

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS



EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN PILOTO
Carcharhinus falciformis (BIBRON, 1839) EN LA COSTA
OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ DE ITA

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

JUNIO 2004



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 4 del mes de junio del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN PILOTO *Carcharhinus falciformis*
(BIBRON, 1839) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

SÁNCHEZ
Apellido paterno

DE ITA
materno

JOSÉ ANTONIO
nombre(s)

Con registro:

B	0	2	0	7	5	6
---	---	---	---	---	---	---

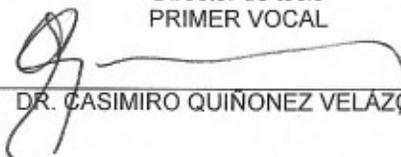
Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL


DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ

PRESIDENTE


DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SECRETARIO


MC. ROBERTO FÉLIX URAGA

SEGUNDO VOCAL


DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

TERCER VOCAL

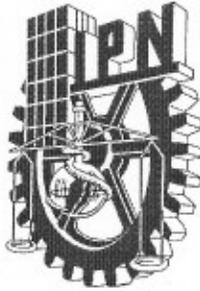

DR. OSCAR SOSA NISHIZAKI

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


DR. FRANCISCO ARREGUIN SÁNCHEZ



I. P. N.
CICIMAR
DISEÑO



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 03 del mes Junio del año 2004, el (la) que suscribe JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ DE ITA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B020756 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN PILOTO *Carcharhinus falciformis* (BIBRON, 1839) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jsanchezi@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ DE ITA

nombre y firma

Dedicatoria

A tu memoria Manuel, por todo lo que compartimos y me enseñaste. Gracias hermano.

A mis padres Josefina y Refugio, porque nunca dejaré de agradecerles tanto amor y tanto apoyo, gracias por estar siempre conmigo.

A mis hermanos, por el constante apoyo y cariño brindados, gracias.

Agradecimientos

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por los apoyos económicos brindados durante la realización de los estudios de Maestría.

A la M. C. Reyna Alvarado Castillo (Q. E. P. D.) por abrirme las puertas en el Laboratorio de Edad y Crecimiento del CICIMAR.

Al Dr. Felipe Galván Magaña con gratitud, admiración y respeto, por su constante apoyo y por su característica sonrisa ¡Gracias Doctor!

Al Dr. Casimiro Quiñónez Velázquez, por la dirección de este trabajo, y por sus siempre oportunos consejos. Gracias Doctor.

A la comisión revisora integrada por Dr. Felipe Galván Magaña, M. C. Roberto Félix Uraga, Dr. Andrés Abitia Cárdenas, Dr. Oscar Sosa Nishizaki, y Dr. Agustín Hernández Herrera.

Agradezco especialmente al M. C. Felipe Neri Melo Barrera, por su constante disposición en cualquier momento para discutir conmigo puntos importantes en la elaboración de este trabajo. Gracias Neri.

A ti Noemí, por llenar de vida cada momento compartido y por tu constante apoyo, ¡Gracias!

A todos mis amigos y compañeros del CICIMAR: Maribel, Juan Manuel (Huata), José

Ángel, Concepción (Concho), Fco. Javier Gutiérrez (Pancheiro), José Luis López, Dana, Marcela, Xchel, Ofelia, Carmen, Nallely, y especialmente a todos los que me falta mencionar en esta lista tan especial.

A Susana Cárdenas y Malva Miguel, por el apoyo brindado en la Unidad de Cómputo del CICIMAR.

A mi primo Carlos, por tu gran amistad de hermano y por tu valiosa y oportuna ayuda a distancia con las dudas acerca del equipo de cómputo ¡Gracias primo!

A mi gran amigo de toda la vida, Juan Carlos Ramírez Villena, por tantos y tantos momentos compartidos en nuestra juventud. Gracias amigo, para ti y tu apreciable familia con gran respeto y cariño.

A los pescadores, grupo social de hombres trabajadores, a los cuales generalmente recurre el investigador para obtener información con el fin de conocer más acerca de nuestros recursos marinos.

A todos ellos, y a ti lector, gracias.

Reconocimiento

Este trabajo de tesis se realizó con material del proyecto “Ecología de Elasmobranchios de Baja California Sur”, dirigido por el Dr. Felipe Galván Magaña, con apoyo del Instituto Politécnico Nacional.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
GLOSARIO.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
Caracteres distintivos de <i>Carcharhinus falciformis</i>	6
Hábitat y biología.....	7
Distribución geográfica.....	8
Pesquería de <i>Carcharhinus falciformis</i>	9
III. OBJETIVOS.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos particulares.....	12
IV. ÁREA DE ESTUDIO.....	13
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
Actividades en campo.....	16
Actividades en laboratorio.....	17
Análisis de datos.....	19

VI. RESULTADOS	22
Estructura de tallas	23
Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total.....	24
Identificación y conteo de las marcas de crecimiento	25
Temporalidad de la depositación de las marcas de crecimiento	26
Estructura de edades	27
Retrocálculo	29
Estimación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy	29
VII. DISCUSIÓN	33
Registro de <i>Carcharhinus falciformis</i> en el estudio	33
Estructura de tallas	34
Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total.....	36
Identificación y conteo de las marcas de crecimiento	38
Temporalidad de la depositación de las marcas de crecimiento	39
Estructura de edades	43
Retrocálculo	44
Estimación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy	44
VIII. CONCLUSIONES	49
IX. RECOMENDACIONES.....	50
X. LITERATURA CITADA	51

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Tiburones piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> registrados durante el estudio.....	22
Tabla 2. Tallas promedio por grupo de edad obtenidas a partir del retrocálculo para <i>Carcharhinus falciformis</i>	30
Tabla 3. Valores de LT estimada, incremento anual y porcentaje de LT estimada con respecto a L_{∞} , obtenidos a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para <i>Carcharhinus falciformis</i>	32

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. <i>Carcharhinus falciformis</i> (tiburón piloto) (Tomado de FAO, 2000).....	7
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Carcharhinus falciformis</i> (Tomado de la FAO, 2000).....	9
Figura 3. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo	14
Figura 4. Longitud total de <i>Carcharhinus falciformis</i> y región donde fueron tomadas las muestras de vértebras	17
Figura 5. Esquema del plano del corte longitudinal utilizado en este trabajo (Modificado de Cailliet <i>et al.</i> , 1983)	18
Figura 6. Sección de un corte de vértebra de <i>Carcharhinus falciformis</i> con 6+ marcas de crecimiento. Se indican el foco (F), el radio (R), banda opaca (BO), banda hialina (BH), <i>corpus calcareum</i> (CC), la <i>intermedialia</i> (I) y la marca de nacimiento (MN)	19
Figura 7. Distribución de frecuencias de tallas de <i>Carcharhinus falciformis</i> ; a) hembras; b) machos.....	23
Figura 8. Distribución de frecuencias de tallas de <i>Carcharhinus falciformis</i> para sexos combinados	24
Figura 9. Relación entre el radio de la vértebra cervical (RV) y la longitud total (LT), considerando ambos sexos de <i>Carcharhinus falciformis</i>	25
Figura 10. Porcentaje de bordes opacos en <i>Carcharhinus falciformis</i> durante un ciclo anual	26

Figura	Página
Figura 11. Desarrollo de embriones de tiburón piloto durante el periodo de estudio.....	27
Figura 12. Distribución de frecuencias de edades de <i>Carcharhinus falciformis</i>; a) hembras; b) machos.....	28
Figura 13. Distribución de frecuencias de edades de <i>Carcharhinus falciformis</i> para sexos combinados	29
Figura 14. Curva de crecimiento de von Bertalanffy generada con datos del retrocálculo para sexos combinados de <i>Carcharhinus falciformis</i>.....	31

GLOSARIO

Corpus calcareum. En las vértebras de tiburones representa la parte más calcificada (Ashley & Chiasson, 1988) (Figura 6).

Foco. Origen hipotético o real de una estructura esquelética a ser examinada. Generalmente se refiere a escamas pero puede ser usado en un sentido amplio para espinas y radios de aletas, vértebras u otolitos (Wilson *et al.*, 1983).

Gonopterigio. En los tiburones machos representa la aleta pélvica modificada como órgano utilizado para la copulación, el cual transfiere esperma directamente al interior de las hembras, de manera semejante al pene de los mamíferos (Ferguson & Cailliet, 1990).

Intermedialia. En las vértebras de tiburones, representa la parte con menor grado de calcificación (Ashley & Chiasson, *op cit.*) (Figura 6).

Muesca precaudal. Marca ubicada en la parte posterior del dorso, justo antes del origen de la aleta caudal de tiburones (Garrick, 1982).

RESUMEN

Se describe la edad y el crecimiento del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* capturado frente a dos localidades de la costa occidental de Baja California Sur, México, durante agosto del 2000 a octubre del 2002. En total se registraron 252 tiburones principalmente durante junio a noviembre de cada año. La edad fue estimada a partir de las marcas de crecimiento en las vértebras de 145 organismos. Las hembras tuvieron longitudes entre 88 y 230 cm de longitud total (LT), con moda en 180 cm LT. Los machos tuvieron longitudes entre 142 y 260 cm LT, con moda en 193 cm LT. La relación entre el radio de la vértebra y la LT mostró una tendencia rectilínea con un elevado coeficiente de determinación ($r^2 = 0.94$), lo cual sugiere que las vértebras son estructuras adecuadas para realizar estimaciones de edad y describir el crecimiento en esta especie. Se asumió que una marca de crecimiento tiene una temporalidad anual y la banda opaca se deposita durante verano – otoño. Los grupos de edad encontrados para las hembras fueron de 2 a 16 años, con moda en el grupo de 8 años. Los grupos de edad para machos fueron de 3 a 14 años, con moda en el grupo de 7 años. Los parámetros estimados del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para sexos combinados son $L_{\infty} = 240$ cm LT, $k = 0.138$ año⁻¹ y $t_0 = - 2.98$ años. El modelo de crecimiento indica que el tiburón piloto en la costa occidental de B. C. S. crece en promedio 20 cm 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 en los próximos 4 años, y finalmente 3 cm/año o menos después de los 11 años de edad.

ABSTRACT

The present study estimated the age and pattern growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* in the western coast of Baja California Sur, Mexico, from August 2000 to October 2002. A total of 252 silky sharks were registered mainly during June to November of every year. The age was estimated from the growth marks in the vertebral centra of 145 specimens. The size of females ranged between 88 to 230 cm total length (TL), with mode of 180 cm LT, whereas the size of the males ranged between 142 to 260 cm TL, with mode of 193 cm LT. A significant linear relationship ($r^2 = 0.94$) was found between the vertebrae radius and LT, showing a proportional growth between the structure and TL, that which suggests that the vertebrae are appropriate structures to carry out age estimates and to describe the growth in this species. It was assumed that a growth mark has an annual temporality and the opaque band is deposited during summer-autumn. The estimated age in females ranged between 2 to 16 years old, with mode in the 8 year-old group, whereas in the males the age groups fluctuated between 3 and 14 years old, with mode in the 7 year-old group. The parameters of the von Bertalanffy growth model for combined sexes were $L_\infty = 240$ cm TL, $k = 0.138 \text{ year}^{-1}$ and $t_0 = -2.98$ years. The growth model indicates that silky shark in the western coast of B. C. S. grows in average 20 cm during the first year of life, 16 cm/year between 2 and 4 years old, 10 cm/year between 5 and 7 years old, 6 cm/year in the next 4 years, and finally 3 cm/year or less after 11 years old.

I. INTRODUCCIÓN

A escala mundial se han observado disminuciones importantes en las capturas de tiburones (FAO, 1998a); en las últimas dos décadas, el interés comercial y la explotación de estos animales han aumentado significativamente (Anderson, 1990a; Cailliet & Tanaka, 1990; FAO, 1998b) debido a que de ellos se obtienen preferentemente las aletas, ingrediente esencial en un platillo oriental que representa uno de los productos pesqueros más costosos del mundo. De los tiburones también se aprovecha la carne, cada vez más aceptada en el mercado mundial (Compagno, 1990; Bonfil-Sanders, 1997); sin embargo la piel, mandíbula, dientes, hígado y la columna vertebral son generalmente subutilizados (Pratt & Casey, 1990; García-Gómez, 2000).

Los tiburones junto con las rayas y mantas, pertenecen al grupo de peces cartilaginosos denominado Elasmobranquios (Parker & Parker, 1999). Muchas de las especies de este grupo tienen ciertas semejanzas con los cetáceos y mamíferos terrestres (Cailliet & Tanaka, 1990; Hoenig & Gruber, 1990), debido a que presentan edades tardías de primera reproducción, tasas de crecimiento y fecundidades bajas, así como periodos relativamente largos de gestación (Holden, 1974, 1977; Anderson, 1990b; Watts, 2001). Este conjunto de características típicas de organismos con estrategia de vida "k", produce especialmente en tiburones, que el reclutamiento dependa directamente del tamaño del "stock" (Compagno, 1990; Hoenig & Gruber, 1990; Natanson *et al.*, 1995), lo cual los hace un grupo muy susceptible a la sobreexplotación (Natanson & Cailliet, 1990; Natanson *et al.*, 1995).

Desde el punto de vista biológico-pesquero, los tiburones no han recibido la atención suficiente por parte de científicos de muchos países tales como México, los cuales cuentan con importantes pesquerías de tiburones (Bonfil *et al.*, 1990), y en los que la

explotación de estos animales se ejerce prácticamente durante todo su ciclo de vida, ya que los individuos recién nacidos son capturados por diversas pesquerías ribereñas, mientras que los juveniles y adultos son capturados por las pesquerías dirigidas a varias especies objetivo (García-Gómez, 2000). Como sucede en diferentes lugares del mundo, los tiburones en México representan un grupo potencialmente amenazado, ya que soportan pesquerías sin reglamentación, y que aunado a su bajo potencial reproductivo los hace candidatos idóneos a la extinción (Castro-Aguirre & Balart-Páez, 1993).

En algunas pesquerías de tiburones se han determinado parámetros de crecimiento y reproducción para algunas especies; sin embargo para la mayoría de ellas, no se dispone de datos básicos como composición por especies, esfuerzo de pesca, sexo, talla y edad de las capturas, datos necesarios para la evaluación adecuada de las poblaciones (FAO, 1998a; Tovar-Ávila, 2000). De estos datos, la talla, edad y los parámetros de crecimiento son fundamentales en todo plan de manejo dirigido hacia la explotación racional de los recursos pesqueros, y permiten dar seguimiento a su dinámica poblacional (Holden & Raitt, 1975; Pike III, 1991; Natanson *et al.* 1995). Además, el núcleo de cualquier plan de manejo está en función de la evaluación del stock, la cual depende de la estimación adecuada de la estructura de edad de las especies (Pike III, *op cit.*).

Determinando la edad se puede llegar a definir el tiempo de vida de las especies, identificar las clases anuales que componen un "stock", determinar la edad de primera madurez y de reclutamiento, así como realizar estimaciones de las tasas de crecimiento (Ehrhardt, 1981), estas últimas de vital importancia en la evaluación de la dinámica y estructura poblacional de las especies explotadas (Holden & Raitt, 1975).

Son varios los métodos que se han desarrollado y aplicado para determinar la edad en elasmobranquios. El análisis de frecuencias de longitudes ha sido una de las técnicas más comúnmente empleadas; otra técnica utilizada, aunque con resultados limitados, es

el uso de caracteres sexuales secundarios (Cailliet *et al.*, 1986). Sin embargo, un método que tiene gran importancia por su amplio potencial en la determinación de edad, es el uso de las marcas de crecimiento presentes en las espinas y vértebras de muchas especies de elasmobranquios (Haskell, 1949; Applegate, 1967; Hoenig, 1979; Cailliet *et al.*, 1983).

