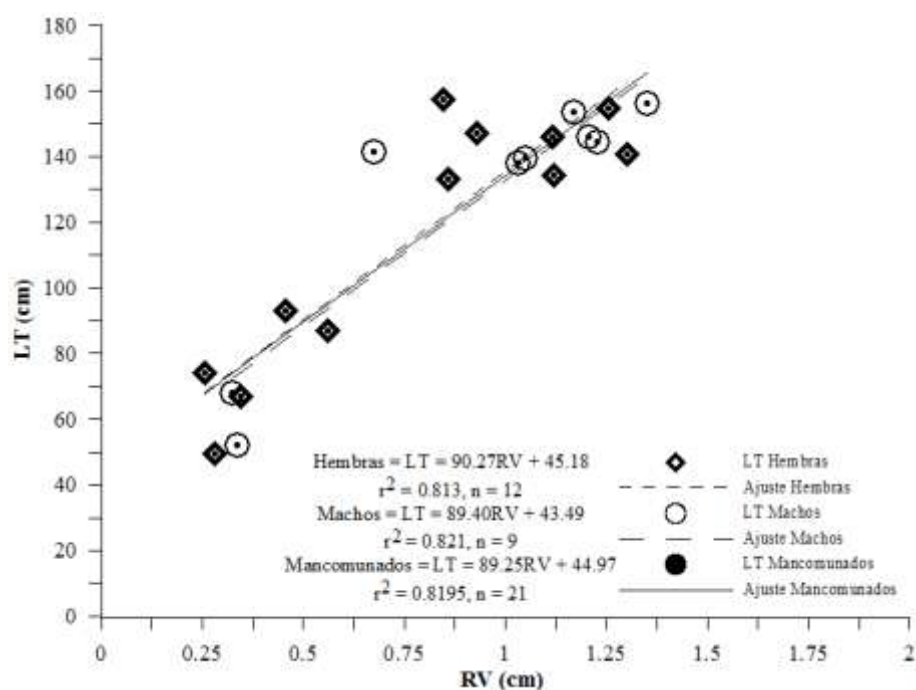


Figura 10. Relación entre la longitud total (LT) del organismo y el radio vertebral (RV) para hembras, machos y ambos sexos de *C. falciformis*, para la costa chica de Oaxaca.

Tabla 2. Longitudes medias (LT medias) y desviación estándar (s) obtenidas por el método de retrocálculo de Fraser-Lee, para hembras, machos y sexos mancomunados, na : No aplica.

Hembras			
Edad	No. Anillos	LT media	s
0	1	72.60	9.92
1	2	91.07	15.71
2	3	112.15	6.67
3	4	126.28	6.76
4	5	134.86	4.64
5	6	139.51	na

Machos			
Edad	No. Anillos	LT media	s
0	1	72.78	12.44
1	2	93.26	11.82
2	3	108.34	6.67
3	4	122.22	11.45
4	5	131.60	0.78
5	6	141.18	na

Sexos mancomunados			
Edad	No. Anillos	LT media	s
0	1	71.42	10.07
1	2	89.84	4.97
2	3	108.21	5.44
3	4	123.75	8.44
4	5	132.92	2.17
5	6	140.07	na

MÉTODO INDIRECTO

Asignación de edad

El resultado obtenido por el método Bhattacharya, empleando el paquete estadístico pesquero FISAT II, nos permitió obtener los siguientes grupos modales:

Tabla 3. Grupos modales obtenidos por Fisat II, para los meses del año 2005 (n = 421). L(x): Longitud media, s (desviación estándar).

FISAT II	
L(x)	s
58.5	5.46
76.4	5.21
94.58	6.78
118.41	6.01
143.95	7.41

Durante el año 2005 se presentaron las modas que se refieren a los organismos neonatos, juveniles del año, pre-adultos y adultos prereproductivos, año en el que no se registraron organismos con longitudes mayores a los 157.5 cm de LT (Fig. 10).

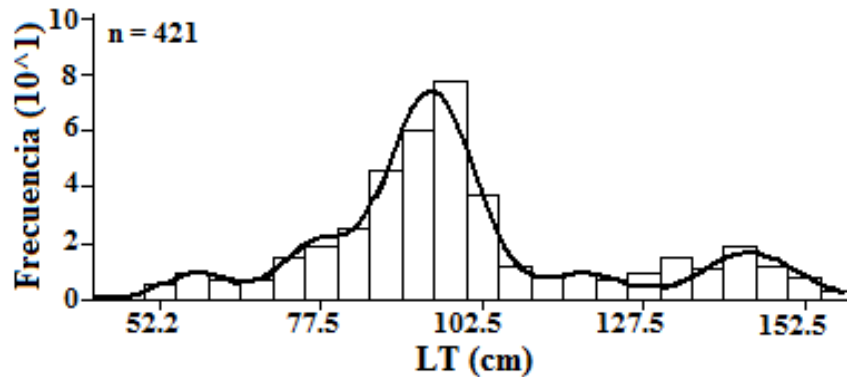


Figura 11. Grupos de longitud para sexos mancomunados de los datos obtenidos en la pesca artesanal en la costa chica de Oaxaca en el año 2005.

Edad y Crecimiento

Las modas obtenidas a partir del método de Bahattacharya, empleando el paquete FISAT_II, sugieren cinco grupos de talla-edad de 58.5, 76.4, 94.5, 118.4 y 143.9, que corresponden a las edades de cero, uno, dos, tres y cuatro años respectivamente. En el caso particular de la edad cero, las tallas observadas en campo con inserciones umbilicales frescas, son aproximadas a la talla promedio estimada para este grupo de edad.

En el caso de los grupos de talla-edad representados por el retrocálculo varían con respecto a los ya mencionados (Tabla 4), por lo que se estimaron los parámetros de crecimiento para cada procedimiento de obtención de grupos de talla-edad usados, obteniendo los parámetros iniciales de crecimiento para el retrocálculo fueron de: $L_{\infty} = 278.94$ cm, $k = 0.082$ años⁻¹ y $t_0 = -14.17$, para Bhattacharya fueron: $L_{\infty} = 278.94$ cm, $k = 0.121$ años⁻¹ y $t_0 = -12.98$.

ECUACIÓN DE CRECIMIENTO

Los parámetros promedio de la ECVB, obtenidos para el método directo e indirecto, y ajustados por la técnica de máxima verosimilitud, para sexos mancomunados de forma directa fueron: $L_{\infty} = 279$ cm, $k = 0.084$ años⁻¹ y $t_0 = -3.6$ años (Fig. 11); de forma indirecta los parámetros son: $L_{\infty} = 300$ cm, $k = 0.102$ años⁻¹ y $t_0 = -1.99$ años (Fig. 11).

