

03067



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL  
Y DE POSGRADO**

**PROYECTO ACADÉMICO DE ESPECIALIZACIÓN, MAESTRIA Y  
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR**

**INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA**

**EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURON TORO  
*Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1839) EN LAS  
AGUAS DE VERACRUZ Y CAMPECHE, MEXICO.**

279369

**T E S I S**

**MAESTRIA EN CIENCIAS DEL MAR  
AREA OCEANOGRAFIA  
BIOLOGICA Y PESQUERA  
BIOL. ALICIA CRUZ MARTINEZ**

MEXICO, D.F.

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**DEDICATORIA**

A MIS PADRES, POR SU GRAN APOYO Y CARIÑO  
POR QUIÉNES HARÍA LO QUE FUERA POR  
VERLOS SIEMPRE FELICES

A MIS HERMANOS Y CUÑADA POR SUS GRANDES Y  
OBJETIVAS CRÍTICAS, PRINCIPALMENTE LAS  
INTERESANTES CHARLAS DOMINICALES

A LOS HOMBRES CHICOS DE LA CASA RENÉ Y NEIL,  
A QUIÉNES ADORO

## AGRADECIMIENTOS

Dr. Virgilio Arenas Fuentes por la dirección del trabajo, el apoyo en todo momento y el entusiasmo mostrado durante el proceso de la tesis.

M. en C. Luis Espinosa por el apoyo de los medios logísticos al corte de las vértebras y sus acertados comentarios a través del desarrollo del presente trabajo.

Dr. Xavier Chiappa por sus sugerencias a la tesis en cada uno de los tutoriales presentados y su ayuda con el análisis de datos.

Dr. Shelton Applegate por la revisión del trabajo y sus comentarios proporcionados.

Dr. Manuel Gallardo por la exhaustiva revisión al proyecto de tesis y su apoyo presente hasta la culminación del mismo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de la maestría.

Dr. Sergio Cevallos y al Biól. José Luis Hernández por permitirme utilizar su laboratorio en todo momento, su gran apoyo y las sugerencias al corte de las vértebras.

Dr. César Flores por el recibimiento y apoyo en su laboratorio, así como al M. en C Faustino Zavala por su ayuda en la lectura de las muestras.

Dr. Fernando Alvarez y al M. en C. José Luis Villalobos por apoyarme en la toma fotográfica de las muestras.

Biól. Leonardo Castillo por su amistad, asesoría y su gran apoyo durante toda mi formación académica así como para la obtención de las muestras.

L.A.R.M. Fernando Márquez por su amistad, apoyo y comentarios al proyecto de tesis.

Dr. Ramón Bonfil por su asesoría y observaciones para la lectura de las vértebras.

A los Drs. Susan Smith y David Au por su ayuda y apoyo en la lectura de las vértebras así como por enseñarme la técnica de rayos "X".

Dr. Oscar Sosa con cariño por su apoyo incondicional en la enseñanza de la técnica de nitrato de plata y su asesoría para procesar la información de crecimiento.

Dr. Arzate por apoyarme en la toma de las placas de rayos "X" en su laboratorio.

Javier Tovar por ser mi compañero y amigo durante todo el trabajo de tesis.

Manuel Martínez, quien sé que, siempre será mi amigo.

Griselda, Sofia, Marcela, Rosario, Hortensia, Elisa, Berenice, Sara, Maricusa, Ana, Guillermina G y C, Eleazar, Felipe T. Gabriel N. Alejandro A. Ma. Jesús, Martha H. amigos con quienes hemos estado en las buenas y en las malas, pero sabemos que a pesar de la distancia y el tiempo siempre existirá ese gran cariño entre nosotros.

Ma. Elena, Guadalupe, Carolina, Dulce, Saúl, Fernando M y R, Carlos, Maribel, Samuel, Angélica, Anita, amigos del museo y trabajo.

Al apoyo ofrecido por el M. en C. Joaquin Flores y la Dra. Julieta Espinosa por apoyarme durante la última etapa de la tesis.

A aquella gente que estuvo apoyándome en etapas de transición y que por el momento les agradezco su apoyo.

## RESUMEN

La evaluación de los recursos pesqueros radica en el conocimiento de la dinámica poblacional por medio del conocimiento de estudios de edad y crecimiento que permiten conocer la estructura de edades de la población.

La edad y el crecimiento en los elasmobranchios esta basado en la formación de marcas concéntricas en estructuras calcificadas como son las espinas o vértebras, en las que existe la depositación periódica de las sales de calcio relacionada directamente con el crecimiento en la longitud total del organismo. El conteo de estas marcas se conoce como el método de lectura de anillos de crecimiento, con base en lo anterior se aplica este método al tiburón *Carcharhinus leucas* con 100 ejemplares obtenidos de los puertos de pesca artesanal de los Estados de Veracruz y Campeche, México y en el nuevo mercado de la viga. Las vértebras extraídas fueron aquellas ubicadas por debajo de la primera aleta dorsal para ser limpiadas del exceso de tejido conectivo y realizarles un corte sagital, para su posterior lectura del número de anillos, cuando la vértebra no presentaba una buena calcificación fue necesario aplicar las técnicas de rayos "X", tinciones con nitrato de plata y de rojo de alizarina, con este último se consiguió mejor visualización de los anillos de crecimiento.

Existió una formación anual de una par de bandas: una clara y otra oscura u opaca. Además de presentarse una relación proporcional entre la longitud total del organismo y el diámetro de las vértebras. Las longitudes totales de los organismos correspondieron a un intervalo de 55 cm a 334 cm para las hembras y de 30 cm a 327 cm para los machos, las edades fluctuaron de entre organismos nonatos (no nacidos) a 34 años para las hembras y de organismos nonatos (no nacidos) hasta 23 años para los machos. Los parámetros de crecimiento de acuerdo a la ecuación de von Bertalanffy son los siguientes: para los dos sexos  $L_{\infty} = 258.1$  cm,  $k = 0.1362$ ,  $t_0 = -2.001$ , para las hembras  $L_{\infty} = 264.4$  cm,  $k = 0.1196$ ,  $t_0 = -2.53$  y para los machos fue de  $L_{\infty} = 248.4$ ,  $k = 0.1692$ ,  $t_0 = -1.03$ . La talla de madurez sexual para las hembras es de 10 años a una longitud total de 204 cm mientras que, para los machos le corresponde una edad de 8 años y una longitud total de 190-200 cm. La mayor captura de estos organismos esta ubicada entre las tallas de 174 a 254 cm de longitud total.