Gran parte de la información existente de edad y crecimiento en tiburones ha sido obtenida a partir de contar bandas opacas e hialinas en sus vértebras cartilaginosas. Ridewood (1921) fue el primero en observar y describir las marcas de crecimiento depositadas en las vértebras de tiburones y rayas. Posteriormente Haskell (1949) sugirió que estas marcas podían ser usadas en la determinación de edad de tiburones. A partir de entonces, esta técnica ha sido aceptada, perfeccionada y utilizada ampliamente. Las vértebras son parte de la columna vertebral en donde el *centrum* crece en forma radial, depositando marcas de crecimiento en función de cambios en el metabolismo a través del tiempo (Ehrhardt, 1981). También se ha documentado que la formación de marcas está influenciada tanto directa como indirectamente por los cambios estacionales de luz o temperatura (Cailliet *et al.*, 1986; Branstetter, 1987a).

En México son pocos los trabajos publicados para la mayoría de especies de tiburones. El tiburón *Carcharhinus falciformis* o tiburón piloto, es una de las especies más abundantes en diferentes océanos del mundo, incluyendo las costas de la República Mexicana; sin embargo, son escasos los estudios de edad y crecimiento publicados sobre este tiburón. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es determinar la edad y describir el crecimiento para esta especie, capturada frente a dos localidades de la costa occidental de Baja California Sur (B. C. S.), utilizando las marcas de crecimiento presentes en las vértebras.

II. ANTECEDENTES

En México es escasa la información acerca de la situación biológica y pesquera de la mayoría de especies de tiburones. Villavicencio-Garayzar *et al.* (1997), mencionan que para las especies presentes en las costas de la República Mexicana, gran parte de las publicaciones son notas breves sobre aspectos de distribución, taxonomía, reproducción y alimentación.

En cuanto a edad y crecimiento, a escala mundial existen investigaciones realizadas con algunas especies de tiburones. En el Océano Atlántico se han realizado trabajos en *Carcharhinus limbatus* y *C. brevipinna* (Branstetter, 1987), *Rhizoprionodon terraenovae* (Branstetter, 1987a), *C. obscurus* (Natanson *et al.*, 1995), *C. plumbeus* (Sminkey & Musick, 1995), *Sphyrna tiburo* (Carlson & Parsons, 1997), *C. porosus* (Lessa & Marcante-Santana, 1998) y *Galeocerdo cuvier* (Natanson *et al.*, 1999) entre otros. En el Océano Pacífico, se encuentran estudios realizados para *C. leucas* (Thorson & Lacy, 1982), *Carcharodon carcharias* (Cailliet *et al.*, 1985), *Squatina californica* (Natanson & Cailliet, 1990) y *Mustelus manazo* (Cailliet *et al.*, 1990; Yamaguchi *et al.*, 1996) entre otros.

En México son varios los trabajos desarrollados sobre aspectos de edad y crecimiento en tiburones. Por ejemplo, algunos de ellos en el Pacífico mexicano son los de Anislado-Tolentino (1995) y Andrade-González (1996), quienes trabajaron con *Sphyrna lewini*; Ribot-Carballal (2003) lo hizo con *Isurus oxyrinchus* en la costa occidental de B. C. S. Por otra parte, algunos de los trabajos realizados en el Golfo de México, son los de Álvarez (1988) con *Rhizoprionodon terraenovae* y con *S. tiburo*; en esta misma región Cruz-Martínez (2000) y Tovar-Ávila (2000) trabajaron con *C. leucas* y *C. limbatus* respectivamente.

Para *Carcharhinus falciformis* se encuentran los trabajos de Springer (1960), Bane (1966)

y Stevens (1984) quienes proporcionan información general de las características físicas observadas en este tiburón.

En el Pacífico mexicano, Ronquillo-Benítez (2000) reportó parámetros biológico-pesqueros de *Carcharhinus falciformis* en el Golfo de Tehuantepec. Para las costas de B. C. S., Cadena-Cárdenas (2001), Hoyos-Padilla (2003) y Cabrera-Chávez (2003) trabajaron con esta especie, los dos primeros con aspectos de biología reproductiva, y el tercero con aspectos de alimentación.

Dentro de las publicaciones referentes a edad y crecimiento para el tiburón piloto, se encuentran varios trabajos realizados en el Golfo de México, como los de Branstetter & McEachran (1986) y Branstetter (1987b), que estimaron la edad y crecimiento de poblaciones del Noroeste del Golfo de México; este último autor reportó un intervalo de tallas de 82 a 267 cm LT; también registró que las hembras maduran a los 225 cm LT (7–9 años), mientras que los machos lo hacen a los 210 - 220 cm LT (6–7 años); los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy que determinó este autor para sexos combinados, fueron $L_{\infty} = 291$ cm LT, $k = 0.153$ año⁻¹ y $t_0 = -2.2$ años.

En el banco de Campeche (Golfo de México), Bonfil *et al.* (1993) determinaron para *C. falciformis* edades máximas de 22 y 20 años para hembras y machos respectivamente. Encontraron que las hembras maduran entre los 232 y 245 cm LT (mayores de 12 años), mientras que los machos lo hacen a los 225 cm LT (aproximadamente 10 años). Con respecto a los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, estimaron para sexos combinados los valores de $L_{\infty} = 311$ cm LT, $k = 0.101$ año⁻¹ y $t_0 = -2.718$ años.

En el Océano Pacífico occidental, Yoshimura & Kawasaki (1985) observaron las tasas de crecimiento en juveniles de *Carcharhinus falciformis*. En el Océano Pacífico central, Oshitani *et al.* (2003) realizaron el trabajo más reciente sobre edad y crecimiento para

esta especie, observando hasta 13 y 8 marcas anuales en las vértebras de hembras y machos respectivamente. Reportaron que las hembras maduran entre los 145 y 150 cm de longitud precaudal (LP) (aproximadamente a los 6 – 7 años), mientras que los machos lo hacen a los 130 cm (LP) (aproximadamente a los 5 – 6 años). Los valores de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy para sexos combinados que Oshitani *et al.* (2003) reportaron fueron $L_{\infty} = 216.4$ cm (LP), $k = 0.148$ año⁻¹ y $t_0 = 1.76$ años.

Caracteres distintivos de *Carcharhinus falciformis*

Para el tiburón piloto se ha reportado una longitud máxima de 330 cm LT (Garrick, 1982; FAO, 2000). Esta especie tiene cuerpo alargado y esbelto, con hocico estrechamente redondeado, moderadamente largo, con una longitud del morro igual o ligeramente menor que el ancho de la boca, pero mayor que la distancia internarinal; espiráculos ausentes; dientes de la mandíbula superior con cúspides relativamente angostas y bien delimitadas de las bases robustas y aserradas, sus bordes externos escotados; dientes de la mandíbula inferior verticales, simétricos, con bases anchas y sus bordes sólo levemente aserrados (Compagno *et al.*, 1995). La primer aleta dorsal 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, su borde interno $2 \frac{1}{4}$ veces la altura de la aleta (Castro, 1983), y su origen situado aproximadamente por encima del origen de la anal; aletas pectorales más largas y falciformes en los adultos. Cresta interdorsal presente.

A partir de la muesca precaudal de los tiburones del género *Carcharhinus*, Garrick (1982) dividió en dos regiones la columna vertebral de estos organismos. La región anterior a esta escotadura la llamó precaudal, mientras que la posterior la denominó caudal. Asimismo afirmó que *Carcharhinus falciformis* posee de 98 a 106 vértebras precaudales, y de 98 a 110 caudales, teniendo en total de 199 a 215 vértebras.

El color de este tiburón en el dorso es gris oscuro, gris marrón o azul negruzco (cuando está vivo); el vientre es grisáceo o blanco (Figura 1).

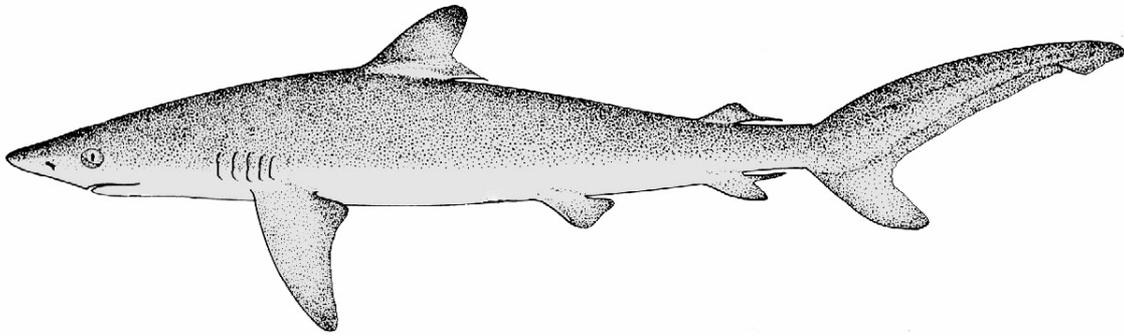


Figura 1. *Carcharhinus falciformis* (tiburón piloto) (Tomado de FAO, 2000).

Hábitat y biología

A escala mundial se conoce parte de la biología de *Carcharhinus falciformis* debido a su frecuente presencia en las capturas de atunes, picudos y otras especies (Bane, 1966; Stevens, 1984; Bonfil *et al.*, 1993).

Este tiburón vive en aguas oceánicas, aunque también habita aguas costeras, cerca de la superficie; sin embargo, en ocasiones alcanza profundidades de hasta 500 metros (Compagno *et al.*, 1995; Allen, 1999). En aguas del Golfo de Guinea, Bane (1966) reportó que *C. falciformis* fue capturado en estaciones donde la temperatura y salinidad superficiales fueron de 24.5 a 28.8° C, y 34 a 34.83 ‰ respectivamente.

Al igual que otros tiburones del mismo género, como *Carcharhinus obscurus* (Villavicencio-Garayzar, 1996b), el tiburón piloto se segrega por sexos, por lo que el apareamiento ocurre sólo durante un periodo corto de tiempo, cuando los miembros de ambos sexos están juntos (Strasburg, 1958).

El tiburón piloto es una especie con tipo de reproducción vivípara, y el número de

embriones por camada varía en diferentes áreas geográficas. En el Océano Pacífico oriental es generalmente de 2 a 14 (Compagno *et al.*, 1995), aunque se han registrado de 1 a 16 (Oshitani *et al.*, 2003). En aguas del Golfo de California se han registrado de 1 a 12 embriones por camada, los cuales al nacer miden entre 70 y 87 cm LT (Compagno, 1984; Cadena-Cárdenas, 2001). En la costa occidental de B. C. S., Hoyos-Padilla (2003) registró de 2 a 9 embriones. Por otra parte, en aguas del Banco de Campeche se reportó que las hembras tienen de 10 a 12 crías por camada, con una longitud de 76 cm LT al nacer (Bonfil *et al.*, 1993).

Estudios realizados en aguas del Golfo de México y del Golfo de California, muestran que esta especie tiene un periodo de gestación de 12 meses y paren posiblemente cada 2 años (Branstetter, 1987b; Bonfil *et al.*, 1993; Cadena-Cárdenas, 2001).

El tiburón piloto es una especie muy veloz que a menudo causa daños en los artes de pesca en las pesquerías del atún (Compagno *et al.*, 1995). Bane (1966) reportó que este tiburón se asocia y se alimenta de los atunes aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y barriletes (*Katsuwonus pelamis*), comiendo también calamares y pulpos pelágicos. En la costa occidental de Baja California Sur, Cabrera-Chávez (2003) encontró que esta especie se alimenta principalmente de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y macarela (*Scomber japonicus*).

Distribución geográfica

El tiburón piloto es una especie circumtropical (FAO, 2000); en el Océano Atlántico occidental se encuentra desde Massachusetts hasta el sur de Brasil, incluyendo el Golfo de México y el Mar Caribe. Se ha registrado también en el Océano Atlántico central hasta las Rocas de San Paulo. En el Océano Atlántico oriental se encuentra en Madeira, España, y de Senegal al norte de Angola, en África. En el Océano Índico se encuentra en

Madagascar, Mozambique, Tanzania, Comores e Isla Aldabra, entre Somalia e Islas Maldivas, Omán, Mar Rojo y Sri Lanka. En el Océano Pacífico occidental se encuentra en Tailandia, Filipinas, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda y China (incluyendo la Isla de Taiwán). Por otra parte, en el Océano Pacífico central y oriental, esta especie se encuentra en las Islas Carolinas, Hawai, Phoenix y Line, extendiéndose a las Islas Cocos, Revillagigedo, Clipperton y Malpelo (Compagno, 1984). Recientemente Oshitani *et al.* (2003) registraron *Carcharhinus falciformis* a lo largo del Océano Pacífico central.

En la costa oriental del Océano Pacífico, se encuentra desde la Península de Baja California, hasta Perú (Compagno, 1984) (Figura 2).

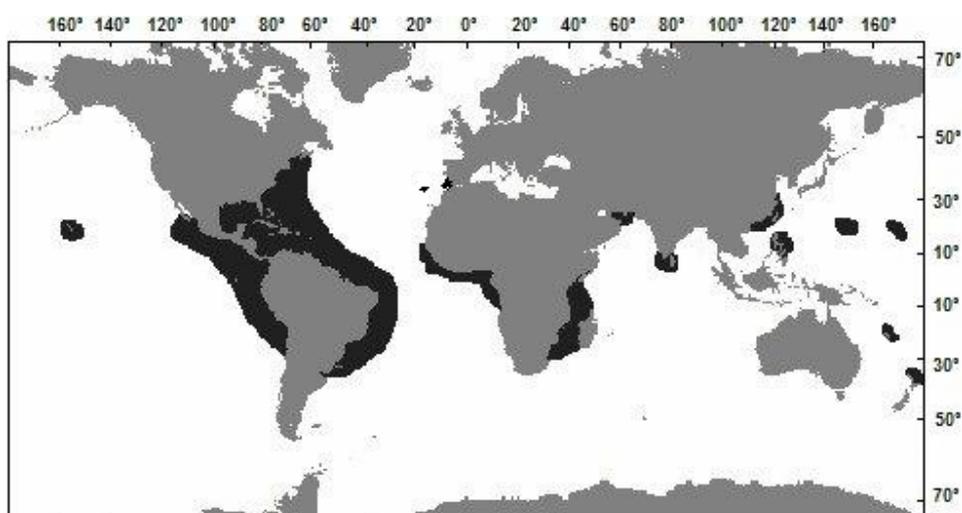


Figura 2. Distribución geográfica de *Carcharhinus falciformis* (Tomado de FAO, 2000).

Pesquería de *Carcharhinus falciformis*

La pesca de tiburón piloto se realiza en toda su zona de distribución (Compagno, 1984,1990), y para su captura generalmente se emplean palangres de superficie, redes fijas de fondo y en algunos lugares también redes de enmalle de superficie (Compagno *et al.*, 1995).

Esta especie pertenece a la familia Carcharhinidae, que en el Océano Pacífico central oriental representa a uno de los grupos más importantes de tiburones desde el punto de vista económico (Compagno, 1990; Compagno *et al.*, 1995; Jennings *et al.*, 2001). El tiburón piloto es una especie incidental capturada con red de cerco en el Océano Pacífico oriental, representando el 25% de todos los tiburones capturados (Au, 1991); además, comprende del 2 al 30% de los tiburones capturados en las pesquerías de palangre en el Océano Pacífico (Matsunaga & Nakano, 1996).

De las aproximadamente 400 especies vivientes de tiburones identificadas hasta la fecha (Compagno *et al.*, 1995; Parker & Parker, 1999), alrededor de 100 se han observado en aguas mexicanas (Applegate *et al.*, 1979), y la explotación de especies como *C. falciformis*, constituye fundamentalmente una pesquería de tipo artesanal ribereña multiespecífica. Considerando todas las especies, tal pesquería representa del 60 al 80% de las capturas nacionales de tiburón (Rose, 1998; Sosa-Nishizaki, com. pers. CICESE, México).