La prueba F no sugiere diferencias estadísticamente significativas ($F_{0.05,3,54} = 8.59 < F_c = 5.34$, $p = 0.051$), entre el método directo e indirecto.

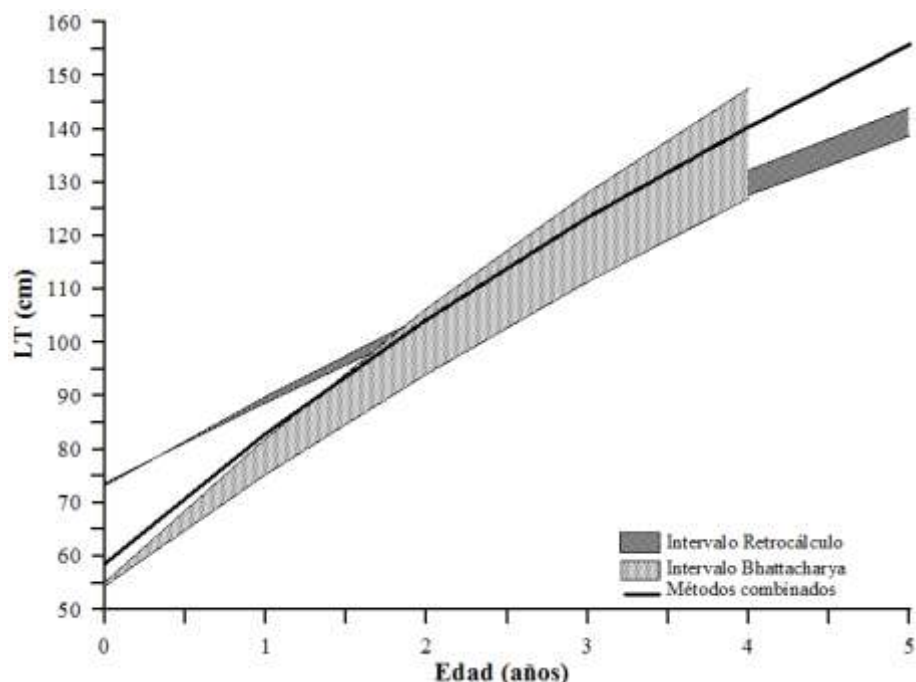


Figura 12. Intervalos de confianza para las curvas de crecimiento para sexos mancomunados de *C. falciformis*, obtenidos a partir del Retrocálculo de Frasser-Lee ($n = 21$), Método de Bhattacharya ($n = 421$) y los métodos combinados, para la pesca artesanal en la Costa chica de Oaxaca en el año 2005.

El índice de Crecimiento Estándar (ϕ') obtenido para el método directo fue de 3.80, mientras que para la estimación indirecta y para los métodos combinados fue de 3.96, lo que sugiere que los parámetros L_{∞} y k son concordantes. Debido a las ventajas del método directo, en este caso particular se considera a los parámetros obtenidos de esta manera como los más verosímiles.

Tabla 4. Ecuación de Crecimiento de Von Bertalanffy, con el límite mínimo y máximo calculados para cada uno de los parámetros obtenidos por los tres métodos empleados.

Método		L_{∞}	k	t_0	-LL	ϕ
Retrocálculo	Minimo	275	0.078	-4		
	Promedio	280	0.08	-3.82	16.44	3.80
	Máximo	284	0.082	-3.64		
Bathacharya	Minimo	284	0.095	-2.24		
	Promedio	300	0.102	-1.997	14.75	3.96
	Máximo	316.7	0.109	-1.753		
Métodos Combinados	Minimo	263	0.108	-2.234		
	Promedio	279	0.116	-2.036	29.35	3.96
	Máximo	290	0.122	-1.843		

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Talla Promedio de Madurez

A lo largo del período de estudio se contabilizaron hembras y machos con diferentes etapas de madurez, por lo que fue posible calcular un intervalo para la talla promedio de madurez para las hembras ($n = 61$) entre los 112 a 140 cm de LT (2.5 a 4.5 años), con un valor medio de 120 cm de LT. En el caso de los machos ($n = 118$) el intervalo de la talla promedio de madurez se consideró de 135 a 155 cm de LT (4 a 6 años) con un valor medio de 145 cm de LT (Fig. 12).

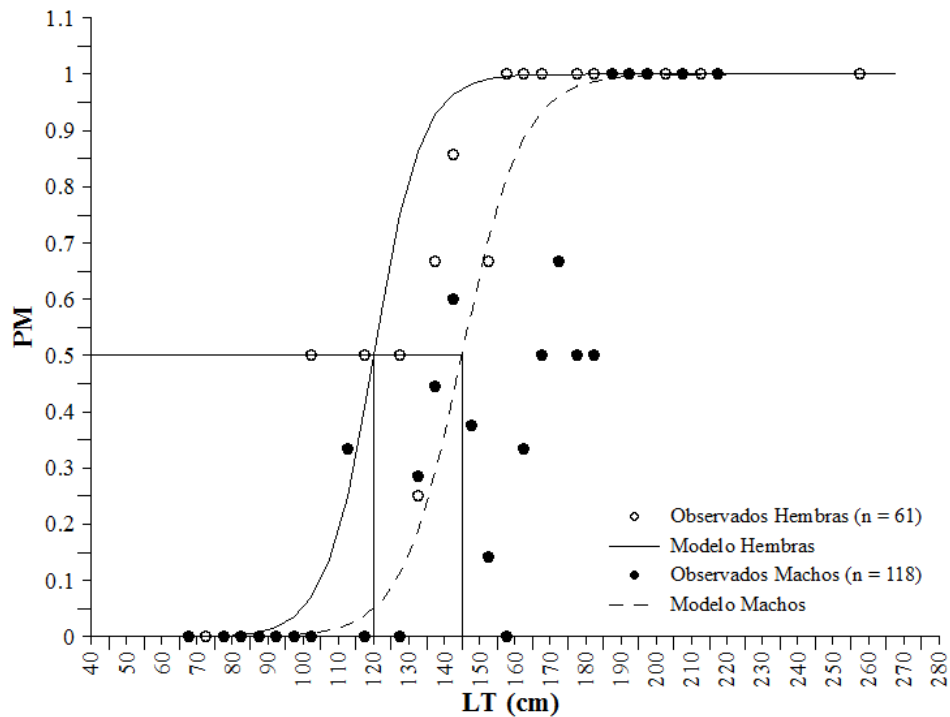


Figura 13. Proporción de hembras y machos de *C. falciformis* con características reproductivas, capturado por pesca artesanal en la Costa Chica de Oaxaca, durante octubre del 2000 a septiembre del 2006.