## CONTENIDO

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. ANTECEDENTES

### 3. OBJETIVO GENERAL

### 4. ÁREA DE ESTUDIO

### 5. METODOLOGÍA

#### 5.1 Generalidades

#### 5.2 Trabajo de Campo

#### 5.3 Trabajo de Laboratorio

##### 5.3.1 Limpieza de las vértebras

##### 5.3.2 Lectura del número de bandas

#### 5.4 Trabajo de Gabinete

##### 5.4.1 Validación

##### 5.4.2 Crecimiento

##### 5.4.3 Prueba de $T^2$ Hotelling.

### 5. RESULTADOS

#### 6.1 Distribución de tallas

#### 6.2 Longitud del organismo y el radio vertebral.

#### 6.3 Descripción de las columnas de una hembra y un macho

#### 6.4 Lectura de los cortes de las vértebras (Determinación de la edad)

#### 6.5 Validación

#### 6.6 Número de bandas presentes en las muestras

#### 6.7 Crecimiento

#### 6.8 Prueba para diferenciar las curvas de crecimiento ( $T^2$ Hotelling)

### 7. DISCUSIÓN

#### 7.1 Generalidades

#### 7.2 Edad

#### 7.3 Crecimiento

### 8. CONCLUSIONES

### 9. RECOMENDACIONES

### 10. LITERATURA CITADA

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La pesquería del tiburón en México se ha efectuado desde principios de siglo (Cardiel-Ramírez, 1982), con su mayor auge en los años cuarentas debido a la alta demanda de los higados de los tiburones por su alta concentración de vitamina A, la cual descendió por la elaboración sintética de la misma a menor costo.

En aguas mexicanas, se han descrito aproximadamente 80 especies (Applegate *et al*, 1994) de tiburones distribuidos en los dos litorales. Sin el conocer aún las especies que habitan en cada zona y el estado de sus poblaciones.

Estos organismos están sujetos a las pesquerías ribereñas de tipo artesanal, la cual opera de acuerdo a la estacionalidad y disponibilidad del recurso. Esta actividad representa una importante fuente de alimento debido a la calidad y bajo costo de su carne.

A partir de los años setenta, la pesquería de los tiburones se constituyó en un recurso de gran interés comercial (en especial la aleta del organismo) para países como Inglaterra, Australia, Japón, E.U. y México entre otros (Rodríguez de la Cruz *et al*, 1988).

Con el paso del tiempo esta pesquería ha adquirido importancia económica como recurso pesquero para el país, el cual aporta el 2.5 % de la producción pesquera nacional con un promedio anual de 30,000 toneladas a partir de los años ochentas, ésta sólo es superada por la captura de sardina, anchoveta, mojarra y atún (Castillo-Géniz y Márquez-Farías, 1993) entre los peces óseos.

En el país, la pesca del tiburón se realiza en las zonas costeras cercanas a los puertos y la captura se lleva a cabo en pequeñas embarcaciones denominadas pangas, este tipo de pesca se le conoce como pesca artesanal ribereña, la cual tiene un radio de operación de 20 millas náuticas (Castillo-Géniz, 1992).

La pesca de altura se realiza en embarcaciones escameras, palangreras o tiburonerías con una eslora de 27 a 44 m y una capacidad de 10 a 120 toneladas (Castillo-Géniz, 1992).

Existe una preocupación cada vez mayor por el incremento nacional y mundial de la pesca del tiburón por las consecuencias en las poblaciones de algunas especies en varias zonas del mundo. En 1994, organizaciones como la Convención Internacional del Tratado de Especies en Peligro (CITES), requirió a las organizaciones internacionales crear un programa que reúna datos biológicos de estos organismos para indicar las especies que pudieran estar amenazadas por la sobreexplotación.



En 1997 el Comité de Pesca de la FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación) solicitó a un Grupo de Trabajo Técnico de expertos que elaboraran un Plan de Acción para la conservación y ordenación de los tiburones, el cual será puesto a disposición a través de las Delegaciones Nacionales.

La evaluación de los recursos pesqueros radica en la importancia de los estudios de edad y crecimiento que permiten conocer la estructura de edades de las poblaciones en explotación y así disponer información sobre la dinámica poblacional del recurso.

El conocimiento del crecimiento y la determinación de la edad basado en la formación de marcas concéntricas en estructuras calcificadas como son las espinas o vértebras, en las que existe la depositación periódica de las sales de calcio. El conteo de estas marcas se conoce como el método de lectura de anillos de crecimiento y es aplicado para estructuras calcificadas como aquellas vértebras ubicadas debajo de la primera aleta dorsal (Thorson y Lacy, 1982; Branstetter, 1986; Branstetter, 1987; Branstetter y Stiles, 1987; Bonfil *et al*; 1993, Simpfendorfer, 1993; Wintner y Cliff, 1996).

La vértebra está constituida por un centro denominado foco, de este lugar hacia los extremos se conoce como *corpus calcareum*. Al realizar un corte sagital, se puede apreciar la parte interna denominada *intermedialia*, de esta zona y hacia el borde de él se observan los anillos concéntricos (*annuli* o bandas), éstas pueden ser bandas claras o translúcidas y bandas oscuras u opacas al ser observadas bajo un haz de luz por transparencia.

La mayoría de las estructuras esqueléticas (mandíbulas, espinas y vértebras) de los tiburones y de otros condriictios consisten en cartilago no mineralizado. Este tejido cartilaginoso contiene fosfato de calcio depositado de acuerdo a dos patrones: el patrón de *tesserae* presente en los tejidos mineralizados, como en las mandíbulas y el patrón complejo interno localizado en el *centrum* de las vértebras y los cartílagos accesorios (Branstetter *et al*; 1987; Clements 1986 y 1992 in Moulton *et al*; 1992 y Officer, 1995).

Cailliet *et al* (1990), sugieren que el ingreso de estos elementos es muy probable que este controlado por factores bióticos, tal como la disponibilidad del alimento, depredadores, parásitos y competencia y por los factores abióticos como la luz del día, temperatura, química del agua y que pueden afectar la fisiología del tiburón.

El patrón del *centrum* de la vértebra es una serie de líneas concéntricas alrededor del foco (Ridewood, 1921 In Moulton *et al*; 1992). Este patrón indica que el crecimiento es hacia el borde del *centrum*, donde el diámetro y la longitud corresponden al crecimiento y longitud del individuo.