Las áreas de mayor abundancia pesquera de tiburones en México son, en el Océano Pacífico, el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec. En este último, en el estado de Chiapas, el principal equipo de pesca utilizado para tiburón es la red agallera de superficie con abertura de malla de 25 a 30 cm, siendo *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis* las especies que soportan el 89.3% de la captura total de la flota artesanal, donde *C. falciformis* ocupa el segundo lugar contribuyendo con el 43 % en las capturas de tiburón en esa zona (Ronquillo-Benítez, 2000; Soriano-Velásquez *et al.*, 2000). Chong-Robles & Alejo-Plata (2002) reportaron que del 2000 al 2002 en Puerto Ángel Oaxaca, México, el tiburón piloto representó más del 90% de la captura en esa localidad.

Con base en capturas comerciales de tiburón, se ha determinado que cerca de 40 especies, incluyendo *Carcharhinus falciformis*, son explotadas en las costas de la

Península de Baja California (Villavicencio-Garayzar, 1996a). Dicha pesquería opera de acuerdo a la disponibilidad estacional de los organismos, y se caracteriza por ser poco desarrollada y de rendimientos económicos limitados (Castillo-Géniz, 1992). Galván-Magaña *et al.* (1989) y Villavicencio-Garayzar *et al.* (2000) reportaron que este tiburón representa una de las especies más frecuentemente capturadas en aguas de la costa oriental de B. C. S.

Los productos del tiburón piloto son comercializados en el mercado dentro de la categoría “primera especial”, por lo que es considerado una especie objetivo en la pesca comercial artesanal en las costas del Océano Pacífico y Golfo de California (Cadena-Cárdenas, 2001). Al igual que otras especies de tiburones, *Carcharhinus falciformis* se captura principalmente por sus aletas y por su carne, esta última comercializada fresca y seca-salada, además de constituir parte importante en la dieta de diversos grupos de asentamientos humanos en la costa (Cadena-Cárdenas, 2001; Watts, 2001).

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la edad, describir el crecimiento y la estructura por tallas y edades del tiburón *Carcharhinus falciformis* que se captura en la costa occidental de Baja California Sur, México

Objetivos particulares

Describir la estructura de tallas

Establecer la relación entre el radio de la vértebra y la longitud total de los tiburones

Contar el número de marcas de crecimiento presentes en las vértebras

Determinar la temporalidad de la depositación de las marcas de crecimiento

Describir la estructura de edades

Estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, utilizando la herramienta del retrocálculo

IV. ÁREA DE ESTUDIO

Punta Lobos y Punta Belcher se ubican entre los 23° 25´ latitud norte, 110° 14´ longitud oeste, y los 24° 34´ latitud norte, 112° 05´ longitud oeste, en la costa occidental de Baja California Sur (Figura 3), donde la plataforma continental alcanza hasta 70 km de ancho (Salinas-González, 1987).

La península de Baja California está ubicada aproximadamente entre las latitudes 23 y 33° N, en una franja de poca nubosidad, con escasa dispersión de energía y alta evaporación. Existen condiciones locales que afectan significativamente el balance energético de la región, lo que conduce en general a un déficit hídrico. El clima de la zona litoral de la península de Baja California, de los 23 a los 28° N es de tipo BW (muy seco) (Zárate-Vidal, 1991). El balance de lluvias no es igual a través de la península y se caracteriza por presentar inundaciones y sequías que producen, por una parte, gran cantidad de agua en verano e invierno, y por otra un déficit de la misma en primavera y otoño. La precipitación media anual en Bahía Magdalena es de 93 mm. Punta Lobos se encuentra próxima a la localidad de Todos Santos, y en este último lugar la precipitación media anual es de 150 mm (INEGI, 1996).

La costa occidental de Baja California se encuentra influenciada por dos grandes sistemas de corrientes, la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial. La primera transporta aguas de origen subártico hacia el sur, entre los 46 y los 23° de latitud norte; la segunda transporta aguas de origen tropical, caracterizadas por valores altos de temperatura y salinidad, y bajos niveles de oxígeno disuelto. Esta corriente y la de California se interconectan en las proximidades de Cabo San Lucas y Cabo Corrientes (Sverdrup *et al.*, 1942).

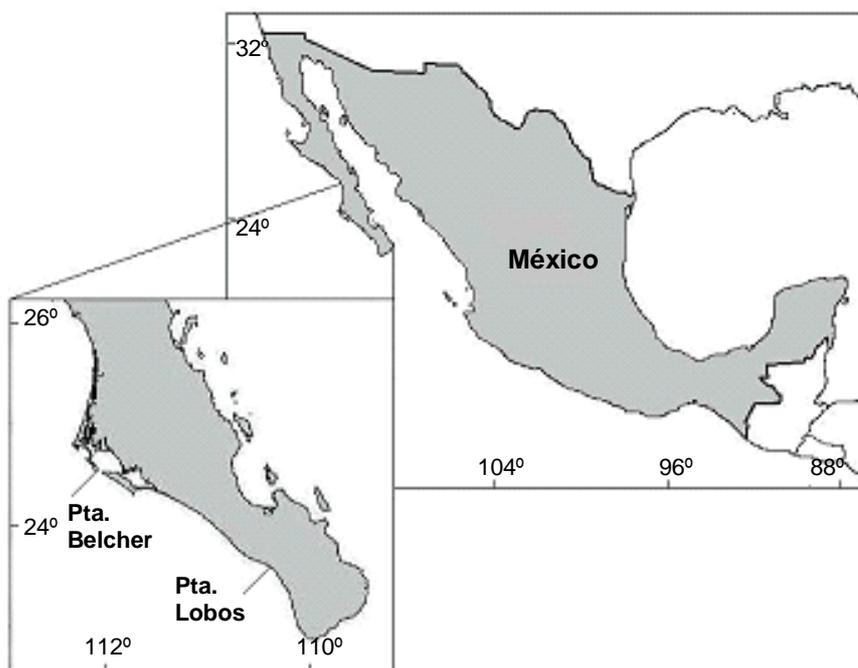


Figura 3. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo.

Frente a la costa occidental de la península de Baja California, las características de la Corriente de California, cuya salinidad y temperatura son 34.6‰ y 20° C respectivamente, predominan en toda la zona; sin embargo, cerca de la costa estas características pueden alterarse debido a surgencias y contraflujos (Wooster & Reid, 1963; Gómez y Vélez, 1982). Algunos de los contraflujos como la contracorriente de California, fluyen desde la boca del Golfo California hasta latitudes mayores.

Las zonas donde se capturaron los tiburones piloto que se registraron en el presente trabajo, se encuentran dentro de la Zona de Dominio Ecuatorial, que abarca desde Punta Eugenia hasta Cabo San Lucas (Gómez & Vélez, 1982). En la Zona de Dominio Ecuatorial durante la primavera, tanto la temperatura como la salinidad son menores que el promedio anual. Las desviaciones estacionales de temperatura son positivas (valores por encima del promedio) en verano y otoño, y negativas en invierno. En cuanto a

salinidad, las desviaciones son positivas en otoño e invierno, y negativas en verano (Gómez & Vélez, 1982). En esta zona, se ha registrado el máximo desarrollo de surgencias en primavera, asociado a menores temperaturas y salinidades con respecto al promedio anual (Wooster & Reid, 1963; Gómez & Vélez, *op cit*).

En cuanto a la presencia de masas de agua en la zona, Gómez & Vélez (1982) sugirieron que frente a la costa occidental de Baja California Sur se localiza la Masa de Agua que Roden & Groves (1959) denominaron como Ecuatorial, misma que recibió el nombre de Masa de Agua Superficial Subtropical por Wyrcki (1967).

V. MATERIAL Y MÉTODOS

Actividades en campo

Durante agosto del 2000 a octubre del 2002 se realizaron visitas mensuales a los campamentos pesqueros dedicados a la captura de tiburón, ubicados en Punta Lobos y Punta Belcher. En estas dos localidades los pescadores capturaron a los tiburones a una distancia de la costa entre 30 y 40 millas náuticas aproximadamente. Los artes de pesca que emplearon fueron redes de enmalle de deriva y palangres de superficie. Las redes tuvieron 200 m de largo por 25 m de caída y luz de malla de 10 y 12 pulgadas. Para el caso de los palangres, la línea principal tuvo una longitud de 1250 brazas (2.09 km Aprox.), de la cual colgaban ramales con 2 anzuelos del No. 4 cada uno; la distancia entre un ramal y otro fue de 10 brazas (16.7 m) aproximadamente.

Una vez desembarcados los tiburones, se identificó la especie *Carcharhinus falciformis* utilizando las claves de Compagno *et al.* (1995). Cada tiburón fue colocado con la parte ventral hacia abajo y con el lóbulo superior de la aleta caudal en línea con el eje del cuerpo, es decir en posición natural; se midió con un flexómetro (± 1 cm) y se registró la longitud total (LT); se determinó el sexo por medio de la presencia de gonopterigios para el caso de machos, y la ausencia de los mismos para hembras. Una vez que los pescadores destazaban el cuerpo de los tiburones, se tomaron secciones de vértebras de la región cervical (junto al cráneo) (Officer *et al.*, 1996) (Figura 4), ya que éstas fueron las más fáciles de obtener en los campamentos y las recomendadas por el Dr. Greg Cailliet (com. pers. Moss Landing, California).

Cada sección de vértebras se almacenó en una bolsa de plástico con una etiqueta que incluyó el nombre de la especie, fecha, localidad y número de organismo. Cuando las hembras presentaron embriones, éstos fueron medidos (LT) y se determinó su sexo. Las

muestras de vértebras se mantuvieron en hielo hasta su traslado al Laboratorio de Ictiología del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), en la ciudad de La Paz B. C. S., México.

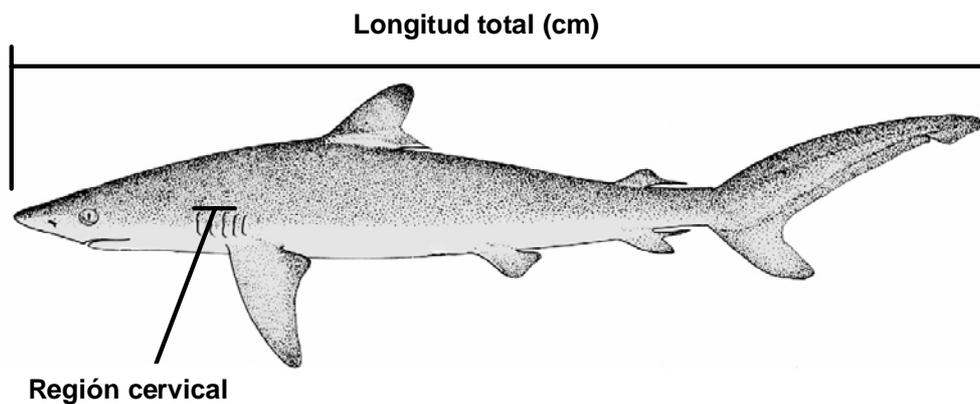


Figura 4. Longitud total de *Carcharhinus falciformis* y región donde fueron tomadas las muestras de vértebras.

Actividades en laboratorio

El exceso de tejido conectivo en las vértebras se retiró con ayuda de agua corriente, pinzas y agujas de disección. Una vez limpias, se separó una vértebra de cada organismo, se enjuagaron con agua y se secaron durante 24 horas al ambiente. Posteriormente se incluyeron en resina comercial No. 8224 utilizando moldes cuadrados de plástico. Una vez incluidas las vértebras, se realizó un corte longitudinal (Figura 5) entre 0.3 y 0.5 mm de grosor con una cortadora de baja velocidad modelo Isomet marca Buehler, y con una cuchilla marca Struers con borde de diamante, cuyo diámetro y espesor fueron de 127 y 0.6 mm respectivamente. Cada corte incluyó el foco de la vértebra (Figura 6). Los cortes se colocaron en portaobjetos y se cubrieron con resina Cytoseal XYL de la marca Stephens Scientific.

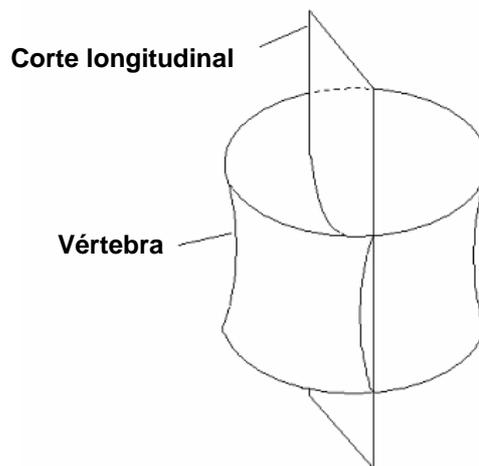


Figura 5. Esquema del plano del corte longitudinal utilizado en este trabajo (Modificado de Cailliet *et al.*, 1983).

De cada corte se obtuvo una imagen digitalizada utilizando un microscopio estereoscópico OLYMPUS modelo SZX9, conectado a una videocámara a color SONY modelo CCD-IRIS/RGB, con salida a un videomonitor PANASONIC modelo WV-5490. Este equipo a su vez estuvo conectado a una computadora. Se empleó luz reflejada con fondo negro con el objeto de observar mejor las marcas presentes tanto en el *corpus calcareum*, como en la *intermedialia*. Con ayuda del programa de computadora Sigma Scan Pro 4.0, se midió el radio de la vértebra, considerado como una línea perpendicular del foco de la estructura, al borde más distal a través del *corpus calcareum* (Figura 6).

La identificación y conteo de las marcas de crecimiento en las imágenes de las vértebras se efectuó por dos lectores simultáneamente. Se anotó el número de marcas observadas una vez que se llegó a un acuerdo. El patrón de lectura que se siguió, fue el de una banda opaca seguida por una banda hialina como una marca de crecimiento, formando así un grupo de edad, criterio utilizado por otros autores al trabajar con el tiburón piloto (Branstetter, 1987b; Bonfil *et al.*, 1993). Posteriormente, con ayuda del programa Sigma

Scan Pro 4.0 se midió el radio de cada una de las marcas de crecimiento y se registró si el borde de la vértebra era opaco o hialino.

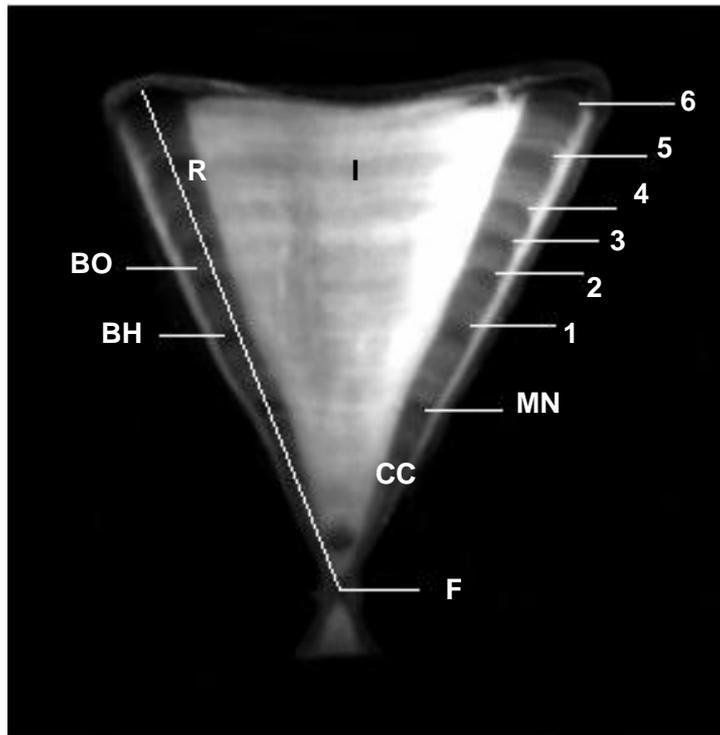


Figura 6. Sección de un corte de vértebra de *Carcharhinus falciformis* con 6+ marcas de crecimiento. Se indican el foco (F), el radio (R), banda opaca (BO), banda hialina (BH), *corpus calcareum* (CC), la *intermedialia* (I) y marca de nacimiento (MN).