SELECTIVIDAD A LA TALLA DE CAPTURA POR LA PESQUERÍA

A través del análisis de la ojiva de captura se encontró que la longitud de reclutamiento a la pesquería (L_{pc}) para sexos mancomunados fue de 79 cm de LT, con aproximadamente una edad de 0.4 años, la talla de primera captura o longitud promedio de captura (L_{mc}) fue de 95.8 cm de LT, una edad cercana a 1.4 años, y la longitud máxima de captura (L_{maxc}) se calculó en 112.4 cm de LT, la edad para esta talla se calculó en 2.5 años.

MORTALIDAD Y LONGEVIDAD

La longevidad máxima teórica ($A_{0.95}$) fue calculada para sexos mancomunados obteniendo un valor aproximado de 32 años.

La mortalidad total (Z) para sexos mancomunados se estimó en 0.92 años^{-1} por ($s = 0.02 \text{ años}^{-1}$), que corresponden a un 60% anual de muertes, mientras que la mortalidad natural (M) y por pesca (F), se calculó en 0.09 años^{-1} ($s = 0.006 \text{ años}^{-1}$) y 0.83 años^{-1} ($s = 0.02 \text{ años}^{-1}$) lo que representa un 9% de mortalidad natural y un 56% de mortalidad por pesca.

7. DISCUSION

BIOMETRÍAS

En el presente estudio se encontró que existe una relación directa entre la LT y Ltr, lo cual coincide con estudios previos en los que se realiza la recuperación de la LT a partir de la longitud alterna, precaudal y furcal (Branstetter, 1987; Bonfil *et al.*, 1993; Oshitani *et al.*, 2003; Joung *et al.*, 2008). De igual forma no se encontró diferencia significativa entre sexos al realizar esta recuperación, por lo que se reporta solo la ecuación para sexos mancomunados, de esta forma la función obtenida en este estudio, puede ser utilizada como una herramienta de recuperación de datos de LT a partir de la Ltr de organismos desembarcados ya eviscerados y descabezados.

ESTRUCTURA DE TALLAS

En la costa de Oaxaca la pesca de tiburón es artesanal, con una alta variación estacional (Díaz-Uribe *et al.* 1999, Alejo-Plata *et al.* 2007). En la zona de estudio la pesca del tiburón es incidental (pesca demersal y pelágica) y dirigida (tiburonera) (Ramos-Carrillo *et al.*, 2006). A lo largo del periodo de muestreo los juveniles y pre-adultos del tiburón sedoso fueron los más abundantes en las capturas, por lo que sostienen la pesquería durante la mayor parte del año, mientras que los neonatos, juveniles del año y los adultos son capturados en menor proporción.

En este estudio, se observó un intervalo de tallas muy amplio (Tabla 5), debido a las características de la pesca, lo cual coincide con lo observado por otros autores en diferentes regiones, como Branstetter (1987) para la zona del Golfo de México, Bonfil *et al.* (1993) para Banco de Campeche, Ronquillo-Benítez (1999) y De la Cruz (2007) en Puerto

Madero, Sánchez de Ita (2002) en Baja California Sur y Alejo-Plata *et al.* (2007) en la costa chica de Oaxaca, lo que indica que existe una pesquería dirigida al recurso tiburón y a las especies que la componen (Bizarro *et al.*, 2009).

Tabla 5. Estructura de tallas de diferentes estudios previos sobre *C. falciformis*.

Autor	Región	Intervalo de tallas
Branstetter (1987)	Golfo de México	82 a 267 cm LT
Bonfil <i>et al.</i> (1993)	Banco de Campeche	65 a 314 cm LT
Ronquillo-Benítez (1999)	Puerto Madero (Chiapas)	50 a 340 cm LT
Sánchez de Ita (2002)	Baja California Sur	88 a 225 cm LT
Alejo-Plata <i>et al.</i> (2007)	Costa chica de Oaxaca	65 a 320 cm LT
De la Cruz (2007)	Puerto Madero (Chiapas)	60 a 230 cm LT

A lo largo de los años se encontró un registró amplio de tallas siendo más frecuentes en los primeros y últimos meses del año (Tabla 1), lo cual podría sugerir que la especie en el área de estudio no tiene un periodo único de abundancia (Branstetter, 1987; Bonfil *et al.*, 1993; Ronquillo-Benítez, 1999; Alejo-Plata *et al.*, 2007), sin embargo no se debe olvidar que la pesca de este recurso esta influida por las diversas condiciones meteorológicas en la zona de estudio.

En este estudio, se encontró una menor cantidad de neonatos y adultos que de juveniles, lo que posiblemente se deba al tipo de artes de pesca que son empleadas por las tres diferentes unidades de pesca que capturan directa o indirectamente a este grupo, tal como lo reportaron Alejo-Plata *et al.* (2006) y Anislado-Tolentino (2008) para las costas de Oaxaca, Sinaloa y Michoacán respectivamente. De acuerdo con Alejo-Plata *et al.* (2007) y por lo observado en campo, las redes (cuatro a seis pulgadas) inciden en organismos neonatos y juveniles, mientras que el uso del palangre permite la captura de organismos más grandes generalmente machos adultos y hembras maduras y/o preñadas.

En la pesca artesanal la variabilidad de especies y tallas, puede ser muy elevada en función de la variación atribuible a la flota, así como a la temporada de captura (Brennan y Palmer, 1977). En la costa de Oaxaca, los pescadores dirigen su esfuerzo de captura a las especies de más fácil acceso y más abundantes temporalmente, procurando que les reditúe un mayor ingreso económico, como es el caso del tiburón (Ramos-Carrillo *et al.*, 2006), lo cual incide en un sesgo del muestreo referente a las tallas capturadas.

ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO

MÉTODO DIRECTO

Precisión de las lecturas

De acuerdo a Branstetter (1987); Bonfil *et al.* (1993); Oshitani *et al.* (2003), Sánchez de Ita (2004), *C. falciformis* presenta una marca previa al nacimiento la cual para este estudio no fue observada en todos los casos, probablemente puede deberse a los diferentes cambios en el entorno fisiológico de la madre, (Casey *et al.* 1985; Branstetter, 1987; Cadena-Cárdenas, 2001; Sánchez de Ita, 2004) o al proceso de conservación, corte, tinción y observación de las estructuras (Anislado-Tolentino com. pers. 2009).