La técnica de asignación de edades consiste en diferenciar patrones de crecimiento observados como: pares de anillos o bandas claras (translúcidas a la luz) y oscuras (opacas

a la luz), unaseguida de la otra, las que definen a una zona de crecimiento (Yudin y Cailliet, 1990). La consistencia y color de las bandas se debe a las diferencias de concentración de calcio y fósforo presente en ellas, con una mayor presencia de estos elementos en la banda oscura y una menor concentración en las bandas translúcidas o claras (Cailliet *et al.*, 1983). Las bandas formadas durante el verano usualmente son opacas (calcificadas) y las bandas formadas durante el invierno son translúcidas (menos calcificadas) (Cailliet *et al.*, 1983; Martin y Cailliet, 1988).

Lo anterior está basado en tres suposiciones: la primera de ellas indica que, el crecimiento del esqueleto ocurre por un proceso de depositación continua y que no hay remodelación o reabsorción interna de los componentes en el esqueleto. La segunda, es que el incremento del tamaño del organismo corresponde a un aumento en el diámetro del *centrum* de la vértebra (Stevens, 1975), y que este es por la formación de una nueva banda sobre las ya existentes. Por último, se considera que la forma de depositación de los anillos se debe a diferencias en la mineralización atribuibles a las condiciones ambientales y fisiológicas por las que atraviesa el organismo durante su crecimiento (Cailliet *et al.*, 1983).

La estimación de la edad en los tiburones a partir de estructuras duras es un componente vital para el conocimiento de la dinámica poblacional a través de la cual se puede tomar decisiones en el manejo de las pesquerías. Por ello es importante validar los resultados y establecer criterios de precisión y reproducibilidad de los datos.

Beamish y McFarland (1983), proponen definir a la validación como la confirmación de la precisión de un método de determinación de edad y la verificación como la confirmación de la edad, por la comparación con otros métodos (Cailliet, *op cit.*)

Los métodos directos de validación son i) el marcado y recaptura de los organismos ii) estudios de crecimiento de los organismos en cautiverio, iii) marcado con tetraciclina en laboratorio y campo (Cailliet, 1990). El marcado de organismos se efectúa en vida libre donde se requiere de invertir una gran cantidad de tiempo para observar un crecimiento significativo, además de presentar la dificultad de que no siempre se recapturan todos los organismos marcados. El mantener a los organismos en cautiverio permite tener una predicción del crecimiento natural del organismo, con éxito se ha utilizado este método en los géneros *Heterodontus*, *Carcharhinus*, *Sphyrna*, *Rhizoprionodon* y *Notorhynchus*.

El marcado con tetraciclina puede realizarse tanto en vida libre como en condiciones de cautiverio. La combinación del conocimiento del crecimiento por este método provee de información sobre el crecimiento somático con una marca que se le realiza al organismo en una estructura calcificada, la cual da una comparación directa del crecimiento con el tiempo.

La forma indirecta de validar la técnica es por medio del análisis del incremento marginal, la cual proporciona información sobre la periodicidad de formación de los anillos de

crecimiento. Existen diversos métodos para estimar y verificar la periodicidad de las zonas de crecimiento en los tiburones tales como: a) retrocálculo y cálculo de los parámetros del modelo de crecimiento, b) análisis secuencial de frecuencia de tamaños, c) dimensiones del *centrum*, características histológicas o microanálisis elemental, d) datos radiométricos (Cailliet, 1990).

Tomando en cuenta lo anterior y las características externas de los anillos de crecimiento en las vértebras de los tiburones se han publicado diversos estudios de determinación de la edad y se han validado con estructuras bien calcificadas de las siguientes especies Cailliet (1990): *Negaprion brevirostris* (Gruber y Stout, 1983; Brown y Gruber, 1986 y Pike y Gruber, 1988), *Rhizoprionodon terranovae* (Branstetter, 1987 y Parsons, 1985), *Triakis semifasciata* (Smith, 1984; Kusher, 1987), *Raja clavata* (Ryland y Ajayi, 1984; Brander y Palmer, 1985), *Carcharhinus plumbeus* (Casey *et al*, 1985; Branstetter, 1987), *Squalus acanthias* (Beamish y McFarlane, 1985; Tucker, 1985; McFarland y Beamish, 1987), *Prionace glauca* (Skumul *et al*, 1988).

Por otro lado, existen trabajos donde se ha tratado de conocer el proceso de mineralización en vértebras de tiburón como en *Mustelus antarcticus* y *Galeorhinus galeus* (Moulton *et al*; 1992 y Officer, 1995).

Cailliet *et al*; 1990 (in Cailliet 1992) presentan un algunos procedimientos de verificación como son: a) análisis de los parámetros del modelo de crecimiento von Bertalanffy derivado de los conteos de las bandas (retrocálculo), b) uso de los parámetros de la ecuación de crecimiento para evaluar cambios en tamaño (edad) sobre los pasados periodos de tiempo y c) análisis de clases de tamaño, con el trazo de las modas de tamaño en el tiempo y se compara las tasas derivadas de este procedimiento con curvas de crecimiento.

Los trabajos publicados incluyen siete especies de rayas de la familia Rajidae, seis especies de rayas de las familias Dasyatidae, Myliobatidae y Rhinobatidae y veinticinco especies de tiburones, incluyendo miembros de las familias Squalidae, Heterodontidae, Gimnglymostomatidae, Rhincondontidae, Alopiidae, Cetorhinidae, Lamnidae, Triakidae, Carcharhinidae y Sphyrnidae (Cailliet, *op. cit*).

## 2.- ANTECEDENTES

En el proyecto "Evaluación de la Pesquería de Tiburón del Golfo de México", (Rodríguez de la Cruz, *et al*, 1996), realizado durante el período comprendido entre noviembre de 1993 a diciembre de 1994, se muestrearon 11 localidades comprendidas en los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán.

De estos muestreos se encontraron 38 especies de tiburones con un censo total de 84 717 individuos clasificados como: especies abundantes, comunes, poco abundantes y especies raras.

Dentro de las especies abundantes se ubicó al tiburón toro *C. leucas* el cual pertenece a la familia Carcharhinidae, especie ubicada entre más abundantes ubicada en sexto lugar dentro de la pesca artesanal del tiburón en el Golfo de México con un 2.4 % (2048 ejemplares) de abundancia con respecto al total de los organismos registrados con un mayor registro en los Estados de Campeche y Veracruz. Se encuentran en orden descendente en orden de abundancia a: *Rhizoprionodon terranova*, *Sphyrna tiburo*, *Carcharhinus limbatus*, *Carcharhinus acronotus*, *Sphyrna tiburo* y *C. leucas*.