Análisis de datos

Para describir la estructura de tallas, se elaboraron histogramas de las distribuciones de frecuencias de tallas de los tiburones. Con el fin de comparar los resultados del presente trabajo con los previamente realizados con *Carcharhinus falciformis* en otros puntos geográficos, se utilizó una amplitud de 5 cm en los intervalos de clase. Se compararon las distribuciones entre hembras y machos aplicando la prueba Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1981) para evaluar las diferencias en longitud.

Para establecer la relación entre el radio de las vértebras (RV) y la longitud total (LT) de los tiburones, se realizó un análisis de regresión lineal simple entre estas dos variables, para hembras y machos. Por medio de una prueba “t” para pendientes y elevaciones (Zar, 1996), se determinó si existían o no diferencias de RV vs LT entre hembras y machos.

Con el fin de determinar la temporalidad de la depositación de las marcas de crecimiento, se estimó y se graficó el porcentaje mensual de vértebras con bordes opacos (Ishiyama, 1978; Tanaka & Mizue, 1979); también se graficaron los valores del promedio mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) en la zona para los años 2000 - 2002 (NOOA, 2004), con el fin de observar la relación entre el tipo de borde con la estación del año y la TSM.

Para describir la estructura de edades, se realizaron histogramas de las distribuciones de frecuencias del número de marcas de crecimiento presentes en las vértebras tanto de hembras como de machos. Para determinar si existían diferencias significativas del número de marcas entre los sexos, se aplicó una prueba Kolmogorov–Smirnov (Sokal & Rohlf, 1981).

Para realizar el retrocálculo, se siguió el criterio utilizado por Natanson *et al.* (1995); estos autores asumieron que la relación entre la longitud del cuerpo del animal y el radio de la vértebra es lineal, pero con ordenada diferente al origen. Así, de acuerdo con Ehrhardt (1981), la relación entre el radio de la vértebra (RV) y la longitud total de un organismo (LT) está dada por:

$$LT = a + b RV$$

Donde “b” es la pendiente de la recta y “a” la ordenada al origen en la relación RV vs LT.

De la ecuación anterior, la pendiente despejada de la recta es:

$$b = (LT - a)/RV$$

Al mismo tiempo la longitud retrocalculada "L" a la edad "n" está dada por:

$$L_n = a + b r n$$

Reemplazando en esta última ecuación el valor despejado para "b", se tiene que:

$$L_n = a + (LT - a) r n/RV$$

Donde "L_n" es la longitud a la banda de crecimiento "n"; "r n" es la distancia del foco de la vértebra al radio "n"; "LT" es la longitud total del organismo; "RV" el radio total de la vértebra y "a", la ordenada al origen en la relación RV - LT.

Con la última ecuación, se realizó el retrocálculo de longitudes que tuvieron los individuos cuando se terminó de formar cada banda de crecimiento. Esto permitió contar con más información de las tallas para cada grupo de edad.

Para describir el crecimiento, se utilizó la ecuación de von Bertalanffy:

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

Donde "L_t" es la longitud a la edad "t" en años; "L_∞" es la longitud asintótica o la longitud máxima teórica; "k" es la tasa intrínseca de crecimiento y "t₀", la edad teórica a la longitud cero. Para estimar los parámetros de la ecuación se recurrió al método iterativo del módulo NON LINEAR del programa de computadora Statistica.

VI. RESULTADOS

De agosto del 2000 a octubre del 2002 se registraron 252 organismos; 149 hembras y 103 machos. En la tabla 1 se indica el número de organismos capturados por mes, presentando sus tallas mínimas y máximas. Se registraron tiburones piloto principalmente en los meses de verano y otoño, que es cuando ocurre la temporada de pesca comercial de esta especie. Para las estimaciones de la edad, se recolectaron 145 muestras de vértebras, de las cuales 89 fueron de hembras y 56 de machos.

Tabla 1. Tiburones piloto *Carcharhinus falciformis* registrados durante el estudio.

Fecha	Hembras	Mín. – Máx. (cm)	N*	Machos	Mín. – Máx. (cm)	N*
Ago-00	3	177-214	1	6	147-208	4
Sep-00	45	161-225	24	27	142-220	14
Oct-00	6	88-199	--	2	191-193	--
Nov-00	4	152-213	3	1	196	1
Ene-01	1	180	--	0	--	--
Jul-01	4	180-212	--	7	168-207	--
Ago-01	13	180-229	7	4	180-208	--
Sep-01	4	198-222	4	1	170	1
Jun-02	0	--	--	1	174	1
Jul-02	22	177-228	10	15	176-215	6
Ago-02	6	136-205	4	18	146-220	14
Oct-02	41	146-230	36	21	164-260	15
Total	149		89	103		56

* Número de muestras de vértebras

Estructura de tallas

Las tallas de las hembras tuvieron un intervalo entre 88 y 230 cm de LT, con moda en la clase 180 cm LT (Figura 7a). Los machos tuvieron longitudes totales de entre 142 y 260 cm, con una moda en 193 cm (Figura 7b).

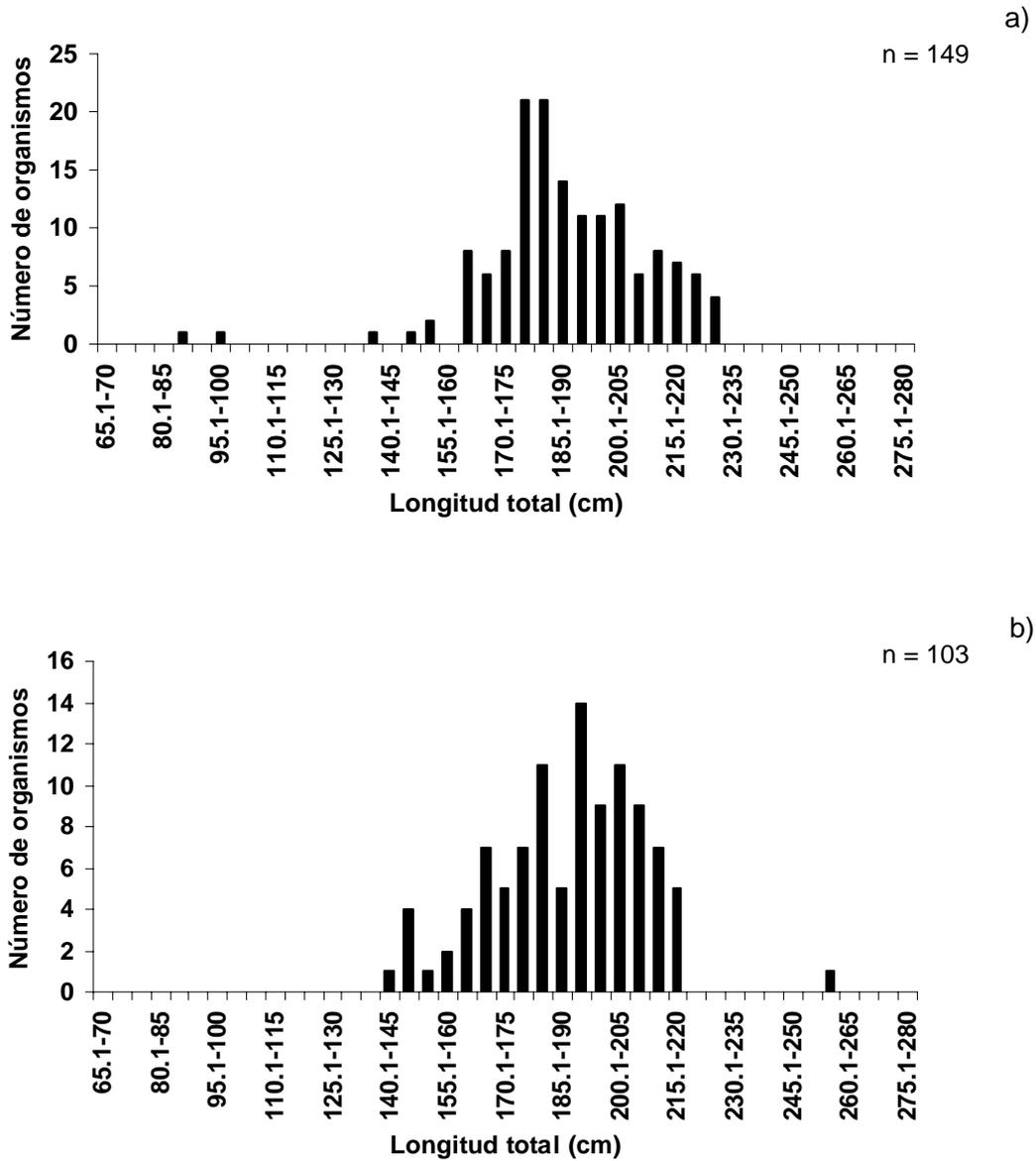


Figura 7. Distribución de frecuencias de tallas de *Carcharhinus falciformis*; a) hembras; b) machos.

De la figura 7 se observa que las hembras con tallas de 165 a 225 cm LT, representaron el 88% de las hembras registradas. Los machos con tallas de 165 a 220 cm LT, constituyeron el 87%.

El resultado de la prueba Kolmogorov – Smirnov indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre las distribuciones de frecuencias de tallas entre hembras y machos, por lo que las distribuciones se combinaron y el resultado se muestra en la figura 8. Se observa que el total de los organismos registrados tiene un intervalo de tallas de 88 a 260 cm LT. Los tiburones con tallas entre 165 y 220 cm LT representaron el 86% de los registros.

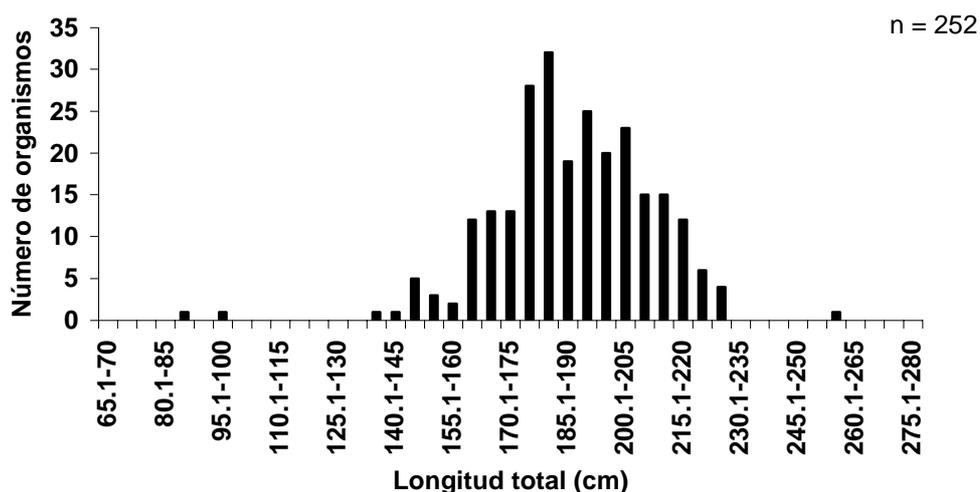


Figura 8. Distribución de frecuencias de tallas de *Carcharhinus falciformis* para sexos combinados.

Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total

En la relación RV vs LT se incluyeron vértebras de 8 embriones para ampliar el intervalo de valores observados. El resultado de la prueba “t” para pendientes y elevaciones, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre hembras y

machos, por lo que se agruparon los sexos; se calculó y se graficó la ecuación de la curva, la cual mostró una tendencia rectilínea, con un elevado coeficiente de determinación ($r^2 = 0.94$) (Figura 9). El valor de la ordenada al origen $a = 18.88$ de la relación RV vs LT, fue empleado en la ecuación del retrocálculo.

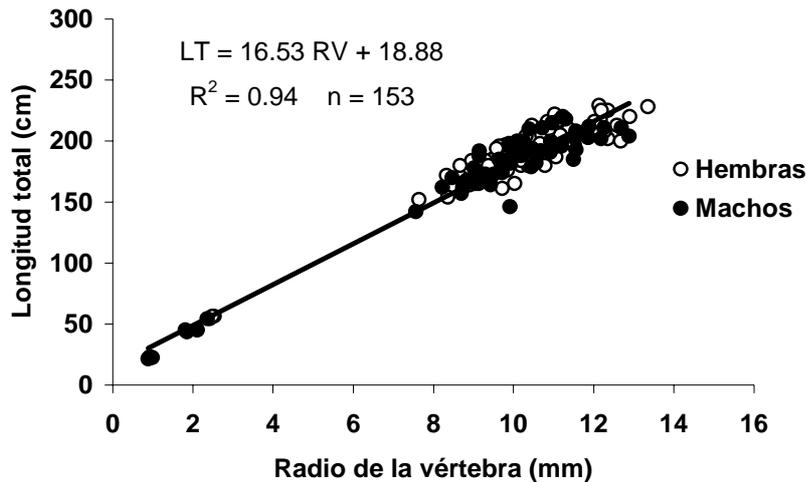


Figura 9. Relación entre el radio de la vértebra cervical (RV) y la longitud total (LT), considerando ambos sexos de *Carcharhinus falciformis*.

Identificación y conteo de las marcas de crecimiento

Las marcas de crecimiento presentes en los cortes de las vértebras fueron observadas sin necesidad de tinción (Figura 6). Se encontraron dos bandas hialinas antes de la marca de nacimiento, esta última identificada claramente como un cambio de ángulo en la parte interna del *corpus calcareum*, así como por una estrecha banda hialina sobre o muy próxima a este cambio de ángulo. A partir de la marca de nacimiento, todas las demás se contaron siguiendo el criterio de que una marca de crecimiento está representada por una banda opaca seguida de una banda hialina.

Temporalidad de la depositación de las marcas de crecimiento

Los meses en los que se obtuvieron muestras de vértebras fueron de junio a noviembre de los años 2000 al 2002; en algunos de estos meses las muestras fueron escasas, por lo que la información se agrupó por meses para representar un año tipo. Durante julio, agosto y septiembre el porcentaje de bordes opacos se mantuvo por arriba del 80%. El valor más alto se observó para el mes de octubre con el 98% de bordes opacos. El número de muestras se indica arriba de cada una de las barras en la figura 10. Para el mes de junio se contó con una muestra con borde opaco, y para el mes de noviembre se contó con 4 muestras, todas con borde opaco, lo que dio como resultado un 100%. El alto porcentaje de bordes opacos durante los meses de julio a octubre, coincidió con los valores más altos de la temperatura superficial del mar en la zona (23-26.4° C). En este trabajo se asumió con base en los resultados previos para la especie, que la formación de las marcas tuvo una periodicidad anual, con la banda opaca formándose en verano – otoño.

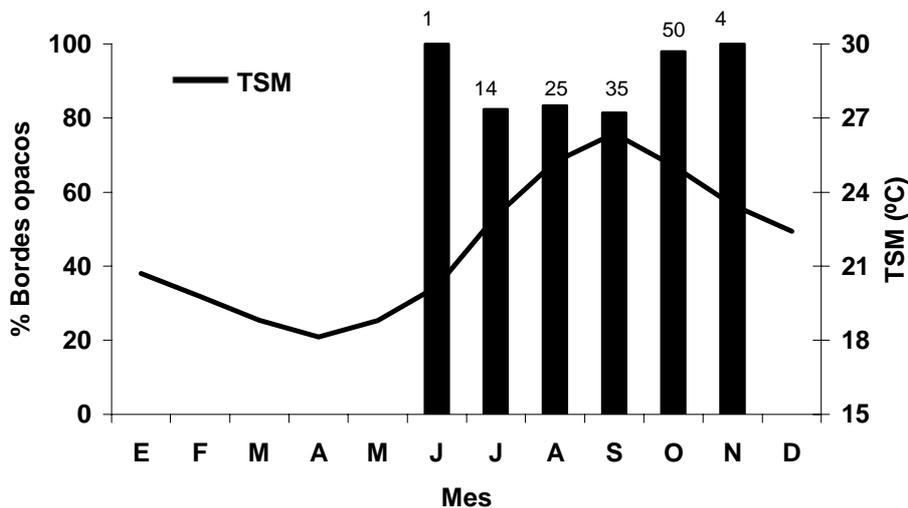


Figura 10. Porcentaje de bordes opacos en *Carcharhinus falciformis* durante un ciclo anual.