Por lo que se refiere a la observación de la estructura empleada es importante comprender que existen dificultades a las que nos enfrentamos al momento de las lecturas, las cuales se pueden generalizar en dos tipos, uno de ellos es referente a las depositaciones de estas marcas, las cuales pueden ser incompletas y esto llevar a una sub o sobreestimación de la edad; el otro punto se debe a las lecturas las cuales guardan cierto grado de subjetividad en la interpretación. La precisión que se debe tener en el conteo de marcas de crecimiento es de gran importancia, ya que define la reproducción de medidas continuas de una estructura dada, sean o no exactas las medidas, por lo que algunos laboratorios sugieren un CV de 5% como referencia para peces de longevidad moderada y de lectura compleja (Campana, 2001).

Si bien el APE y CV pueden ser funcionalmente equivalentes, el CV es estadísticamente más riguroso y flexible, sin embargo el APE es más sensible a las variaciones en la composición de edad (Campana, 2001). En este estudio hemos considerado como un buen indicador de una lectura correcta al CV por sus características, ya que en medida de que crezca el número de muestras el valor de CV (CV = 10.9%) posiblemente disminuya, considerando que el CV en vértebras de tiburón puede exceder el 10% (Campana, 2001), como sucedió en este caso.

Por otra parte, en los Chondrichthyes es necesario aplicar análisis de precisión empleando diferentes métodos, entre lectores y entre las lecturas (Cailliet *et al.*, 2006), con el fin de evitar al máximo errores que nos lleven a una mala asignación de edad y por lo tanto a una estimación incorrecta de los parámetros de crecimiento con consecuencia en la explotación inadecuada del recurso.

MODELO DE CRECIMIENTO

El uso de vertebras en este estudio fue sustancial para la confirmación de los grupos de edad obtenidos por la distribución de frecuencias, lamentablemente el número de estructuras obtenidas no fue el más adecuado para una mejor aproximación en los análisis de edad.

Durante el periodo de muestreo, se registraron siete meses del año 2005, con la información suficiente para obtener cinco grupos de talla-edad de *C. falciformis* para sexos combinados, debido a que en este trabajo, como en otros estudios de crecimiento que se han realizado para *C. falciformis* (Branstetter, 1987; Bonfil *et al*, 1993; Oshitani *et al*, 2003; Joung *et al*, 2008), no se han encontrado diferencias significativas entre hembras y machos de la especie.

Las curvas de crecimiento obtenidas en el presente estudio son similares a las reportadas en el Atlántico como en el Pacífico (Fig. 13, Tabla 7) (Branstetter, 1987; Bonfil *et al*, 1993; Oshitani *et al*, 2003; Sánchez de Ita, 2004; Joung *et al*, 2008). Sin embargo, la variación de los parámetros puede deberse a las tallas registradas, debido a que las muestras se recolectaron de lugares distintos, algunos se realizaron en aguas oceánicas y otros en zonas cercanas a la costa (Bonfil *et al.*, 1993), y no al modelo de retrocálculo.

Por otra parte Oshitani *et al.* (2003) consideran que “no existen diferencias en crecimiento entre el océano Pacífico y Atlántico, ni entre las zonas de captura, debido a que los parámetros de crecimiento, la talla promedio de madurez y la longitud de nacimiento son similares, lo cual hace considerar que la historia de vida de *C. falciformis* no es marcadamente diferente entre estos dos océanos”.

Sin embargo en el presente estudio, se considera que otro factor que puede influir en los estudios, es el tamaño de muestra, que posiblemente no ayude a describir correctamente las edades presentes en la población (Branstetter, 1987), y al sesgo en principio ocasionado por las características propias de la especie y por las particularidades de las artes de pesca artesanal en la zona de estudio.

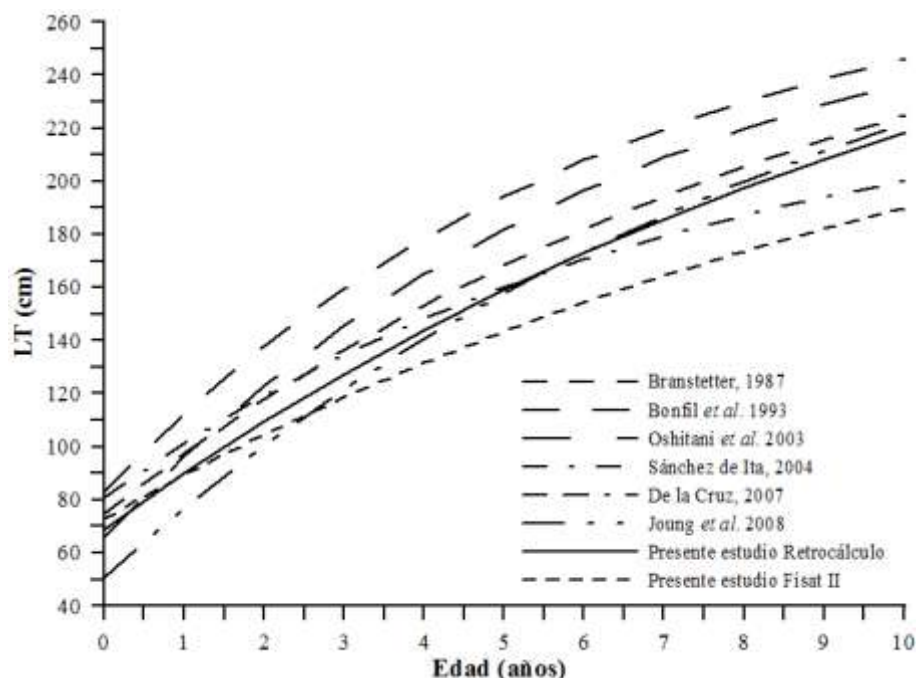


Figura 14. Curvas de crecimiento obtenidas para sexos mancomunados, a partir de los diferentes estudios de crecimiento realizados para *C. falciformis*, en diferentes áreas de pesca.