Debido a la intensa explotación de que es objeto el tiburón toro *C. leucas* y al poco conocimiento que se tiene de su biología y dinámica poblacional tanto de este elasmobranquio como de otras especies de tiburones del Golfo de México es importante describir, conocer y entender las características principales del organismo desde el punto de vista biológico (edad, crecimiento, mortalidad, reproducción) y poder evaluar las condiciones de sus poblaciones para establecer una explotación racional de este recurso de importancia comercial y ecológica para México.

El tiburón toro *C. leucas* es conocido en las costas del Golfo de México también como tiburón "chato" o "xmoa" dependiendo de la región. Pertenece al orden de los Charchariniiformes (Castro, 1984) y a la familia Charcharhinidae (Jordan y Everman, 1969), la cual es considerada como una de las más grandes incluyendo 48 especies según Castro (1984).

*Carcharhinus leucas* fue descrito por primera vez por Valenciennes (1839), con base en dos ejemplares capturados en las Antillas. Los organismos tipo son: una hembra bajo el número de catálogo MNHN A9652 y un macho con número de catálogo MNHN A9650 dichos ejemplares son conservados en el Museo Nacional de Historia Natural de París, Francia.

El tiburón toro, *C. leucas*, es una de las especies con una amplia distribución considerado como una especie cosmopolita que puede incursionar del mar hacia los cuerpos de agua costeros, estuarinos, ribereños y lacustre (Castro, 1983).

Se localiza en el Océano Atlántico Americano, desde Massachusetts (Estados Unidos de Norteamérica), hasta el sur de Brasil; por el Océano Atlántico Oriental en Marruecos, Senegal y Angola, en el Océano Índico se localiza desde Sudáfrica hasta la India. Por la parte oeste del Océano Pacífico, comprende desde Tailandia hasta Filipinas y al este del Océano Pacífico va desde el sur de Baja California hasta el Ecuador (Compagno, 1984). Habita en aguas poco profundas a menos de 30 m de profundidad y ocasionalmente a menos de un metro, pero puede llegar a estar a más de 150 m de profundidad (Fig. 1).



Fig. 1.- Localización del tiburón toro *Carcharhinus leucas* en el mundo (tomado de Compagno, 1984).

*Carcharhinus leucas* es un tiburón cosmopolita que puede incursionar hacia aguas con menores salinidades. Schwartz (1959) reportó haber capturado dos especímenes (machos) localizados por arriba de la boca de la Bahía Chesapeake en salinidades que variaban entre los 10-14 ‰. En 1966, Thorson *et al*, colectaron diecinueve tiburones toro en diversos puntos ubicados en el Lago Nicaragua y el Río San Juan en aguas totalmente dulces.

Thorson en 1971 realizó un extenso programa de marcado demostrando el desplazamiento de *C. leucas* del ambiente marino hacia el Lago de Nicaragua a través del Río San Juan. En 1972, nuevamente Thorson indica que en el Río Amazonas no sólo incursiona el tiburón toro *C. leucas* sino que también *Carcharhinus porosus* y *Carcharhinus platyodon*.

Cabe mencionar que *C. leucas* no sólo puede transportarse hacia aguas menos salinas sino que también puede permanecer por varios meses e incluso años en este tipo de ambientes como lo es en la parte superior del Río Mississippi (Thomerson, 1977). Esta evidencia indica que para el tiburón toro *C. leucas* puede ser una oportunidad ecológica para un depredador con una gran capacidad fisiológica de conducirse entre dos ambientes de salinidades diferentes.

Snelson y Williams (1981), mencionan que en el Sistema de Lagos de Indian River en Florida, se capturaron tiburones toro y la mayoría de ellos presentaban una longitud total de 120-180 cm e indican que durante todo el año, para toda el área se pueden encontrar organismos jóvenes, crías y adultos, aunque estos últimos abundan más afuera que adentro de este Sistema. Cailliouet *et al* (1969), colectaron a 67 ejemplares en la Bahía de Vermilion, Louisiana, en una zona estuarina que comprende la parte sur-central de este lugar.

El tiburón toro, *C. leucas* es un organismo vivíparo, alcanza una talla máxima registrada de 340 cm. La madurez sexual la alcanza entre los 157-226 cm para los machos pudiendo alcanzar una talla máxima de 299 cm y de 180-230 cm de longitud total respectivamente. Mientras que las hembras pueden alcanzar una talla máxima de 324 cm de longitud total. El tiempo de gestación se estima entre 10 y 11 meses (Castro, 1983 y Compagno, 1984), las crías nacen a finales de la primavera e inicios del verano, con una talla de 56-81 cm.

Este tiburón se alimenta de manera diversa según la etapa de vida y hábitat consumen crustáceos (*Callinectes*, *Penaeus*) peces (Aridae, Carangidae) e incluso de organismos de su misma especie (Snelson, 1984). Branstetter (1981) dice que los machos a los 212 cm presentan los claspers calcificados y a los 217 cm ya son completamente maduros. Diversos aspectos de su biología se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1.- Información sobre la biología del tiburón toro *C. leucas*

	Branstetter (1981)	Castro (1983)	Compagno, (1984)	Snelson <i>et al.</i> , (1984)	Branstetter y Stiles, (1987)	De la Cruz <i>et al.</i> , (1996)
Longitud total (cm) prom	Nd	H=240 cm y 130kg M=225 cm y 95 kg	nd	nd	H=242-268 cm M=213-245 cm	206.2 cm
máx	nd	350 cm y 230 kg	340 cm y 14 años	nd		334 cm para una hembra
Madurez (cm)	H = 228 cm M = 217 cm	200 cm	250 cm o 6 años	H = 249 cm	H=226 cm M=229 cm	H = 204 cm M = 190 a 200 cm
Período de apareamiento	nd	junio a julio Golfo de México	Junio a julio	junio a julio	nd	mayo a junio
Tiempo de gestación (meses)	nd	10 - 11	10 - 11	nd	10 - 11	10 - 11
Período de nacimiento	abril a mayo	abril a junio	Finales de primavera e inicios de verano	mayo a junio	junio-agosto	mayo a junio
Tamaño al nacer	75 cm	75 cm	56 a 81 cm	60 a 80 cm	75	78 cm
Número de crías	3 a 6	Nd	1 a 13	nd	nd	1-22