Estructura de edades

Se registraron 66 embriones en el periodo de estudio y sus tallas se agruparon en un año tipo para observar si existía un patrón de incremento de tallas a través de tiempo (Figura 11) y así determinar la época de nacimientos; sin embargo no se identificó un periodo definido, aunque embriones de tallas cercanas a 60 cm LT se registraron en julio y agosto. Para determinar adecuadamente la época de nacimientos es necesario contar con información para comparar las frecuencias de tallas entre embriones terminales (cercanos a la talla de nacimiento) y neonatos, de los cuales no se tuvo registros en este trabajo.

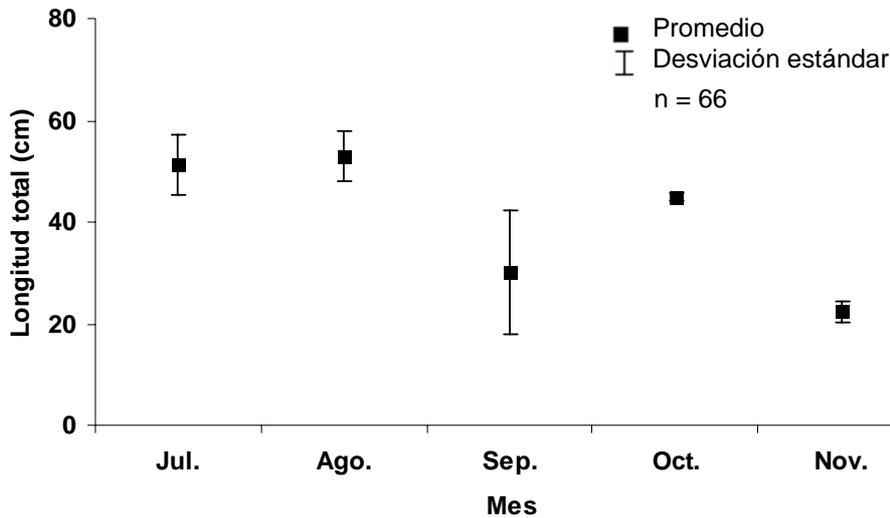


Figura 11. Desarrollo de embriones de tiburón piloto durante el periodo de estudio.

Los grupos de edad determinados para hembras fueron del 2 al 16 con moda en el grupo 8, aunque los organismos de los grupos del 5 al 9 fueron abundantes. No se registraron hembras de los grupos de edad 1, 3 y 14 (Figura 12a). Para machos, los grupos de edad fueron del 3 al 14 con moda en el grupo 7; los organismos de los grupos 6 al 10 fueron más abundantes. No hubo machos de los grupos de edad 1 y 2 (Figura 12b). Los grupos máximos de edad encontrados en este trabajo fueron de 16 y 14 años para hembras y

machos, respectivamente.

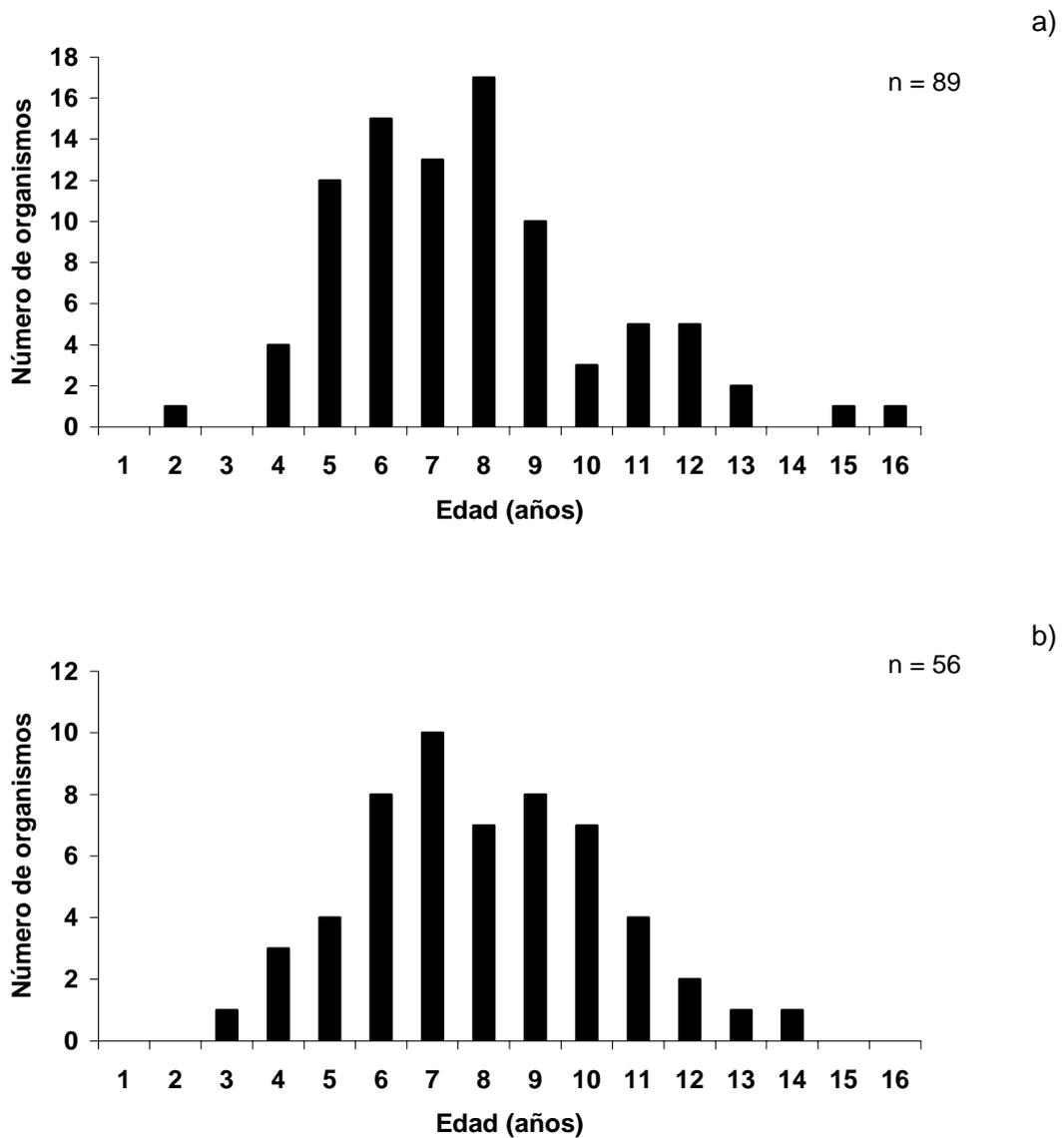


Figura 12. Distribución de frecuencias de edades de *Carcharhinus falciformis*; a) hembras; b) machos.

El resultado de la prueba Kolmogorov – Smirnov indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre las distribuciones de frecuencias de edades entre hembras y machos, por lo que las distribuciones de combinaron (Figura 13).

Tiburones de los grupos de 5 a 9 años fueron los más abundantes.

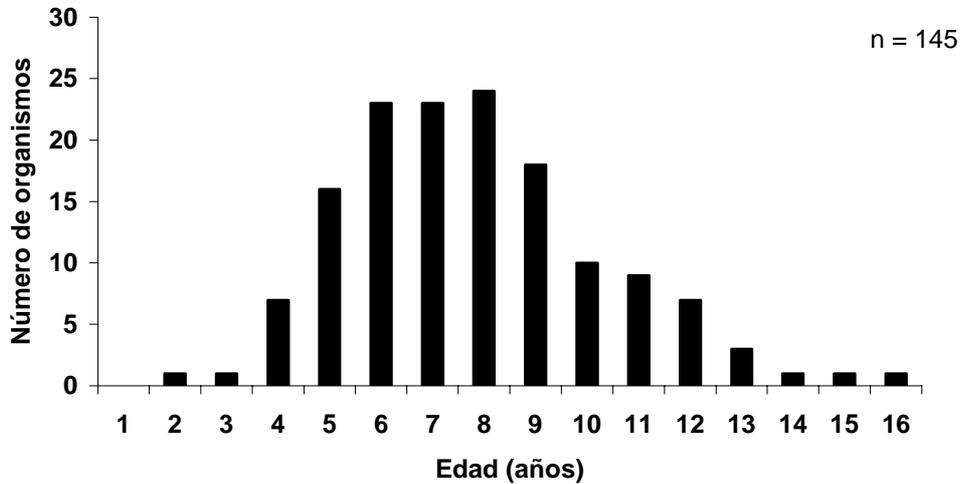


Figura 13. Distribución de frecuencias de edades de *Carcharhinus falciformis* para sexos combinados.

Retrocálculo

Después de realizar el retrocálculo en el presente trabajo, se contó con 1278 datos para obtener las longitudes promedio por grupo de edad (Tabla 2). Con el retrocálculo también se obtuvieron las tallas promedio de los tiburones cuando se formaron las dos bandas hialinas encontradas antes del nacimiento. La primera banda se formó cuando el organismo medía alrededor de 52 cm LT, y la segunda se formó cuando medía alrededor de 63 cm LT. Se observó una talla promedio al nacimiento de 76.5 cm LT.

Estimación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy

Como no se encontraron diferencias en las estructuras de tallas y edades entre machos y hembras, se ajustó el modelo de von Bertalanffy a los datos retrocalculados de sexos combinados; los parámetros obtenidos fueron $L_{\infty} = 240$ cm LT, $k = 0.138$ año⁻¹ y $t_0 = -2.98$ años (Figura 14).

Tabla 2. Tallas promedio por grupo de edad de obtenidas a partir del retrocálculo para *Carcharhinus falciformis*.

Edad (años)	LT promedio (cm)
0	76.5
1	103.6
2	121.7
3	136.3
4	149.1
5	160.4
6	169.6
7	177.6
8	185.7
9	193.3
10	198.3
11	204.7
12	208.2
13	212.0
14	215.5
15	221.3
16	225.8

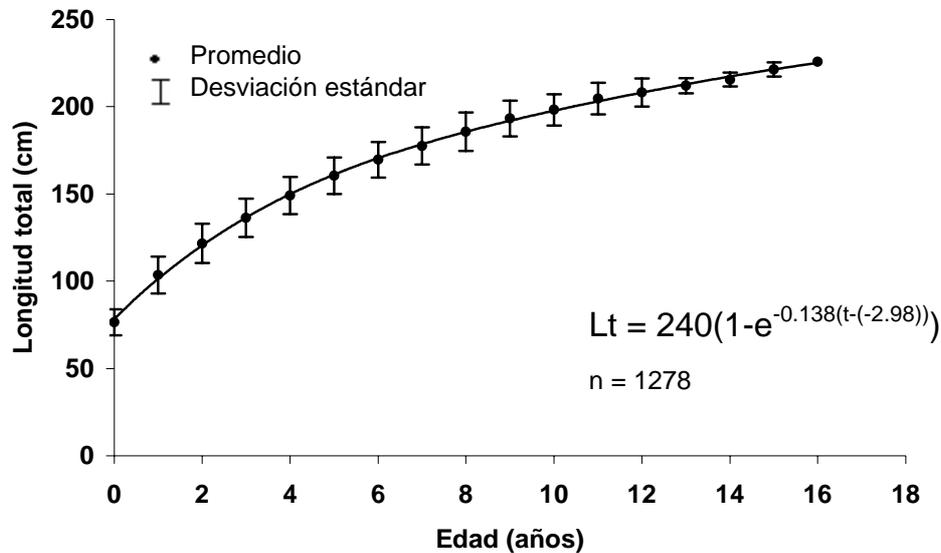


Figura 14. Curva de crecimiento de von Bertalanffy generada con datos del retrocálculo para sexos combinados de *Carcharhinus falciformis*.

Tomando 240 cm como la máxima longitud total estimada por el modelo para ambos sexos, y 180 cm LT como la talla a la cual hembras y machos alcanzan la madurez sexual en la costa occidental de Baja California Sur (Hoyos-Padilla, 2003), la madurez sexual es alcanzada aproximadamente al 75 % de la longitud máxima, a una edad aproximada de entre 7 y 8 años para ambos sexos (Tabla 3).

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy ajustado a las tallas retrocalculadas promedio por edad, muestra que el tiburón piloto registrado en la costa occidental de B. C. S. crece alrededor de 20 cm 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 en los próximos 4 años, y finalmente 3 cm/año o menos después de los 11 años de edad (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de LT estimada, incremento anual y porcentaje de LT estimada con respecto a L_{∞} , obtenidos a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para *Carcharhinus falciformis*.

Edad (años)	LT estimada (cm)	Incremento anual (cm/año)	Porcentaje de LT estimada con respecto a L_{∞}
0	80.7		33.6
1	101.2	20.5	42.2
2	119.0	17.8	49.6
3	134.6	15.5	56.1
4	148.1	13.5	61.7
5	159.9	11.8	66.6
6	170.2	10.3	70.9
7	179.2	9.0	74.6
8	187.0	7.8	77.9
9	193.8	6.8	80.7
10	199.7	5.9	83.2
11	204.9	5.2	85.4
12	209.4	4.5	87.2
13	213.3	3.9	88.9
14	216.7	3.4	90.3
15	219.7	3.0	91.5
16	222.3	2.6	92.6

VII. DISCUSIÓN

Registro de *Carcharhinus falciformis* en el estudio

En este trabajo se visitaron mensualmente durante agosto del 2000 a octubre del 2002 los campamentos de Punta Belcher y Punta Lobos, sin embargo no se registraron organismos a lo largo de un ciclo anual. Únicamente se tuvieron registros durante los meses de junio a noviembre (verano-otoño), justo durante la época de captura comercial de esta especie en la zona de estudio. Por lo tanto, se observó la aparición estacional de la especie, debida posiblemente a una migración, lo cual apoya el comportamiento descrito por autores como Hoenig & Gruber (1990) y Pike III (1991), quienes afirman que los estudios de edad y crecimiento de algunas especies de tiburones, entre ellas del género *Carcharhinus*, se dificultan debido a que las especies están presentes por periodos estacionales cortos, son altamente migratorias, y porque la población puede presentar segregación espacial por tamaño y sexo.

En varias localidades de la costa oriental de Baja California Sur también se ha observado la presencia de tiburón piloto sólo en unos meses a lo largo del año; por ejemplo, Galván-Magaña *et al.* (1989) reportaron que este tiburón, junto con *Sphyrna lewini* y *S. zygaena* presentes en aguas que rodean la Isla Cerralvo (ubicada al sur del Golfo de California), son comúnmente capturados sólo en los meses de verano (junio- agosto). Villavicencio-Garayzar *et al.* (1997) afirmaron que en El Pardito (localidad ubicada en la región sur del Golfo de California) la captura de tiburones se efectúa en primavera-verano, y que una de las especies importantes en este periodo es *Carcharhinus falciformis*. Por su parte, Cadena-Cárdenas (2001) registró en la costa oriental de Baja California la presencia de esta especie en los meses de abril a noviembre (primavera, verano y otoño). Se observa entonces que existe concordancia en las temporadas en que se registra tiburón piloto

tanto en las costas oriental y occidental de Baja California Sur, sólo que en la primera se registra desde primavera. También se advierte que ésta especie generalmente no se registra en invierno en las costas de Baja California Sur.

Por otra parte, Ronquillo-Benítez (2000) reportó esta especie al sur del Pacífico mexicano durante junio de 1996 a diciembre de 1997, con mayor porcentaje de captura en octubre, diciembre y marzo. Chong- Robles & Alejo Plata (2002) en la costa de Oaxaca, registraron la presencia del tiburón piloto únicamente en los meses de octubre a mayo.