Las variaciones en los valores de los parámetros y curvas de crecimiento (Tabla 6 y Fig. 14), pueden estar relacionadas con la falta de datos para animales jóvenes y adultos lo que puede sesgar los parámetros estimados, L_{∞} podría ser más alta, mientras el valor de K sería más bajo (Sparre y Venema, 1997; Haddon, 2001). Por tanto la estimación de la edad y crecimiento realizadas son válidas sólo para el intervalo de tallas comprendido en las muestras y para el período de muestreo.

Por otra parte, se sabe que las hembras alcanzan mayores tallas que los machos (Branstetter 1987; Bonfil *et al.*, 1993; Tovar, 2000), sin embargo, debido a las tallas muestreadas para la determinación de edad, se calculó que las hembras y los machos crecen de la misma manera. La subrepresentación de grupos de edad se debe a la selectividad de tallas que presenta la pesquería, o a la existencia de subpoblaciones o razas geográficas (Garrick, 1982; Tovar, 2000). Dado lo anterior se sugiere continuar con las evaluaciones sobre el recurso.

Tabla 6. Parámetros de crecimiento obtenidos para *C. falciformis* en diferentes regiones, empleando estructuras duras.

Región	Autor	Año	Sexo	Parámetros			
				L_{∞}	K	t0	ϕ'
Golfo de México Banco de Campeche, Mex.	Branstetter *	1987	Combinados	291	0.153	-2.2	4.11
	Bonfil <i>et al.</i> *	1993	Combinados	311	0.101	-2.71	3.98
			Hembras	314.9	0.091	-3.18	3.95
			Machos	301	0.098	-3.05	3.94
Océano Pacífico Costa Occidental de Baja California Sur, Mex.	Oshitani <i>et al.</i> *	2003	Combinados	287.7	0.148	-1.76	4.08
Puerto Madero, Chiapas, Mex.	Sanchez de Ita*	2004	Combinados	240	0.138	-2.98	3.90
	De la Cruz	2007	Combinados	315	0.104	-1.69	4.01
			Hembras	315	0.106	-1.642	4.02
			Machos	310	0.102	-1.86	3.99
Noreste de Taiwán	Joung <i>et al.</i>	2008	Combinados	332	0.084	-2.76	3.96
			Hembras	341	0.077	-3.03	3.95
			Machos	315	0.091	-2.32	3.95
Costa chica de Oaxaca, Mex.	Presente trabajo*	2010	Combinados	279	0.084	-3.68	3.81

* Retrocálculados

Por último se considera que la presión de pesca es más intensa sobre los primeros estadios ontogénicos, sobre todo en los juveniles tal como lo mencionan otros autores (Joung *et al.*, 2008), de manera lógica a un mayor número de organismos juveniles las tasas de crecimiento pueden ser sobreestimadas (Cailliet *et al.*, 1992; Anislado-Tolentino, 2008).

Los parámetros de crecimiento obtenidos en este trabajo para esta especie presentan concordancia con los parámetros que se han obtenido en los diferentes estudios de crecimiento de *C. falciformis*, ya que el índice estándar de crecimiento (ϕ') obtenido en este estudio se encuentra dentro de los valores publicados con anterioridad ($\phi' = 3.97$, $s = 0.07$, Tabla 6).

SELECTIVIDAD A LA TALLA DE CAPTURA POR LA PESQUERÍA

Al igual que en este estudio, en otros lugares, la talla de reclutamiento a la pesquería de *C. falciformis* se encuentra aproximadamente a los 75 cm de LT (Branstetter, 1987; Bonfil *et al.*, 1993; Oshitani *et al.*, 2003; Sánchez de Ita, 2004; Joung *et al.*, 2008; presente estudio), lo que indica que esta especie presenta hábitos pelágico-costeros donde los juveniles encuentran alimento o zonas de refugio y los adultos incursionan por alimento o por eventos reproductivos de manera ocasional o estacional (Stevens *et al.*, 2000; Muñoz-Chapuli, 1985).

Aún cuando en los trabajos realizados por Bonfil *et al.* (1993) se encuentran los ejemplares más grandes capturados para esta especie y para este tipo de estudio, es necesario tomar en cuenta que la mayor presencia de juveniles puede alterar de manera significativa la verdadera tasa de crecimiento, ya que Vetter (1988) y Musick (1999), mencionan que una sobre estimación en estos parámetros básicos tan importantes pueden generar errores de gran importancia en las estrategias pesqueras, por lo que se propone realizar un seguimiento a este tipo de estudios, toda vez que se ha reportado reducciones en talla y edad de madurez sexual como estrategia de autorregulación propia de las poblaciones sujetas a sobreexplotación (Walker, 1992; Frisk *et al.*, 2004; Baum y Myers, 2004; Anislado-Tolentino, 2008).

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Las descripciones de la especie mencionan una talla al nacer es de 70 a 87 cm de LT (Compagno, 1984), en este estudio se reporta una longitud al nacer dentro del intervalo reportado por otros autores (Branstetter, 1987; Bonfil *et al.*, 1993; Oshitani *et al.*, 2003; Sánchez de Ita, 2004; De la Cruz, 2007; Joung *et al.*, 2008).

Talla Promedio de Madurez

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, las tallas promedio de madurez son menores a las reportadas por otros autores (Tabla 7), sin embargo estos resultados no pueden equipararse por completo ya que las muestras empleadas para los distintos estudios fueron tomadas en diferentes zonas, y el tamaño de muestra difiere considerablemente, siendo menor en este estudio. De acuerdo con los resultados, los valores obtenidos, deben ser tomados con las precauciones del caso. La mayor frecuencia de machos en las capturas (machos: $n = 118$; hembras: $n = 61$) indica de manera indirecta que el área de captura está siendo mayormente usada por los machos, por lo que el sesgo de muestreo puede ser alto dado que de acuerdo al comportamiento de segregación que los elasmobranquios presentan es probable que las hembras capturadas no representen el grueso de la población (Springer, 1967, Muñoz-Chapuli 1985, Anislado-Tolentino, 2008) y por ello esté subestimada la edad de madurez en las hembras potencializando las precauciones a tomar con la edad determinada en este trabajo para las hembras.

En la gran mayoría de trabajos realizados sobre la reproducción de tiburones se confunde el estado de madurez sexual con el estado materno, lo que conlleva a generar una serie de errores que son acumulativos en la evaluación de la dinámica poblacional de especies explotadas (Walker, 2005).