Las longitudes son totales

prom = promedio

nd = no disponible

H = hembra

M = macho

En lo referente a la edad y crecimiento para el tiburón toro *C. leucas* se tiene el trabajo realizado por Branstetter y Stiles (1987) para la zona del norte del Golfo de México. Ellos encuentran que la talla máxima para hembras es de 268 cm de longitud total estiman una edad de 24.2 años y para los machos señalan que la talla máxima encontrada fue de 245 cm de longitud total y la edad de 21.3 años. La talla mínima de madurez para las hembras fue de 226 cm de longitud total. Por otro lado, para los machos la talla mínima de madurez se observó que fue de 229 cm de longitud total. La talla de madurez promedio para las hembras resulto ser de 225 cm de longitud total, para los machos fue de 210 cm de longitud total. La  $L_{\infty} = 2.85$ , la  $k = 0.76$ ,  $t_0 = -3.0$ , los datos corresponden a 59 individuos. Del estudio generado por Thorson y Lacy (1982), se obtuvieron las tallas máximas para las hembras de 251 cm de longitud total y 16 años, mientras que para los machos fue de 214 cm de longitud total y 12 años.

Tabla 2.- Información de marcado y crecimiento del tiburón toro *C. leucas*.

Autores	Tipo de estudio	Crecimiento obtenido y conclusiones
Bass, 1977.	Captura y recaptura en la Costa del Este de Sudáfrica.	Los organismos crecen: 6 cm/año para la hembra 1.4 cm/año para el macho.
Thorson y Lacy, 1982.	Captura y recaptura entre el Lago de Nicaragua y el Sistema del Río San Juan, Nicaragua y Costa Rica.	Los organismos crecen: 18 cm/año el primer año 16 cm/año el segundo año. Las tasas de crecimiento son altas en los dos primeros años.
Branstetter y Stiles (1987)		Los organismos crecen en promedio: 2-4 cm/año para los primeros cinco años 2 cm/año para los siguientes cinco años
Schmid <i>et al</i> , 1990.	Crecimiento en cautiverio por más de cuatro años.	Crecimiento de: 28-42 cm/año para el primer año 14 cm/año para el cuarto año. Los organismos crecen más rápido en cautiverio que en la naturaleza de 1 a 4 años.

El presente estudio pretende determinar la edad y estimar el crecimiento del tiburón toro *C. leucas* con información obtenida de las zonas de pesca de Veracruz y Campeche a través de la lectura de los anillos de crecimiento presentes en las vértebras dorsales del organismo, lo cual permite conocer la historia de vida de las especies y su habilidad para resistir la presión de pesca.



### 3. OBJETIVO GENERAL:

-Conocer la edad y crecimiento del tiburón toro *C. leucas* (Valenciennes, 1839) capturado en las costas de los Estados de Veracruz y Campeche, estimando la edad a través de la lectura de anillos de crecimiento en las vértebras ubicadas debajo de la primera aleta dorsal.

#### OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1.- Determinar la edad del organismo por medio de la lectura de anillos de crecimiento en las vértebras ubicadas debajo de la primera aleta dorsal.
- 2.- Validar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento como forma indirecta de estimación de la edad del organismo.
- 3.- Estimar el crecimiento del tiburón toro *C. leucas* para hembras y para machos de acuerdo a la estimación de las edades con la aplicación del modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

#### 4. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México está ubicado en la zona subtropical entre los 18° y 30° N y los 82° y 98° O, es considerado como una cuenca semicerrada comunicada al Océano Atlántico y con el Mar Caribe, por el Estrecho de Florida y por el Canal de Yucatán. Las condiciones atmosféricas sobre el Golfo de México permiten el intercambio de masas de aire frío y seco que provienen del continente y las masas de aire propias del golfo de origen marítimo y tropical provocan una fuerte e importante frontogénesis ("Nortes"). El Banco de Campeche se extiende desde la parte oriental de la Laguna de Términos hasta la altura de Isla Mujeres, en una amplia plataforma continental y su fondo es de sedimentos calcáreos (Fig. 2).

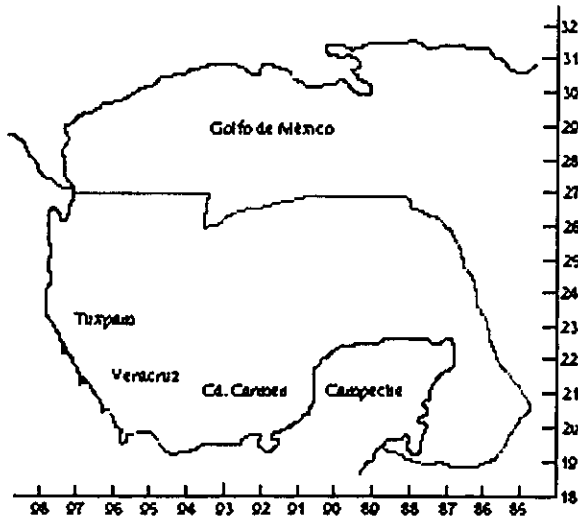


Fig. 2.- Área de estudio del tiburón toro *Carcharhinus leucas* en el Golfo de México.

#### Batimetría

El Golfo de México limita hacia la región norte con la frontera de los Estados Unidos de Norteamérica y hacia el sur la frontera con Belice, se caracteriza por presentar una

plataforma continental muy amplia que rodea la Península de Yucatán, zona que se conoce como Banco de Campeche, con una amplia plataforma continental de 225 a 250 km y su fondo es de sedimentos calcáreos. La plataforma se reduce significativamente hasta llegar a tener 50 km de ancho entre la zona de Tabasco y Tamaulipas, ensanchándose nuevamente hasta 100 km al norte de este último estado fronterizo. Por lo que su batimetría varía bastante y puede llegar a alcanzar profundidades de 4000 m. en su región central.

La planicie fluvio-deltaica del Golfo de México esta influenciada por los ríos Bravo, San Fernando, Soto La Marina, Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Czones, Tecolutla, Jamapa, Papaloapan, Uxpanapa, Grijalva, Usumacinta, Candelaria y Coatzacoalcos (Alvarez-Arellano y Gaitán-Morán, 1994).