De los reportes del sur del Pacífico mexicano, se observa que el tiburón piloto está presente en esas áreas cuando no se registra en la costa occidental de B. C. S., lo cual parece indicar un patrón migratorio desde el sur en verano y otoño, cuando la temperatura superficial del mar es mayor en B. C. S. (Cabrera-Chávez, 2003; Hoyos-Padilla, 2003). Se considera necesario realizar muestreos en las costas del Pacífico mexicano sur, con el objeto de cubrir un ciclo anual, así como implementar un programa de marcado para observar con mayor detalle las posibles rutas migratorias que sigue este tiburón a lo largo del año.

Estructura de tallas.

Al noroeste del Golfo de México, Branstetter (1987b) reportó para *C. falciformis* un intervalo de tallas para todos los organismos de 82 a 267 cm LT. En esta misma región, pero en la zona del Banco de Campeche, Bonfil *et al.* (1990) registraron para esta especie una talla modal de 275 cm LT para hembras y de 260 cm LT para machos. Posteriormente Bonfil *et al.* (1993) reportaron un intervalo de tallas para hembras de 65 a 308 cm LT, y para machos de 69 a 314 cm LT.

En la costa occidental del Golfo de California, Cadena-Cárdenas (2001) encontró un intervalo de tallas en hembras que varió entre 125 a 262 cm LT con moda en 190 cm LT,

y un intervalo de tallas en machos de 130 a 279 cm LT con moda en 180 cm LT.

En el presente trabajo las tallas de las hembras tuvieron un intervalo entre 88 y 230 cm LT, mientras que los machos tuvieron longitudes entre 142 y 260 cm LT. De estos resultados se observa que en el presente estudio ninguno de los tiburones de la especie *Carcharhinus falciformis* registrados, se acercó a la longitud total máxima de 330 cm reportada por la FAO (2000), sin embargo, se considera que se tienen registros de las tallas representativas de esta especie para la zona de estudio.

Al comparar los resultados del presente trabajo con los obtenidos por Bonfil *et al.* (1993) en el Golfo de México, se observa que para hembras y machos, los intervalos de tallas son menores que los obtenidos por aquellos autores. Los presentes intervalos de tallas así como las modas, son más parecidos a los reportados por Cadena-Cárdenas (2001) en el Golfo de California, muy probablemente a la cercanía de las áreas de estudio respectivas.

Ronquillo-Benítez (2000) al sur del Pacífico mexicano, reportó un intervalo de tallas para hembras de 50 a 322 cm LT, y para machos de 57 a 340 cm LT. Señaló que las capturas están constituidas principalmente por organismos inmaduros, con una talla promedio para ambos sexos de 136.50 cm LT. En su trabajo se observa la presencia de organismos de vida libre con longitudes aproximadas entre 75 y 100 cm LT. También al sur del Pacífico mexicano, pero en la costa oaxaqueña, Chong-Robles & Alejo-Plata (2002) reportaron tallas de 53 a 368.5 cm LT para todos los organismos, indicando que tiburones juveniles representaron el 75 % de las capturas. En los estudios de Ronquillo-Benítez (2000) y Chong-Robles & Alejo-Plata (2002) resulta interesante el registro de organismos de vida libre de alrededor de 55 cm LT, pues la talla al nacimiento reportada para esta especie en el Pacífico mexicano centro y norte, varía entre 70 y 87 cm LT (Compagno, 1984 y Cadena-Cárdenas, 2001). Por otro lado, la talla de 368.5 cm LT que se reporta en la costa

oaxaqueña, concuerda con lo que afirma Del Rosario (1998), de que las poblaciones de esta especie en el Pacífico centro oriental podrían alcanzar hasta 350 cm LT aproximadamente.

Se observa por tanto, que al sur del Pacífico mexicano se registran tiburones piloto con un intervalo de tallas más amplio y con el dominio de tiburones de tallas menores. Se considera que el arte de pesca no necesariamente es la causa, ya que tanto en la costa occidental de B. C. S. como en el Golfo de Tehuantepec se utilizan redes y palangres con características similares. Resultaría interesante determinar si se trata de una sola población en el Pacífico mexicano, y si sólo una parte se desplaza hacia el norte en verano – otoño. Si se tratara de una sola población, sería de utilidad saber si mantienen las mismas características en tallas y crecimiento a lo largo del Pacífico mexicano, pues existen trabajos donde se observa claramente que algunas poblaciones de tiburones exhiben variaciones geográficas en tamaño y crecimiento; por ejemplo, Baughman & Springer (1950), reportaron que los tiburones *Carcharhinus limbatus* del oeste del Golfo de México tienden a ser más pequeños que aquellos del lado oriental de esta región. Branstetter (1987) encontró que los tiburones *C. limbatus* y *C. brevipinna* del Atlántico noroeste, son de tallas menores al nacimiento y a la máxima alcanzada, que aquellos del Océano Índico y el Indo-Pacífico oeste. A su vez, Carlson & Parson (1997) encontraron que el tamaño de las hembras adultas de *Sphyna tiburo* aumentó significativamente con la latitud en aguas del sureste de Estados Unidos.

Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total

En los trabajos de Branstetter (1987b), Bonfil *et al.* (1993), Oshitani *et al.* (2003) y en el presente estudio, las vértebras del tiburón piloto fueron obtenidas de la región cervical. Otros autores que obtuvieron las muestras en esta misma región abarcando hasta el final de la primera aleta dorsal, fueron Cailliet *et al.* (1983) en diferentes especies de rayas y

tiburones; Cailliet *et al.* (1985) en *Carcharodon carcharias*; Sminkey & Musick (1995) en *Carcharhinus plumbeus*; Natanson *et al.* (1995) en *C. obscurus*; Carlson & Parsons (1997) en *Sphyrna tiburo*; Lessa & Marcante-Santana (1998) en *C. porosus*; Tovar-Ávila (2000) en *C. limbatus* y Ribot-Carballal (2003) en *Isurus oxyrinchus*. Por lo tanto, se asume que el lugar de donde se tomaron las vértebras de la columna vertebral para la determinación de edad en el presente trabajo, es el comúnmente empleado en los trabajos de edad y crecimiento. Además es importante mencionar que debido al manejo y proceso que los pescadores dan a los tiburones en los campamentos pesqueros visitados, se facilita más la obtención de vértebras de la región cervical, pues con ello no se parte por la mitad el “troncho”, conservándolo así para obtener tiras de carne de tamaño comercial.

Al trabajar con la edad y el crecimiento de *Carcharhinus falciformis* en aguas del Golfo de México, Branstetter (1987b) midió los radios sobre los cortes de las vértebras a través de la *intermedialia*. En el presente estudio, los radios se midieron sobre el *corpus calcareum*, como lo hicieron Bonfil *et al.* (1993) al trabajar con esta especie y Natanson *et al.* (1995) con *C. obscurus*, en el Golfo de México. En el presente trabajo se consideró más adecuado hacer todas las mediciones relacionadas con la estimación de edad y descripción del crecimiento sobre el *corpus calcareum* de los cortes longitudinales, porque fue en esta región de la vértebra donde las marcas de crecimiento fueron más conspicuas; al respecto Ashley & Chiasson (1988) mencionan que esta región es la que presenta un mayor grado de calcificación.

Considerando la proporcionalidad, así como el alto valor del coeficiente de determinación entre el radio de la vértebra y la longitud total obtenidos en el presente trabajo, se asume que las vértebras cervicales representan estructuras que reflejan adecuadamente el crecimiento de los organismos con el paso del tiempo, conclusión obtenida también por Branstetter (1987b), Bonfil *et al.* (1993) y Oshitani *et al.* (2003) para el tiburón piloto, este

último autor, considerando la longitud precaudal. Al respecto Stevens (1975) afirma que el incremento de la talla del cuerpo en elasmobranquios es acompañado por el incremento del diámetro de la vértebra, debido a que ésta crece en forma radial para depositar nuevas bandas de crecimiento.

En los trabajos de edad y crecimiento de tiburones, es frecuente encontrar una relación estadísticamente significativa entre el radio de la vértebra y la longitud total de tiburones, por ejemplo Cailliet *et al.* (1985) al trabajar con *Carcharodon carcharias*, afirmaron que la longitud total puede ser legítimamente estimada a partir del radio de la vértebra para producir curvas retrocalculadas de crecimiento. Otros ejemplos son Sminkey & Musick (1995) en *Carcharhinus plumbeus* y Natanson *et al.*, (1995) en *C. obscurus* (ambos utilizando la longitud furcal), Lessa & Marcante-Santana (1998) en *C. porosus* y Tovar-Ávila (2000) en *C. limbatus*.

Identificación y conteo de las marcas de crecimiento

Para identificar las marcas de crecimiento es adecuado realizar cortes, pues estos facilitan la observación detallada y precisa de las marcas, así como del tipo y ancho del borde. Los cortes han sido usados frecuentemente por investigadores al trabajar con diferentes especies de elasmobranquios, obteniendo resultados satisfactorios (Cailliet *et al.*, 1986; Branstetter, 1987; Sminkey & Musick, 1995; Natanson *et al.*, 1995; Yamaguchi *et al.*, 1996; Lessa & Marcante-Santana, 1998; Tovar-Ávila, 2000; Downton-Hoffmann 2001; Oshitani *et al.*, 2003).

Branstetter (1987b) y Bonfil *et al.* (1993) no encontraron marcas en vértebras de embriones de *C. falciformis* en el Golfo de México. Bonfil *et al.* (*op cit.*) identificaron la marca de nacimiento como un cambio de ángulo del margen interno del *corpus calcareum*; este cambio de ángulo fue acompañado algunas veces por una estrecha

banda hialina, la cual también fue observada por Oshitani *et al.* (2003) en tiburones piloto del Océano Pacífico.

En el presente trabajo se observaron dos bandas hialinas angostas antes de la marca de nacimiento. Autores como Casey *et al.* (1985) y Branstetter & Stiles (1987) al trabajar en el Océano Atlántico con *Carcharhinus plumbeus* y *C. leucas* respectivamente, encontraron una o más marcas en las vértebras antes del nacimiento, asociando en ambos casos la marca más evidente con el proceso de placentación. En el caso del tiburón piloto, en la costa oriental de B. C. S. Cadena-Cárdenas (2001) reportó que los procesos de implantación y placentación se llevan a cabo cuando los organismos miden entre 18 y 26 cm LT. Las marcas encontradas en el presente trabajo se formaron cuando los tiburones medían más de 40 cm LT, por lo que probablemente estas marcas no se relacionen tanto a los procesos de implantación y placentación, sino a cambios en el ambiente que experimenta la madre, como variación en la temperatura del agua y disponibilidad de alimento, y que de alguna manera se registran en los embriones. Es importante mencionar, que algunas marcas antes del nacimiento fueron poco visibles, o se observaron sólo en una parte de la estructura, al contrario de las marcas de crecimiento, las cuales siguen, en la mayoría de los casos, un patrón temporal consistente de depositación y son fácilmente distinguibles en la estructura.

Durante la lectura de las marcas de crecimiento, no hubo discrepancias en cuanto al número de marcas de crecimiento observadas, pues estas fueron claras y los dos lectores concordaron para el total de las muestras.

Temporalidad de la depositación de las marcas de crecimiento

Branstetter (1987b) utilizó el tipo de borde y el incremento marginal absoluto en las vértebras para determinar la periodicidad de las marcas de crecimiento en *C. falciformis*

en el Golfo de México, concluyendo que éstas se depositan a lo largo del año y acaban de formarse en octubre – diciembre. Por su parte, Bonfil *et al.*, (1993) en el Banco de Campeche, midieron el incremento marginal y encontraron que este aumenta a lo largo del año, con un máximo en diciembre y un mínimo en febrero. Tanto estos autores con *Carcharhinus falciformis*, como Natanson *et al.* (1995) con *C. obscurus*, concuerdan en que a excepción de la primera banda hialina formada en el primer invierno, la cual representa sólo 6 meses de crecimiento (asumiendo que en el Golfo de México las crías nacen entre el final de la primavera y el inicio de verano y la depositación en enero-diciembre), el resto de las marcas de crecimiento fueron depositadas anualmente. Así, los resultados obtenidos en el Golfo de México muestran un periodo de alumbramiento claramente definido para el tiburón piloto. Bonfil *et al.* (1993) encontraron además una clara tendencia de desarrollo embrionario (aumento de talla) de septiembre, a julio del año siguiente, y embriones en fase terminal (los más grandes) de mayo a julio.

En el presente trabajo, con base en el análisis de frecuencias de tallas en embriones, no se encontró una temporada definida para el alumbramiento, por lo que nuestros resultados concuerdan con los de Strasburg (1958), Fourmanoir (1961), Stevens (1984) y Stevens & McLoughlin (1991), quienes notaron ausencia de estacionalidad definida para la reproducción en las poblaciones de *Carcharhinus falciformis* del Océano Índico y del Océano Pacífico. Resultados similares para la misma especie fueron encontrados por Ronquillo-Benítez (2000), Cadena-Cárdenas (2001) y Hoyos-Padilla (2003) en las costas del Pacífico mexicano; este último autor no encontró un desarrollo estacional definido, presentándose por ejemplo hembras con ovocitos de tamaño diferente en todos los meses; tampoco encontró una temporada de copulación definida en la costa occidental de B. C. S. Oshitani *et al.*, (2003) discutieron con base en los registros de embriones en fase terminal que encontraron, que la época de nacimientos puede ocurrir de mayo a julio,

aunque reportaron que el alumbramiento se lleva a cabo lo largo del año en el Océano Pacífico. Por su parte, Ronquillo-Benítez (2000) argumentó que es posible que frente a las costas de Chiapas el tiburón piloto nazca durante mayo, junio y julio (final de la primavera e inicio de verano), como se ha reportado en el Océano Atlántico, sin embargo, en su trabajo encontró embriones en fase terminal en otros meses.

Para determinar la temporalidad de la formación de las marcas de crecimiento en elasmobranquios, Ishiyama (1978) y Tanaka & Mizue (1979) mencionan que la amplitud y densidad del margen de la vértebra, pueden ser usadas para confirmar las edades estimadas cuando son comparadas por meses o estaciones del año. En el presente trabajo se observó que durante junio a noviembre (verano-otoño), justo cuando la TSM fue más alta, hubo un alto porcentaje de bordes opacos, lo cual está relacionado con una alta incorporación de minerales en la estructura, y muy posiblemente a un crecimiento rápido. Aunque no se obtuvieron muestras durante invierno y primavera en el presente trabajo, se esperaría que en esas épocas se tuviera un alto porcentaje de vértebras con el borde hialino; si esto fuera así, se podría asumir que la formación de las marcas de crecimiento tiene una periodicidad anual con la formación de la banda opaca en los meses de verano-otoño. Este supuesto concuerda con los resultados de Branstetter & McEachran (1986) sobre *Carcharhinus falciformis* y otras tres especies de tiburones; también concuerda con los de Branstetter (1987b) y Bonfil *et al.* (1993) en el Golfo de México, y con los de Oshitani *et al.* (2003) en el Océano Pacífico central. Estos últimos autores no utilizaron las bandas, sino las estructuras convexas presentes en la superficie de la vértebra, las cuales alcanzan un pico prominente en mayo, aunque varía estacionalmente. El argumento de que las bandas opacas son depositadas anualmente en los meses de verano se ha demostrado con otras especies de elasmobranquios en aguas de California y otras regiones, por ejemplo, Cailliet *et al.* (1983) al trabajar con la

manta *Myliobatis californica* y con el tiburón *Triakis semifasciata* registrados en Elkhorn Slough, California, encontraron en los bordes de las vértebras la presencia de bandas opacas durante los meses de verano, mientras que en los meses de invierno se encontraron bandas hialinas. En *Carcharodon carcharias* (Cailliet *et al.*, 1985), el crecimiento anual estuvo representado por un par de bandas, una opaca y otra hialina. Yamaguchi *et al.* (1996) encontraron a través de cambios mensuales en el porcentaje de ocurrencia de los centros con bordes opacos, que en *Mustelus manazo* la banda opaca fue formada principalmente en junio, lo que sugiere una depositación anual y en verano. Ribot-Carballal (2003) reportó altos porcentajes de bordes opacos durante los meses de verano-otoño en el tiburón mako *Isurus oxyrinchus* en la costa occidental de B. C. S.