En el presente trabajo el predominio de observación de hembras gonadalmente maduras y en la mayoría de los registros sin crías, promovió la estimación de la talla promedio de madurez y no la materna, siendo siempre menor la primera que la segunda. Lo anterior se ve expresado en la distribución de tallas que se presentan por la selectividad de las artes de pesca, tal como puede ser observado en las tallas de madurez reportadas por Branstetter (1987); Bonfil *et al.* (1993); Oshitani *et al.* (2003); Joung *et al.* (2008), quienes obtuvieron sus muestras a partir de las pesquerías de mediana altura y de altura, donde se capturan a los organismos más grandes de los tiburones de importancia comercial (Santana *et al.*, 1998).

Tabla 7. Tallas Promedio de Madurez para *C. falciformis* obtenidas en diferentes zonas de estudio.

Autor	Sexo	LT (cm)	Edad (años)
Branstetter, 1987	Hembras	> 225	7 o 8
	Machos	212.5	9.3
Bonfil <i>et al.</i> 1990	Hembras	248-260	
	Machos	240	
Oshitani <i>et al.</i> 2003	Hembras	145 – 150*	6 o 7
	Machos	135 – 140*	5 o 6
Joung <i>et al.</i> 2008	Hembras	210 – 220	9.2 a 10.2
	Machos	212.5	9.3
Cruz-Ramírez <i>et al.</i> 2008	Hembras	166 – 174	
	Machos	169 – 174	
De la Cruz, 2007	Hembras	177	6 o 7
	Machos	168	6
Presente estudio	Hembras	120	3
	Machos	145	5

*Longitud Precaudal

Otros estudios han demostrado diferencias entre regiones, en las características de la historia de vida reproductiva de otras especies de tiburones, que pueden ser más grandes en la parte norte del Pacífico mexicano, mientras que en el hemisferio sur las tallas de primera madurez la alcanzan a tallas y edades menores, estas diferencias reproductivas se han

reportado dentro de una población, así como entre poblaciones de distintas regiones, lo cual se puede atribuir a diferenciación genética o a plasticidad fenotípica (Driggers *et al.*, 2004).

LONGEVIDAD Y MORTALIDAD

Para el presente estudio, la longevidad de los organismos fue mayor a la reportada por Bonfil *et al.* (1993), quien sugiere para esta especie en el Golfo de México una longevidad de 22 años y a las estimadas por De la Cruz (2007) en Puerto Madero, Chiapas, reportando 24 y 23 años para hembras y machos respectivamente, por otra parte, Joung *et al.* (2008) obtuvo longevidades similares en el noreste de Taiwan, reportando para hembras 35 años y para machos de 26 años aproximadamente, lo cual se puede deber a las tallas observadas, a variaciones geográficas y/o de muestreo.

En el presente estudio los valores por mortalidad de pesca alcanzan el 56%, lo cual se considera por arriba de una pesquería sustentable ya que Gulland (1971) y Musick (1999), proponen que esta tasa debe de ser equiparativa con la tasa de explotación al 50%, por otro lado Beerkircher *et al.* (2003) obtiene una mortalidad por pesca menor (8.9%), esas diferencias pueden deberse en principio a la selectividad del arte de pesca, ya que los valores más altos pertenecen a una pesquería enfocada a juveniles.

Sin embargo es necesario tomar estos datos con la debida precaución, debido a los sesgos de muestreo y a las posibles diferencias en las tasas de crecimiento, mismas que afectan los valores de la mortalidad natural (Hoening, 1983), disminuyendo los valores de mortalidad natural para este estudio en particular.

De acuerdo con los resultados del presente estudio se considera a *C. falciformis* una especie de crecimiento lento, donde los valores de mortalidad demuestran que se debe evitar una explotación irracional del recurso, en el caso particular de la región de estudio es necesario incrementar el esfuerzo científico y tecnológico, no solo para esta especie sino para las demás especies que forman parte de los organismos capturados, con la finalidad de contar con las bases futuras para el ordenamiento pesquero regional, que la Ley general de pesca y acuacultura sustentable tienen como prioridad nacional y que se ve reflejada con anterioridad por la NOM-029-Pesc (SAGARPA, 2007).

8. CONCLUSIÓN

La función potencial que explica la relación entre la longitud de troncho la longitud total, permite que sea usada como una herramienta para estimar la longitud total de los organismos de *Carcharhinus falciformis* desembarcados y procesados.

La estructura de tallas aquí reportada está sustentada principalmente por organismos juveniles y pre-adultos, lo que permitió solamente identificar cinco grupos de edad.

El uso de vértebras sirvió para confirmar grupos de talla-edad no representados en los gráficos de frecuencias, sin embargo ambos métodos nos brindaron una buena aproximación al crecimiento de *Carcharhinus falciformis*, considerando que deben de ser estudios complementarios.

La talla de madurez sexual estimada para hembras en promedio fue de 120 cm de LT (3 años) y para machos en promedio fue de 145 cm de LT (5 años), mientras que su longevidad es de 32 años.

La pesquería actual presenta indicios de sobrepesca, desde que la talla de selectividad fue de 95.8 cm de LT con una edad aproximada de 1.5 años, pasando por mortalidades de 60% en el caso de la total, con un 56 % de mortalidad por pesca. Por lo cual, se sugiere profundizar con los estudios biológicos para adecuar la NOM-029-Pesc.

9. RECOMENDACIONES

Las muestras obtenidas para este estudio fueron de primera mano, con lo que se logró obtener una mayor confiabilidad en los datos, aunque la muestra de vértebras fue reducida, sirvió para confirmar la estructura de edades obtenidas. Debido a que al final del muestreo de este estudio se observó una tendencia a procesar la captura realizando un corte que solo excluía aletas pectorales canastilla branquial, mandíbulas y morro, se recomienda la exploración sobre el uso de vértebras caudales.

De acuerdo con los resultados de este trabajo y dada la validez del uso de las vértebras como estimador de edad, se recomienda aumentar el tamaño de muestra, así como la periodicidad del muestreo biológico, permitiendo tener mayor representatividad tanto de sexos como de tallas.

Una recomendación importante es apoyarse en muestreos biológicos que permitan reducir el sesgo de muestreo ocasionado por la selectividad de la pesca, como el caso de las hembras en el presente estudio.

Uno de los aportes relevantes de esta tesis se refiere a la ecuación de recuperación de datos el cual se recomienda sea aplicado en futuros trabajos de la especie reduciendo costos y esfuerzos en ellos.