### **Circulación**

El mecanismo principal de la circulación en el Golfo de México es el transporte asociado al flujo que entra a través del Canal de Yucatán y gira al este y luego al noroeste para convertirse en la corriente de Lazo y salir por el estrecho de Florida. La trayectoria que describe la corriente es una curva muy pronunciada, tanto que cualquier perturbación que se propague a lo largo de la corriente puede provocar que la trayectoria de la curva se cierre sobre sí misma, forme un vórtice anticiclónico y se desprenda de la trayectoria base. A este vórtice generado se le conoce como anillo o giro anticiclónico, por su forma y sentido del giro, (Fernández-Eguiarte *et al*, 1993). La dinámica del Golfo esta condicionada tanto por el viento, como por el transporte de masa que entra y sale del Golfo por las fronteras. La circulación esta caracterizada por la Corriente de Lazo presente en la parte este del Golfo y en las cercanías de las fronteras; el giro anticiclónico que se desprende de la Corriente Lazo se transporta hacia la parte oeste del Golfo; la circulación anticiclónica, principalmente en las plataformas de Florida y Texas-Louisiana y en la Bahía de Campeche; una corriente intensa de frontera oeste paralela a la costa oeste del golfo; los frentes oceánicos que se encuentran principalmente en las vecindades de la Corriente de Lazo (Monreal-Gómez y Salas de León, 1997).

Durante primavera y verano la corriente de Yucatán es relativamente rápida y fluye muy próxima a la costa sobre el talud de la plataforma yucateca, mientras que en las otras estaciones del año fluye más lentamente y separada del talud continental. Así mismo, la longitud, ancho, grosor y patrón de trayectoria cambian. Las variaciones presentes están controladas por la uniformidad, persistencia, dirección y fuerza del viento sobre el Caribe y por la estructura termohalina de las masas de agua con que se encuentra la corriente.

### **Masas de agua**

Se considera la presencia de cinco tipos de masas de agua; de los cuales tres son costeras con salinidades y temperaturas elevadas. La zona del Banco de Campeche se caracteriza por presentar un valor elevado de salinidad superficial (>36.40 ‰).

En el oeste del Golfo, se presenta una porción de agua con temperaturas y salinidades altas similar a la masa de agua subtropical subsuperficial que entra por el Canal de Yucatán. Por otro lado, el agua que llega al Golfo de México por medio del Canal de Yucatán en las capas superiores, es Agua Subtropical Subsoperficial del caribe con alta salinidad y temperatura (aproximadamente 36.6 ups y 22.5 °C). Esta agua entra al Golfo para formar la Corriente Lazo de la cual más tarde se desprende un giro anticiclónico, en cuyo centro queda atrapada agua salina y caliente. El giro anticiclónico una vez que se desprende de la Corriente Lazo se desplaza hacia el oeste. El proceso de mezcla constituye uno de los mecanismos de formación de Agua Común del Golfo ya que los movimientos convectivos afectan la estabilidad asociada con la termoclina principal.

### **Temperatura**

El Golfo de México presenta una temperatura superficial entre 22 y 28 °C con variaciones a lo largo de su eje norte sur. Alcanza las temperaturas más elevadas en verano hacia la parte este del Golfo (26-28 °C), la más baja temperatura la alcanza en la parte oeste del golfo (22-24 °C). La parte correspondiente al Canal de Yucatán casi siempre presenta agua cálida que proviene del mar Caribe por medio de la Corriente de Yucatán.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Generalidades

El periodo de muestreo comprendió los meses de enero a junio y de octubre a diciembre, fecha en que la abundancia de esta especie de tiburón es mayor de acuerdo con lo reportado por Rodríguez de la Cruz *et al*; (1996). La recolecta de las muestras de las vértebras se realizó en 4 puertos de pesca artesanal ribereña de los Estados de Veracruz (Alvarado) y Campeche (Campeche, Ciudad del Carmen y Champotón) y en el mercado de la Viga de la Ciudad de México durante el periodo comprendido entre los años de 1994 a 1998.

### 5.2 Trabajo de Campo

El registro de las medidas morfométricas y la colecta de las vértebras del tiburón toro *C. leucas* se obtuvieron a pie de playa en los puertos de pesca artesanal y en algunos casos en el mercado de la Nueva Viga. Una vez que se obtenía el permiso de los pescadores o compradores se procedió a realizar lo siguiente:

- 1) Identificación del organismo de acuerdo, a las claves para la determinación de tiburones del Golfo de México (Compagno, 1984, Castro, 1983. y Marín-Osorio, 1992).
- 2) Medición de la longitud total, distancia existente entre la punta de la cabeza o morro hasta el lóbulo superior de la aleta caudal, colocando al organismo en posición horizontal. En todos los especímenes se midió hasta el centímetro más cercano.

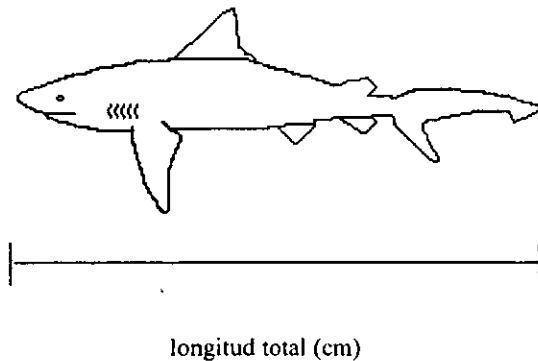


Fig. 3.- Registro de medidas morfométricas (longitud total) del tiburón toro *Carcharhinus leucas*.

3) La determinación del sexo del organismo se realizó por medio de la presencia o ausencia de los gonopterigios o clasper.

4) El estado de madurez sexual fue determinado para los machos por el grado de vascularización de la gónada y el grado de calcificación de los clasper y su rotación. En las hembras grandes se estimó la madurez cuando sus ovarios presentaron óvulos en completo desarrollo o bien sus úteros portaban embriones y se observaba la presencia de un útero amplio. Por otro lado, se estimó la presencia de embriones y el número de ellos así como sus tallas y sexos.

Los organismos censados se clasificaron de acuerdo a su estado de madurez :

**Neonatos.** Organismo recién nacido con la presencia del cordón umbilical, cuya cicatriz se presenta en diferentes modalidades dependiendo del tiempo de nacido: abierta, iniciando la cicatrización y con el proceso ya finalizado.

**Juvenil.** Organismo que presenta aún rastros de la cicatriz umbilical. Los machos se evidencian por el desarrollo temprano de los gonopterigios en una etapa avanzada de esta fase, los órganos sexuales internos se aprecian delgados y pálidos tanto para hembras como para machos.