Al igual que en el presente trabajo, donde no se registró tiburón piloto en los meses de diciembre a mayo, Branstetter (1987b) y Bonfil *et al.* (1993) en *Carcharhinus falciformis* y Natanson *et al.* (1995) en *C. obscurus*, carecieron de registros suficientes en invierno para comprobar la formación de la banda hialina. Ellos reportaron que faltaron muestras de los meses de septiembre a enero para documentar de manera más completa la formación de bandas para los tiburones de estas especies en el Golfo de México.

Demostrar rigurosamente la periodicidad anual de las marcas de crecimiento en estructuras duras de elasmobranquios no ha sido sencillo. Beamish & McFarlane (1983) sugirieron que el marcado con oxitetraciclina, acompañado de datos de marcado – recaptura en campo o en laboratorio, son la única manera de comprobar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento. Al respecto, Cailliet (1990) comenta que únicamente son seis las especies de elasmobranquios (cinco de tiburones) donde se ha determinado completamente la periodicidad anual de las marcas. Estas especies son *Raja clavata*, *Negaprion brevirostris*, *Triakis semifasciata*, *Squalus acanthias*, *Rhizoprionodon terraenovae* y *Carcharhinus plumbeus*. En todas estas especies se realizó marcado con

oxitetraciclina y observaciones de crecimiento en campo.

Para obtener más información acerca de la periodicidad anual de las marcas de crecimiento en el tiburón piloto, es necesario realizar muestreos en los diferentes lugares donde se presenta esta especie a lo largo del año, teniendo como objetivo principal cubrir un ciclo anual. Además, un programa de marcado – recaptura que incluyera inyecciones con oxitetraciclina a los organismos, sería de gran utilidad, pues en condiciones óptimas permitiría conocer con mayor precisión la periodicidad de las marcas de crecimiento en esta especie. Sin embargo, se tiene que considerar que estos métodos no son tan fáciles de realizar, pues generalmente son costosos, el número de organismos recapturados es muy bajo, y requieren de periodos largos para lograr sus objetivos.

Estructura de edades

En este trabajo se observó un claro dominio de tiburones de 5 a 9 años de edad sobre los de otras edades. Resultó interesante encontrar modas en los grupos de edad de 8 y 7 años para hembras y machos respectivamente, lo que significa que hubo un número elevado de tiburones de ambos sexos con edades similares en la costa occidental de B. C. S. durante las estaciones de verano – otoño, en el periodo de estudio considerado. En trabajos previos de edad y crecimiento en *Carcharhinus falciformis* no se presenta de manera explícita la estructura de edades para hembras y machos, sólo las edades máximas encontradas. Así, Branstetter (1987b) en el noroeste del Golfo de México encontró edades máximas de 14 y 13 años para hembras y machos respectivamente. Por su parte, Bonfil *et al.* (1993) encontraron en esa misma área, pero en la zona del Banco de Campeche, hembras y machos con edades máximas de 22 y 20 años respectivamente, afirmando así estos autores que *Carcharhinus falciformis* alcanza a vivir por lo menos 22 años en el Golfo de México.

En el presente estudio, las edades máximas calculadas basadas en el número de marcas anuales, fueron de 16 y 14 años para hembras y machos respectivamente; estas edades son superiores a las reportadas por Oshitani *et al.* (2003) en aguas del Pacífico central, que fueron de 13 y de 8 años para hembras y machos respectivamente.

Retrocálculo

El retrocálculo es una herramienta robusta empleada frecuentemente en biología pesquera, para incrementar la cantidad de información derivada de cada organismo acerca de las tallas por grupo de edad (Smith, 1983); es por eso que frecuentemente se utiliza en trabajos de edad y crecimiento de elasmobranchios, principalmente tiburones (Thorson & Lacy, 1982; Natanson *et al.*, 1995; Yamaguchi *et al.*, 1996; Lessa & Marcante-Santana, 1998; Downton-Hoffmann, 2001). Con el tiburón piloto fue empleado por Branstetter (1987b) y Bonfil *et al.* (1993).

Hoyos-Padilla (2003) en su trabajo de biología reproductiva del tiburón piloto en la costa occidental de B. C. S., no contó con información para establecer la talla al nacimiento, sin embargo, con la información obtenida en el presente trabajo a través del retrocálculo, se determinó que talla promedio al nacimiento fue de 76.5 cm LT, valor que coincide con los reportados para la especie, que varía entre 65 y 85 cm LT (Stevens, 1984; Branstetter, 1987b; Bonfil *et al.* 1993; Cadena-Cárdenas, 2001; Oshitani *et al.*, 2003).

Estimación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy

Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy que Branstetter (1987b) determinó para sexos combinados de *Carcharhinus falciformis* en el noroeste del Golfo de México, fueron $L_{\infty} = 291$ cm LT, $k = 0.153$ año⁻¹ y $t_0 = -2.2$ años; los valores de k y t_0 son parecidos a los obtenidos en el presente trabajo. Por su parte Bonfil *et al.* (1993) determinaron por medio del retrocálculo que *Carcharhinus falciformis* en el Banco de

Campeche tiene los siguientes parámetros para sexos combinados, $L_{\infty} = 311$ cm LT, $k = 0.101$ año⁻¹ y $t_0 = - 2.718$ años. Ellos discutieron que en su trabajo la inclusión de especímenes grandes con sus respectivas vértebras produjo valores altos de la LT asintótica (L_{∞}) y su correspondiente valor bajo de k .

Por su parte en el Océano Pacífico central, Oshitani *et al.* (2003) reportaron para sexos combinados del tiburón piloto, $L_{\infty} = 216.4$ cm LP (ó 288 cm LT), $k = 0.148$ año⁻¹ y $t_0 = 1.76$ años, argumentando la tasa de crecimiento así como la longitud al nacimiento son aproximadamente los mismos tanto en el Océano Pacífico como en el Océano Atlántico.

Observando los resultados anteriores y comparándolos con los del presente trabajo, se nota que la longitud máxima observada en cada estudio influye en el valor de la respectiva longitud asintótica (L_{∞}). Es importante mencionar que el valor de la L_{∞} estimada por el modelo en el presente trabajo, es una longitud máxima promedio de los organismos registrados, y no necesariamente tiene que ser tan grande como la talla máxima individual de organismos más grandes que pudieran existir en la zona. En este trabajo se registró únicamente un tiburón piloto macho de 260 cm LT durante todo el periodo de estudio, lo que hace pensar que pueden existir organismos de esta talla o tal vez mayores en la zona, los cuales sin embargo, no son capturados comúnmente por la pesquería. De acuerdo con Springer (1967), las poblaciones de los tiburones presentan una tendencia general a segregarse por tallas y sexos. Así, para el caso del tiburón piloto capturado en la costa occidental de B. C. S., Cabrera-Chávez (2003) menciona con base en el análisis de los tipos de presa que encontró en esta especie, que tiburones de tallas mayores pueden estar presentes en la zona oceánica, mientras que tiburones de tallas menores se encuentran más cerca de la costa. Considerando el argumento anterior así como la conducta migratoria de esta especie, no se descarta la posibilidad de que tiburones de zonas oceánicas se aproximen a la costa occidental de B. C. S. durante verano – otoño,

justo cuando la temperatura superficial del mar es mayor, ó también, que en su recorrido desde el sur, esta especie penetre en aguas profundas antes de llegar a esta zona, coincidiendo en otoño, como comenta Cabrera- Chávez (2003), con la presencia del calamar gigante *Dosidicus gigas*, así como con la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y macarela (*Scomber japonicus*), las principales presas del tiburón piloto en la zona. Para resolver este tipo de incógnitas, son necesarios estudios de marcado – recaptura para describir mejor el comportamiento migratorio de esta especie a lo largo de las costas del Océano Pacífico mexicano.

Con respecto a la t_0 , se nota que en los trabajos realizados con *Carcharhinus falciformis*, incluido el presente estudio, el valor de este parámetro ha sido únicamente de ajuste, sin darle un valor estrictamente biológico. Pauly (1979) discute que este parámetro, para el caso de los elasmobranchios representa principalmente un valor de ajuste para la curva de crecimiento de von Bertalanffy, ya que dando a t_0 el valor del periodo de gestación registrado para la especie, puede causar sobreestimaciones de los valores de k y subestimaciones de los valores de L_∞ . De cualquier manera, t_0 en el presente trabajo no se desvía grandemente de los resultados obtenidos previamente para el tiburón piloto, considerando siempre que en todos los trabajos se ha asumido que el periodo de gestación para esta especie es de aproximadamente un año.

Con relación al valor de la tasa de crecimiento, que en este trabajo fue de $k = 0.138 \text{ año}^{-1}$, Branstetter (1987) discutió las variadas estrategias de vida de diferentes especies de tiburones basándose en los valores de éste parámetro. Éste autor colocó a *Carcharhinus falciformis* junto a *C. acronotus* y *Galeocerdo cuvier* en una categoría intermedia de crecimiento (con valores de $k = 0.10 - 0.20$), entre tiburones de lento crecimiento como *Carcharhinus plumbeus*, *C. leucas*, *C. obscurus*, *Negraprion brevirostris* y *Sphyrna lewini* (con valores de $k = 0.05 - 0.10$), y tiburones de rápido crecimiento como *C. limbatus*, *C.*

brevipinna, *Rhizoprionodon terraenovae* y *Prionace glauca* (con valores de $k \geq 0.20$). En 1990, este mismo autor reportó datos importantes de la historia de vida para varias especies de tiburones de las familias Carcharhinidae y Lamnidae en el noroeste del Océano Atlántico, colocando a *Carcharhinus falciformis* como una especie de crecimiento rápido dentro de los tiburones ($k = 0.15$), argumentando que este crecimiento relativamente rápido se presenta para alcanzar una talla mínima de 100 cm LT para evitar a los depredadores, al tiempo que adquiere mayor velocidad y eficiencia en el nado. Siguiendo el criterio de Branstetter (1990), y suponiendo que existe una migración de tiburón piloto desde el sur, el valor de k obtenido en el presente trabajo significaría que esta especie crece de manera rápida en sus áreas de alumbramiento y crianza, las cuales, por las tallas reportadas en esa zona, no se descarta que se encuentren al sur del Pacífico mexicano. Por ejemplo en Puerto Ángel, Oaxaca, donde Chong-Robles & Alejo-Plata (2002) reportaron que el 75 % de las capturas de tiburón piloto está representado por juveniles, la plataforma continental es angosta, y a una distancia de la costa de 20 km se pueden encontrar profundidades de 3000 m, donde tiburones de ambientes más oceánicos pueden incluir en su dieta a neonatos y juveniles, los cuales tendrían la necesidad de crecer de manera rápida para evitar ser devorados por sus depredadores. Sin embargo esta es sólo una interpretación del valor de k , y se tendrían que realizar más estudios en esa zona para reforzar o refutar esta idea.

Con los resultados del presente trabajo y los de Hoyos-Padilla (2003), se observó que la madurez sexual para ambos sexos del tiburón piloto es alcanzada al 75 % de la longitud máxima. Este porcentaje coincidió con los reportados por Branstetter (1987b), quien afirmó que los machos alcanzan la madurez aproximadamente al 75 % de su longitud máxima, mientras que las hembras maduran del 70 al 75% de su L_{∞} . También coincidió con los de Bonfil *et al.* (1993), que encontraron que en hembras fue entre el 75 y 78%, y

para machos fue de 72%. Holden (1974) reportó para esta especie una relación de talla a la madurez con respecto a la L_{∞} de 78 %.

VIII. CONCLUSIONES

1. El tiburón piloto se registró durante junio a noviembre (verano-otoño) en la costa occidental de B. C. S.
2. Las tallas de las hembras tuvieron un intervalo entre 88 y 230 cm LT, con moda en 180 cm. Los machos tuvieron longitudes entre 142 y 260 cm LT, con moda en 193 cm LT.
3. La relación del radio de la vértebra vs longitud total mostró una tendencia rectilínea con un elevado coeficiente de determinación, lo cual sugiere que las vértebras son estructuras adecuadas para realizar estimaciones de edad y crecimiento en el tiburón *Carcharhinus falciformis*.
4. Se asume que una marca de crecimiento tiene una temporalidad anual y la banda opaca se deposita durante verano – otoño.
5. Los grupos de edad encontrados para las hembras fueron de 2 a 16 años, con moda en el grupo 8. Para machos, los grupos de edad estuvieron entre 3 y 14 años, con la moda en el grupo 7.
6. Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para sexos combinados son $L_{\infty} = 240$ cm LT, $k = 0.138$ año⁻¹ y $t_0 = - 2.98$ años.
7. Tanto hembras como machos maduran sexualmente a la edad de 7 – 8 años.

IX. RECOMENDACIONES

Debido a que el tiburón piloto se presenta únicamente durante verano – otoño en la costa occidental de B. C. S., y que al sur del Pacífico mexicano se registra en los meses invierno y primavera, se recomienda realizar muestreos en las costas de Baja California y del Golfo de Tehuantepec, con el fin de conocer con mayor precisión sus movimientos migratorios y tener una cobertura temporal durante todo el año.

Se recomienda también iniciar un programa de marcado – recaptura, que incluya inyecciones de tetraciclina sobre los organismos, con el fin de observar con mayor detalle la periodicidad de las marcas de crecimiento en esta especie.

X. LITERATURA CITADA

- Álvarez, H. 1988. Análisis de la pesquería de cazón de la Península de Yucatán. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Mérida, Yucatán, México. 135 p. p.
- Allen, T. B. 1999. The shark almanac. The Lyons Press. 274 p. p.
- Anderson, E. D. 1990a. Estimates of large shark catches in the Western Atlantic and Gulf of Mexico, 1960-1986. *En*: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 443-454. Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report NMFS 90.
- Anderson, E. D. 1990b. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. *En*: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 473-484. Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report NMFS 90.
- Andrade-González, Z. 1996. Determinación de edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (Subclase Elasmobranchii) (Familia Sphyrnidae) del Pacífico mexicano mediante la lectura de sus anillos vertebrales. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. 70 p. p.
- Anislado-Tolentino, V. 1995. Determinación de la edad y crecimiento en el tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en el Pacífico Central Mexicano. Tesis profesional. UNAM. 98 p. p.
- Applegate, S. P. 1967. A survey of shark hard parts. *En*: Gilbert, P. W., R. F. Mathewson & D. P. Rall (Eds.). p. p. 37-67. Sharks, Skates and Rays. Johns Hopkins Press, Maryland.

- Applegate, S. P., L. Espinosa-Arrubarrena, L. B. Menchaca-López & F. Sotelo-Macías. 1979. Tiburones mexicanos. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. SEP. 146 p. p.
- Ashley, L. M. & R. B., Chiasson. 1988. Laboratory Anatomy of the Shark. Wm. C. Brown Publishers. 84 p. p.
- Au, D. W. 1991. Polyspecific nature of tuna schools: Sharks, dolphin and seabird associates. Fishery Bulletin. 89:343-354.
- Bane, G. W. 1966. Observations on the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, in the Gulf of Guinea. Copeia (2): 354-355.
- Baughman, J. L. & S. Springer. 1950. Biological and economic notes on the sharks of the Gulf of Mexico, with special reference to those of Texas, and with a key for their identification. Amer. Mid. Nat. 44: 96-152.
- Beamish, R. J., & G. A. McFarlane. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. Trans. Am. Fish. Soc. 112(6):735-743.
- Bonfil-Sanders, R. 1997. Estado del conocimiento de los tiburones del Golfo de México y el Caribe. *En*: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J. C. Seijo & F. Arreguín-Sánchez (Eds.). p. p. 333–356. Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica, 7.
- Bonfil, R., D. de Anda & R. Mena. 1990. Shark Fisheries in Mexico: The Case of Yucatan as an Example. *En*: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 427-441. Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report NMFS 90.