10. LITERATURA CITADA

- Acal, D. E., S. R. Soriano-Velásquez, J. L. Castillo-Géniz, C. Ramírez-Santiago y F. Sancho-Vásquez. 2002. Estructura de la comunidad de tiburones en la pesquería artesanal del Golfo de Tehuantepec, México. En: Resumen del VIII Congreso Nacional de Ictiología. Pp. 54.
- Alejo-Plata M. C., G. Cerdanars L. de G y G. González-Medina. 2002. La pesca de tiburón en la costa chica de Oaxaca. En: Mem. I Foro Científico de Pesca Ribereña. INP CRIP Guaymas Sonora. México.
- Alejo-Plata M. C., G. Cerdanars L. de G y G. González-Medina. 2006. La Pesca de Tiburón en la Costa Chica de Oaxaca, México: 2000-2003 pp. 22-38. En S. Salas, M.A. Cabrera, J. Ramos, D. Flores y J. Sánchez, (eds). Memorias Primera Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, Yucatán, 4-8 Octubre, 2004.
- Alejo-Plata, C., J. L. Gómez-Márquez, S. Ramos y E. Herrera. 2007. Presencia de neonatos y juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) en la costa de Oaxaca, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 42(3):403-413.
- Anislado-Tolentino, V. y C. Robinson M. 2001. Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico central de México. Ciencias Marinas. 27(4): 501-520.
- Anislado-Tolentino, V. 2008. Demografía y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Elasmobranchii) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado. UNAM. D.F. México. 215 p.
- Anislado-Tolentino V, M. Gallardo C., F. Amezcua L. y C. Robinson M. 2008. Edad y crecimiento del tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) de la costa sur de Sinaloa, México. Hidrobiológica. 18(1): 31-40.
- Araya, M. y L. Cubillos. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. Gayana 66(2): 161-179.

- Badan, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano., en: M. F. Lavín, editor, Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana; p 99 -112.
- Baum, J. K. and R. A. Myers. 2004. Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecology Letters*, 7: 135–145
- Beamish, R. J. y D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983.
- 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.
- Bhattacharya. 1967. A simple method of resolution of juvenile estuarine and inshore fish. *J. Fish Biol.* 17:143-162.
- Bizarro J. J., W. D. Smith, J. L. Castillo-Geniz, A. Ocampo-Torres, J. F. Marquez-Farias y R. E. Hueter. 2009. The seasonal importance of small coastal sharks and rays in the artisanal elasmobranch fishery of Sinaloa, Mexico. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences.* 4(4):513-531.
- Bonfil, R., R. Mena y D. de Anda. 1993. Biological parameters of Commercially Exploited Silky Sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, Mexico. NOAA Technical Report NMFS, 115, pp. 73-86.
- 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: 161-173.
- Brennan, J. A. and J. E. Palmer. 1977. Variability of q as measured by variation in daily catch per effort. *ICANF. Sel. Pap.* 111-136.
- Brenes, C. L. A. Hernández y J. Campos. 2000. Distribución espacial de capturas de tiburón en el Pacífico Nicaragüense y su relación con algunas variables oceanográficas. *Revista Biología Tropical.* 48(2-3).
- Cadena-Cárdenas, L. 2001. Biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis Profesional. UABCS.

- Cailliet G. M., H. F. Mollet., G. G. Pittenger., D. Bedford, y L. J. Natanson., 1992. Growth and demography of the pacific angel shark (*Squatina californica*), based upon tag returns off California. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 43:1313-1330.
- Cailliet G. M., W. D. Smith, H. F. Mollet. & K. J. Goldman, 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes* 77 (3): 211-228.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of fish Biology*. 59: 197-242.
- Carlander K. W. 1969. *Handbok of Freshwater Fishery Biology*, Volumen 1. USA. 764p.
- Casey, J. G., H. L. Pratt, Jr. y C. E. Stillwell. 1985. Age and growth of the sandbar shark (*Carcharhinus plumbeus*) from the northwestern Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:963 – 975.
- Castillo, L., F. Márquez, J. Uribe, R. Bonfil, D. de Anda, R. Mena, R. Vélez y D. Mendizábal. 1996. La pesquería de tiburón en México. en: INP. *Pesquerías Relevantes de México*. Tomo I. México. INP. 365-415.
- Castro, J. I. 1993. The harks nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Environmental Biology Fishes*. 38:37-48.
- Castro, J. I. 1996. *The sharks of north American waters*. Texas A&M University Press, College Station. Texas. U. S. 180 p.
- Chang W. Y. B., 1982. A statistical methods for evaluating the reproducibility of agedetermination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 39: 1208-1210
- Chen Y. D., A. Jackson., y H. H. Harvey., 1991. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modeling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciencies*. 49: 1228 - 1235

- Chong R., J. 2003. 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 Licenciatura. UMAR. Oaxaca. México. 66 p.
- Compagno, L. 1984. FAO Species Catalogue. Sharks of the world. An Annotated and Illustrated Catalogue of shark species know to date. Carcharhiniformes. FAO fisheries Sinopsis Número 125. Vol. 4. Parte 2: 655.
- Cruz-Ramírez, A., C.Ramírez Santiago, S. R. Soriano Velásquez y D. Acal Sánchez. 2008. Biología y reproducción del tiburón tunero (*Carcharhinus falciformis*) en aguas oceánicas del litoral de Manzanillo, Colima, México. En: Men. III Simposium Nacional de Tiburones y Rayas. Facultad de Ciencias, UNAM. C. U. México.
- Defeo, O., F. Arreguín-Sánchez, y J. Sánchez., 1992. Growth study for the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three length-based methods. *Scientia Marine*. 56: 53-59.
- De la Cruz, H. Z. 2007. Edad y crecimiento del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) registrado en el Golfo de Tehuantepec. Instituto Tecnológico de Boca del Río. Tesis de Licenciatura. 64p.
- Diaz-Uribe, J. G., D. Audelo-Ramos y G. González-Medina. 1999. Informe Técnico final del Proyecto “Caracterización de la Pesca Ribereña de la costa oaxaqueña: Río Copalita-Pinotepa Nacional”. Universidad del Mar. Oax.
- Driggers WB, D.A. Oakley, G. Ulrich, J. K. Carlson, B. J. Cullum y J.M. Dean. 2004. Reproductive biology of *Carcharhinus acronotus* in the coastal waters of South Carolina. *Journal of Fish Biology* (64):1540-1551.
- F. A. O. 1995. Guia FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II. FAO. Roma. Italia. 649-1200 p.
- F. A. O. 2006. Informe del Taller sobre evaluación y manejo de elasmobranquios en America del Sur y Bases regionales para planes de acciones (DINARA/FAO) Montevideo, Uruguay. Informe de Pesca No. 798. Roma. 55 p.
- Francis, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *J.Fish Biol.*36: 883-902.