**Adulto.** Los machos se presentan los gonopterigios completamente calcificados, vascularizados y con capacidad de rotación hacia la parte anterior del animal. Las hembras muestran los ovarios de gran tamaño con aspecto granulado y presencia de folículos maduros de color amarillo, embriones o útero amplio.

5) Se extrajeron entre 1 y 10 vértebras localizadas debajo de la primera aleta dorsal, por presentar éstas un mayor grado de calcificación y ser las más grandes (Branstetter y Stiles, 1987). Las vértebras fueron almacenadas en alcohol al 70% (Stevens, 1975), para su posterior procesamiento.

6) Se obtuvo la información disponible de la zona de captura (lejanía de la costa), tipo de embarcación, hora de captura, arte de pesca y la luz de malla utilizada.

### **5.3 Trabajo de Laboratorio**

#### **5.3.1 Limpieza de las vértebras**

Las vértebras se limpiaron del exceso de tejido conectivo con hipoclorito de sodio al 5.0 % al concluir este procedimiento, las vértebras fueron enjuagadas con agua corriente y almacenadas en alcohol al 70%.

### 5.3.2 Lectura del número de bandas de crecimiento

De 104 individuos registrados sólo en 95 de ellos se determinó el número de anillos presentes. La vértebra a partir de un corte transversal (Fig. 4) se dividió en 3 secciones principales vista desde un corte transversal: el *corpus calcareum* (parte externa), dentro de esta zona se presentan los *annuli* o bandas de crecimiento, la parte *intermedialia* (parte interna) y el foco (centro).

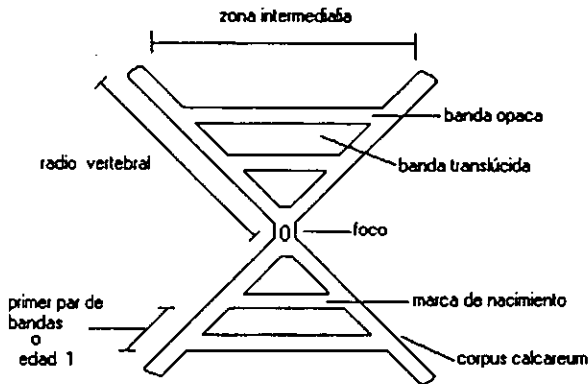


Fig. 4.- Vista del corte transversal de una vértebra.

Los pares de bandas están conformadas por una banda clara o translúcida y por una banda opaca u oscura. Para la lectura del número de bandas de crecimiento se consideró a cada par como un ciclo anual, es decir, un año de vida del ejemplar (Branstetter y McEachran, 1986).

El término *annulus* es utilizado para definir a las marcas de crecimiento anuales y esta definido como una zona concéntrica, banda o marca que puede ser una cresta o valle en la superficie o una zona translúcida u opaca. Sin embargo, la unidad de tiempo, no está inherentemente implicada.

La formación de anillos se debe a la distinta calidad de la depositación de calcio asociado a los cambios ambientales. En condiciones de mayor cantidad de alimento disponible como sería durante la primavera y el verano, se forma una banda oscura y amplia comparada con la banda translúcida o clara que se forma en el transcurso del invierno.

Para realizar la lectura del número de anillos de las vértebras se efectuaron cortes sagitales o transversales, para ello las vértebras completas fueron adheridas a una base de madera para su corte. Se probaron diferentes resinas y pegamentos transparentes para fijar la vértebra a la base de madera para lograr la mejor calidad del corte y evitar su ruptura.

La resina que mejor resistencia tuvo con respecto al corte, al agua y al lubricante de la cuchilla fue la resina Araldite GY-6010 y el endurecedor HY-956 de CIBA, ésta se utilizó para montar las vértebras una vez que estaban limpias y secas a una base de madera y permitir una mejor manipulación de la misma para su posterior corte (Fig. 5).

Los cortes se llevaron a cabo con la cortadora Isomet de baja velocidad de Buehler ubicada en el Laboratorio de Paleobotánica del Instituto de Geología, UNAM, se utilizó el disco de corte con borde diamantado de 16 cm (4") de diámetro x 0.3 mm (0.012") de espesor, 1.27 (0.5") husillo de alta concentración de Buehler y como lubricante de la misma se utilizó el aceite de corte directo Pale Paraffin Oil 10 Conoco de DuPont (Fig. 6).

Para seleccionar el grosor adecuado para observar los anillos o bandas presentes en las vértebras, se realizaron diferentes rutinas hasta encontrar el grosor y la velocidad del corte óptimos. Después de experimentar en un intervalo de 0.3 a 1 mm se observó que el grosor que mejor información proporcionó fluctúa en un intervalo de 0.3 a 0.5 mm en forma transversal (corte sagital) a la vértebra vista desde el *corpus calcareum* y de esta manera su obtuvieron los cortes en forma de moño (bow tie) (Fig. 7).

Antes de estimar el número de anillos en el corte de la vértebra, éste se observó con detenimiento para identificar cada una de las bandas (anillos) de crecimiento y distinguir los verdaderos de los falsos anillos. Esta situación se corroboró con los anillos formados en el *corpus calcareum* y en la parte *intermedialia*.

En ocasiones, no fue fácil observar con detalle los anillos de crecimiento especialmente para las vértebras más grandes, ya que hacia la parte final del *corpus calcareum* los anillos estaban más juntos. Por ello, fue necesario utilizar una técnica de tinción, como auxiliar en las lecturas. Se experimentó con dos colorantes recomendados por la literatura: cristal violeta y rojo de alizarina S (1 gr. de rojo de alizarina S en 95 ml de H<sub>2</sub>O destilada y lentamente se agregó 5 ml de hidróxido de amonio al 10% como buffer; La Marca, 1966). Este último colorante fue el que mejor permitió evidenciar las bandas de crecimiento para los ejemplares de *C. leucas*.