- Bonfil, R., R. Mena & D. de Anda. 1993. Biological Parameters of Commercially Exploited Silky Sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, Mexico. NOAA Tech. Rep. NMFS 115: 73-86.
- Branstetter, S. 1987. Age and growth estimates for Blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and Spinner, *C. brevipinna*, sharks from the Northwestern Gulf of Mexico. *Copeia* (4): 964-974.
- Branstetter, S. 1987a. Age and growth validation of newborn sharks held in laboratory aquaria, with comments on the life history of the Atlantic Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *Copeia* (2): 291-300.
- Branstetter, S. 1987b. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes*. 19 (3): 161–173.
- Branstetter, S. 1990. Early life-history implications of selected carcharhinoid and lamnoid sharks of the Northwest Atlantic. *En: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 17-28. Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic, and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report 90.*
- Branstetter, S. & D. McEachran. 1986. Age and growth of four carcharhinid shark common to the Gulf of Mexico: a summary paper. *En: Uyeno, T., R. T. Taniuchi, & K. Matsuura (Eds.). p. p. 361-371. Indo Pacific fish biology: proceedings of de second international conference on Indo Pacific fishes. Ichthyol. Soc. Japan, Tokyo.*
- Branstetter, S. & R. Stiles. 1987. Age and growth estimates of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes*. 20: 169 – 181.

- Cabrera-Chávez-Costa, A. A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 95 p. p.
- Cadena-Cárdenas, L. 2001. Biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis profesional. UABCS. 68 p. p.
- Cailliet, G. M. 1990. Elasmobranch age determination and verification: An updated review. *En*: Pratt Jr. H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi, (Eds.). p. p. 157-165. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic, and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report 90.
- Cailliet, G. M. & S. Tanaka. 1990. Recommendations for research needed to better understand the age and growth of elasmobranch. *En*: Pratt Jr. H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi, (Eds.). p. p. 505-507. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic, and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report 90.
- Cailliet, G. M., R. L. Radtke & B. A. Welden. 1986. Elasmobranch age determination and verification: A Review. *En*: Uyeno, T., R. Arai, T. Taniuchi & K. Matsuura (Eds.). p. p. 345–360. Indo–Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo–Pacific Fishes. Ichthyological Society of Japan, Tokyo.
- Cailliet, G. M., L. J. Natanson, B. A. Welden & D. A. Ebert. 1985. Preliminary studies on the age and growth of the white shark, *Carcharodon carcharias*, using vertebral bands. *En*: Memoirs of the Southern California Academy of Sciences. 9: 49–60.
- Cailliet, G. M., K. G. Yudin, S. Tanaka & T. Taniuchi. 1990. Growth characteristics of two populations of *Mustelus manazo* from Japan based upon cross-readings of

- vertebral bands. *En*: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 167-176. Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report 90.
- Cailliet, G. M., L. K. Martin., D. Kusher, P. Wolf & B. A. Welden. 1983. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranch. NOAA Technical Report NMFS 8: 157–165.
- Carlson, J. K. & G. R. Parsons. 1997. Age and growth of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, from northwest Florida, with comments on clinal variation. *Environmental Biology of Fishes*. 50: 331-341.
- Casey, J. G., H. L. Pratt, Jr. & 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-Géniz, J. L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Programa Tiburón. Instituto Nacional de la Pesca. 72 p. p.
- Castro, J. I. 1983. *The Sharks of North American Waters*. Texas A & M University Press. 180 p. p.
- Castro-Aguirre, J. L. & E. F. Balart-Páez. 1993. La Ictiología en México: pasado, presente y futuro. Vol. Esp. (XLIV). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 327-343.
- Compagno, L. J. V. 1984. FAO species catalogue. *Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark's species known to date*. Vol. 4. Parts I and II. FAO Fish. Synop. 125. 655 p. p.
- Compagno, L. J. V. 1990. Shark exploitation and conservation. *En*: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 391-415. *Elasmobranch as Living Resources:*

Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the Status of the Fisheries.
NOAA Technical Report NMFS 90.

Compagno, L. J. V., F. Krupp & W. Schneider. 1995. Tiburones. *En*: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter & V. H. Niem, (Eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II. Vertebrados – Parte I. Roma. FAO. p. p. 647-1200.

Cruz-Martínez, A. 2000. Edad y crecimiento del tiburón toro *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1839) en las aguas de Veracruz y Campeche, México. Tesis de Maestría. UNAM. 65 p. p.

Chong-Robles, J. & M. C. Alejo-Plata. 2002. Aspectos biológicos-pesqueros del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* en Puerto Ángel, Oaxaca. VIII Congreso Nacional de Ictiología. UMAR. Puerto Ángel, Oaxaca, Méx. p. 134.

Del Rosario, R. C. 1998. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del tiburón blanco *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de las costas del Pacífico de Guatemala. Tesis profesional. Universidad San Carlos de Guatemala. CEMA. 74 p.

Downton-Hoffmann, C. A. 2001. Edad y crecimiento del pez guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 72 p. p.

Ehrhardt, N. M. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera parte: Parámetros poblacionales. FAO-CICIMAR. 134 p. p.

FAO. 1998a. Reunión preparatoria para la consulta de la FAO sobre la ordenación de la capacidad pesquera, la pesca del tiburón y las capturas incidentales de aves marinas en la pesca con palangre. (www.fao.org/fi/meetings/pmcss/98-3s.asp).

- FAO. 1998b. Comunicado de prensa. (www.fao.org/waicent/ois/press_ne/pressspa/1998/prsp9861.htm).
- FAO. 2000. Species information sheet. (www.fao.org/fi/sidp/species/ca_fa_ht.htm).
- Ferguson, A. & G. Cailliet. 1990. Sharks and Rays of the Pacific Coast. Monterey Bay Aquarium. 64 p. p.
- Fourmanoir, P. 1961. Requins de la cote ouest de Madagascar. Mem. Inst. Sci. Madagascar (Ser. F), 4:1-81.
- Galván-Magaña, F., H. J. Nienhuis & A. P. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. California Fish and Game. 75 (2): 74–84.
- García-Gómez, G. 2000. Análisis del papel de los tiburones en el ecosistema y su respuesta ante la explotación. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 109 p. p.
- Garrick, J. A. F. 1982. Sharks of the Genus *Carcharhinus*. U. S. Department of Commerce. NOAA Technical Report NMFS Circular 445. 194 p. p.
- Gómez, J. & H. Vélez. 1982. Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California. Ciencias Marinas. 8(2): 167-176.
- Haskell, W. L. 1949. An investigation of the possibility of determining the age of sharks through annuli as show in cross-sections of vertebrae. Ann. Rep. Mar. Lab., Texas Game and Fish Oyster Comm., FY 1948-49: 212-217.
- Hoening, J. M. 1979. The vertebral centra of sharks and their age determination. Master thesis, U. Rhode Island.
- Hoening, J. M. & S. H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranch: implications

- for fisheries management. *En*: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 1-16. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries. U. S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMSF 90.
- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranchs populations and some suggested solutions. *En*: Jones, F. H. (Ed). p. p. 177-137. Sea Fisheries Research. Halsted Press, J. Wiley & Sons, New York.
- Holden, M. J. 1977. Elasmobranchs. *En*: Fish populations dynamics. Gulland, J. A. (Ed). p. p. 187-215. J. Wiley & Sons, New York.
- Holden, M. J. & D. F. S. Raitt. 1975. Manual de Ciencia Pesquera, Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Documento técnico de la FAO. Roma. 211 p. p.
- Hoyos-Padilla, E. M. 2003. Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 58 p. p.
- INEGI. 1996. Estudio hidrológico del estado de Baja California Sur. INEGI y Gobierno del Estado de Baja California Sur. 206 p. p.
- Ishiyama, R. 1978. Reexamination of the age and growth of *Raja*. Monthly Marine Science (Japan). 10 (3): 188-194.
- Jennings, S., M. Kaiser & J. Reynolds. 2001. Marine Fisheries Ecology. Blackwell Science. Oxford. 417 p. p.
- Lessa, R. & F. Marcante-Santana. 1998. Age determination and growth of the smalltail shark, *Carcharhinus porosus*, from northern Brazil. Marine Freshwater Research (49): 705-11.
- Matsunaga H. & H. Kakano. 1996. CPUE trend and species composition of pelagic sharks

caught by Japanese research and training vessels in the Pacific Ocean *En: Proceedings of the Thirteenth Meeting of the Animals Committee, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, 23-27 September. Pruhonice, Czech Republic.*

Natanson, L. J. & G. M. Cailliet. 1990. Vertebral growth zone deposition in Pacific Angel Sharks. *Copeia* (4): 1133-1145.

Natanson, L. J., J. G. Casey & N. E. Kohler. 1995. Age and growth estimates for the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 93: 116-126.

Natanson, L.J., J.G. Casey & N. E. Kohler. 1999. Growth of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in the western North Atlantic based on tag returns and length frequencies; and a note on the effects of tagging. *Fishery Bulletin*. 97: 944–953.

NOAA, 2004. Base de datos de temperatura superficial del mar de Norteamérica. Satellite Active Archive. www.saa.noaa.gov

Officer, R. A., A. S. Gason, T. I. Walker & J. G. Clement. 1996. Sources of variation in counts of growth increments in vertebrae from gummy shark, *Mustelus antarcticus*, and school shark, *Galeorhinus galeus*: implications for age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 1765-1777.

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

Parker, S. & J. Parker. 1999. The encyclopedia of sharks. Leefung–Asco Printers LTD. 192 p. p.

- Pauly, D. 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula. *Berichte de Instituts für Meereskunde an der Univ. Kiel.* 63 (15): 156 p. p.
- Pike III, C. 1991. Uncovering the ages of sharks and its importance in fisheries management. *En: Gruber, S. H. (Ed.). p. p. 109 – 111. Discovering Sharks.* American Littoral Society. 121 p. p.
- Pratt, H. L. & J. G. Casey. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's methods of estimating growth-parameters. *En: Pratt Jr., H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.). p. p. 97-109. Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries.* NOAA Technical Report 90.
- Ribot-Carballal, M. C. 2003. Edad y crecimiento del tiburón mako, *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810), capturado en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 63 p. p.
- Ridewood, W. G. 1921. On the calcification of the vertebral centra in sharks and rays. *Phil. Trans. Roy. Soc. London. Ser. B.* 210: 311-407.
- Roden, G. I. & G. W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal Marine Research.* 18: 1035.
- Ronquillo-Benítez, K. 2000. Aspectos biológicos y pesqueros del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de las aguas del Golfo de Tehuantepec, Chiapas, México. Tesis profesional. UNAM. 90 p. p.
- Rose, D. 1998. Shark Fisheries and Trade in the Americas. Vol. 1. TRAFFIC North America.

- Salinas-González, F. 1987. Cálculo de corrientes geostróficas e inducidas por el viento frente a Bahía Magdalena a partir de datos del crucero CICIMAR–8502. Tesis de Maestría. CICIMAR–IPN. 116 p. p.
- Sminkey, T. R. & J. A. Musick. 1995. Age and growth of the Sandbar Shark, *Carcharhinus plumbeus*, before and after population depletion. *Copeia* (4): 871-883.
- Smith, C. L. 1983. Summary of round table discussions on back calculation. NOAA Tech. Rep. NMFS. 8: 45-46.
- Sokal, R. & Rohlf, F. 1981. Biometry. Second edition. W. H. Freeman and Company. New York. 859 p. p.
- Soriano-Velásquez, S. R., A. Solís-Nava, C. Ramírez-Santiago, A. C. del Prado-Vera & J. L. Castillo-Géniz. 2000. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. *En*: INP (Ed.). p. p. 211-236. Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo. Instituto Nacional de la Pesca.
- Springer, S. 1960. Natural history of the sandbar shark *Eulamia milberti*. *Fishery Bulletin* (61): 1-38.
- Springer, S. 1967. Social organization of shark populations. *En*: Gilbert, P. W., R. F. Mathewson, & D. P. Ralls (Eds.). p. p. 149-174. *Sharks, skates and rays*. Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Stevens, J. D. 1975. Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca* L.). *Journal of the Marine Biological Association of the U. K.* 55: 657-665.
- Stevens, J. D. 1984. Biological observations on sharks caught by sport fishermen off New South Wales. *Australian Journal of the Marine and Freshwater Research*. 35: 573-90.

- Stevens, J. D. & K. J. McLoughlin. 1991. Distribution, size and sex composition, reproductive biology and diet of sharks from northern Australia. *Australian Journal of the Marine and Freshwater Research*. 42(2):151-199.
- Strasburg, D. W. 1958. Distribution, abundance, and habits of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*. 58:335-361.
- Sverdrup, H. W., M. W. Johnson & R. H. Fleming. 1942. *The Oceans: their physics, chemistry and general biology*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff, New Jersey. USA. 1087 p. p.
- Tanaka, S. & K. Mizue. 1979. Age and growth of Japanese dogfish *Mustelus manazo* Bleeker in the East China Sea. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 45(1): 43-50.
- Thorson, T. B. & E. J. Lacy, Jr. 1982. Age, growth rate and longevity of *Carcharhinus leucas* estimated from taggings and vertebral rings. *Copeia* (1): 110-116.
- Tovar-Ávila, J. 2000. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes 1839) en el Golfo de México. Tesis de Maestría. UNAM. 67 p. p.
- Villavicencio-Garayzar, C. 1996a. Pesquería de tiburón y cazón. *En: Casas, M. & G. Ponce, (Eds.). p. p. 305-316. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, Gob. del Edo. B. C. S., FAO, INP, UABCS, CIB, CICIMAR y CET del Mar.*
- Villavicencio-Garayzar, C. 1996b. Reproducción de *Carcharhinus obscurus* (Pisces: Carcharhinidae), en el Pacífico Nororiental. *Rev. Biol. Trop.*, 44(1) 287–289.
- Villavicencio-Garayzar, C., E. Mariano-Meléndez, & C. A. Downton-Hoffmann. 1997. Tiburones capturados comercialmente en la Bahía de La Paz, B. C. S. *En: Urbán,*

- R., & M. Ramírez, (Eds.). p. p. 189-200. La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS.
- Villavicencio-Garayzar, C., L. Cadena-Cárdenas, A. M. Torres-Huerta, E. Mariano-Meléndez & L. Maldonado. 2000. Elasmobranch fisheries on the east coast of Baja California Sur, Gulf of California. *En*: 80th Annual Meeting American Society of Ichthyologist and Herpetologist. June 14–20, 2000. UABCS. Baja California Sur. México. 363 p. p.
- Watts, S. 2001. The end of the line? Global threats to sharks. *WildAid*. 61 p. p.
- Wilson, C. A., E. B. Brothers, J. M. Casselman, C. L. Smith & A. Wild. 1983. Glossary. NOAA Tech. Rep. NMFS. 8: 207.
- Wooster, W. S. & J. L. Reid Jr. 1963. Eastern Boundary Currents. *The Sea* Vol. II. 253-280.
- Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Int. Journal Oceanology Limnology*. 1: 117-147.
- Yamaguchi, A., T. Taniuchi & M. Shimizu. 1996. Age and growth of the Star-spotted Dogfish *Mustelus manazo* from Tokyo Bay, Japan. *Fisheries Science*. 62 (6): 919-922.
- Yoshimura, H. & S. Kawasaki. 1985. Silky shark (*Carcharhinus falciformis*) in the tropical water of western Pacific. *Resp. Japanese Group for Elasmobranch Studies*. 20:6-10.
- Zar, J. H. 1996. *Bioestatistical analysis*. Third edition. Prentice Hall. 662 p. p.
- Zárate-Vidal, S. E. 1991. Balance energético de la costa occidental de Baja California. *En*: De la Lanza-Espino, Guadalupe (Ed). p. p.314-318. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor, S. A. 569 p. p.