- Frisk M. G., T. J. Miller, y N. K. Dulvy., 2004. Life histories and vulnerability to exploration of elasmobranchs: inferences from elasticity, perturbation and phylogenetic analyses. *e-J. Northw. Atl. Fish. Sci.* Vol. 34:1-19.
- Gulland J. A., 1971. *The fish resources of oceans*. FAO / Fishing News Books. LTD. Surrey England.
- Garrick, J.A.F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA Technical Report NMFS 445. U.S. Dept. of Commerce. 194 p.
- Gómez-Márquez, J. L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. Fes Zaragoza UNAM. México. D. F. 89 p.
- Gayanilo, F. C. Jr., P. Sparre y D. Pauly. 2002. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT). Software versión 1.2.0. FAO. Roma, Italia.
- Guerra S. A. y J. L. Sánchez L. 1998. Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos. Ed. ACRIBIA, S. A. Zaragoza. España. 249 p.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall/CRC. Florida.
- Hilborn, R.R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective. Confrontating models with data. Princeton University Press, 330 pp.
- Hoening J. M., 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. *Fish Bull.* 82: 898-893.
- Holden M. J. & D. F. S. Raitt. 1974. Manual of fisheries science. Part 2 – Methods of Resource Investigation and their Application. FAO Fisheries Technical Paper T115Rev.1. 225p.
- Hoyos-Padilla, E. M., B. P. Ceballos V. y F. Galvan-Magaña. 2002. Biología reproductiva de el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de Baja California Sur, México. Memorias del VIII Congreso Nacional de Ictiología.
- Joung, S. J., C. T. Chen, H. H. Lee y K. M. Liu. 2008. Age, growth, and reproduction of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, in northeastern Taiwan waters. *Fisheries Research* 90: 78-85.
- Kessler, S.W. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*. 69: 181-217.

- Leonce-Valencia, C., y O. Defeo., 1997. Evaluation of three length-based methods for estimating growth in tropical fishes: the red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). *Sci. Mar.* 61: 297-303.
- Munro J. L., y D. Pauly., 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte* 1: 5-6.
- Muñoz-Chapuli, 1985 Analysis of demersal shark catch in northeast Atlantic (27degrees-n-37degreesn) and Alvoreal sea (western mediterranean) Investigación pesquera. 49(1:121-136))
- Musick J. A., 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. *Fisheries*. 24 (12): 6-14.
- Musick, A.J. y R. Bonfil. 2004. Elasmobranch fisheries management techniques. APEC Secretariat. 337 p.
- Oshitani, S., H. Nakano y S. Tanaka. 2003. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the Pacific Ocean. *Fisheries Science*; 69: 456-464.
- Pauly D., y J. L. Munro., 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2: 21.
- Pauly D. y Binohlan. 1996. FishBase and AUXIM as tools for comparing life-history patters, growth and Natural mortality of fish: Applications to snappers and groupers, p. 218-243. In Arreguín-Sánchez, J., L. Munro, M. Balgos & D. Pauly (eds). *Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers*. ICLARM Conf. Proc. 48, 449 p.
- Ramos Carrillo, S., G. Cerdaneres L. de G., G. González Medina y M. C. Alejo Plata. 2006. La pesquería de pelágicos mayores con embarcaciones menores en la costa de Oaxaca, México. *Memorias XIV Congreso Nacional de Oceanografía*. Manzanillo, Colima)
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* (191):382 p.
- Rivera, M. J., F. Gálvan-Magaña y B. Shirasago. 2003. Abundancia de tiburones y su relación con factores ambientales en Baja California Sur, México. En: *Men. I Foro Científico sobre Tiburones y Rayas*. INP CRIP Guaymas, Son. México.

- Ronquillo-Benitez, C. 1999. Aspectos biológicos y pesqueros del tiburón de aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de las aguas de Golfo de Tehuantepec, Chiapas, México. Tesis Profesional. UNAM.
- Ruiz-Alvarado, C. L. 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.
- SAGARPA. 2007. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable. SAGARPA. México. 119 p.
- Sánchez de Ita., J. A. 2002. Determinación de la edad del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en aguas de la costa occidental de Baja California Sur. Tesis Profesional. UMAR. 66 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. IPN-CICIMAR. 63 p.
- Santana H. H., R. Macías Z. & J. J. Valdez F. 1998. Selectividad del sistema de palangre utilizado por la flota mexicana en la Zona Económica Exclusiva. Ciencias Marinas 24(2):193-210.
- Soriano-Velásquez, S. R., D. E. Acal, C. Galvan T. y J. L. Castillo-Géniz. 2003. Aspectos reproductivos de cuatro especies de tiburón (Orden Carcharhiniformes) del Golfo de Tehuantepec. I Foro de Intercambio Científico sobre Tiburones y Rayas: Biología, Ecología y Pesquerías.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca, No. 306.1 Rev. 2.
- Springer S., 1967. Social organization of shark population. In: Gilbert. P. W., R. F. Mattheewson., y D. Rall., (Eds). Sharks, Skates and Rays. (The Johns Hopkins Press Baltimore, Maryland. 624 p.
- Stevens J. D., Bonfil S. R., N. K. Duluy, y P. A. Walker., 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 476-494.

- Tovar A., J. 2000. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes 1839) en el Golfo de México. Tesis de Maestría en Ciencias. UNAM. D. F. México. 68 p.
- Trasviña, A. y E. D. Barton. 1997. Los “Nortes” del Golfo de Tehuantepec: la circulación costera inducida por el viento. en: M. F. Lavín, editor, Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana; p.25-46.
- Villavicencio-Garayzar., C. J. 1996. Pesquería de tiburón y cazón en: Estudio del potencial pesquero y acuícola de la Baja California Sur. Casas-Valdez, M. y G. Ponce-Díaz (editores). 305-316 p.
- Vetter E. F., 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: A review. *Fish. Bull.* 86 (1): 25-43.
- Walker T. I., 1992. Fishery simulation model for sharks applied to the gummy shark, *Mustelus antarcticus* Günther, from Southern Australian Waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 195-212.
- Walker, T. I. 2005. Reproduction in Fisheries Science en: Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes Sharks, Batoids and Chimeras. W. C. Hamlett (editor). 81-128 p.
- Zar, Jerrold H., 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th Edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ. 931 pp.