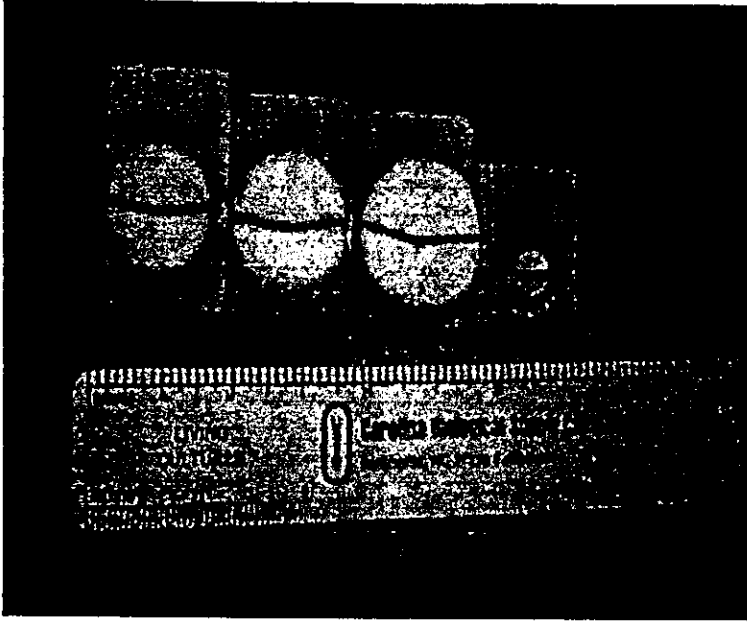


Fig. 5.-La fijación de la vértebra a una base de madera para el corte en la cortadora Isomet.

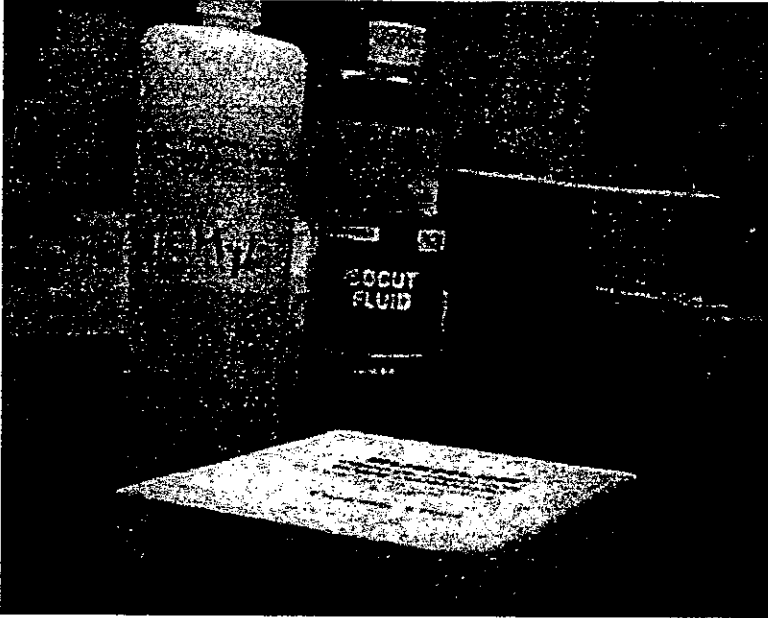


Fig. 6.-Material utilizado para la cortadora Isomet.



Fig. 7. Cortadora Isomet.

Con el fin de mejorar y comparar la lectura de los anillos usando las técnicas de crecimiento anteriores se probó con la técnica de rayos "X" realizada en el Departamento de Medicina, Cirugía y Zootecnia para pequeñas especies de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en el Centro Médico de la UNAM así como en los laboratorios del Southwest Fisheries Science Center (SFSC) de la National Oceanography Atmospheric Administration (NOAA). Se utilizó también el nitrato de plata con la vértebra completa para visualizar el número de anillos, ésta última se realizó en el laboratorio del Dr. Oscar Sosa del Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE).

Una vez que se había adquirido la experiencia y criterios para detectar los anillos de crecimiento bajo el microscopio estereoscópico, se procedió a estimar el número de anillos y leer las muestras en dos etapas. La primera consistió en leer de una sola vez todas las muestras en un periodo establecido y posteriormente se dejó pasar 3 semanas y para realizar una segunda lectura de la misma forma que se realizó la primera vez, sin considerar los datos previos para mejorar el valor de la repetición.

Cada lectura consistió en medir la distancia presente entre el foco de la vértebra y asimismo determinar el número de bandas o anillos bien formados: i) la parte más externa de la vértebra (radio de la vértebra), ii) hacia cada par de bandas bien formadas (radio de cada anillo).

Cada una de las muestras fue leída por lo menos dos veces por un mismo lector. En situaciones donde existió incongruencia entre las distintas lecturas del número de anillos se realizó una tercera lectura.

En otras ocasiones fue necesario realizar un nuevo corte a las muestras que se tenían con más de una vértebra y por lo tanto, de otras dos lecturas por el lector. La cuantificación del número de líneas y la medición de los radios vertebrales se realizó con microscopio estereoscópico, con ocular micrométrico y con reglilla graduada. Las distancias registradas se midieron a la línea más cercana de la graduación presente. En promedio se analizaron dos vértebras por cada ejemplar.

La lectura del número de anillos de crecimiento presentes en las vértebras se cuantificaron con base en lo establecido por: Casey *et al*, 1983; Cailliet *et al*, 1985; Branstetter y Stiles, 1987; Yudin y Cailliet, 1990; Bonfil *et al*, 1993 y Simpfendorfer, 1993.

Los criterios para definir un falso anillo no están bien establecidos en la literatura. Se requiere de la experiencia personal que permita definirlos. Por ello se consultó con los Doctores Susan Smith y David Au del SFSC de la NOAA junto con el Dr. Oscar Sosa del CICESE, quienes con su experiencia en lectura de anillos en los tiburones mako, y zorro aportaron criterios e ideas para la adecuada lectura de los anillos de crecimiento. Por otro lado, en los primeros laboratorios se realizaron también pruebas con rayos "X" en vértebras completas y en los cortes de las mismas de acuerdo con lo establecido por Yudin y Cailliet (1990), Cailliet *et al*; (1983a); Cailliet *et al*; (1983b); Cailliet *et al*; (1985); Ferreira y Vooren, (1991).

Además se contó con el apoyo tanto del Biól. Leonardo Castillo y Dr. Ramón Bonfil expertos en el área de biología y pesquerías de tiburones ante la FAO por la parte mexicana y canadiense en esos foros. Estos investigadores revisaron las muestras y así establecer el criterio para determinar el número de anillos sobre todo en las vértebras que se tenía dudas.

El Dr. Bonfil aconsejó leer nuevamente todas las muestras con sus repeticiones, una vez ya leídas, y de esta manera considerar a un lector como confiable.

Se determinó que tan preciso es un lector en el conteo del número de anillos presentes en cada vértebra utilizando el Índice del Error Promedio Porcentual (IAPE) descrita por Beamish y Fourier (1981), estadístico que describe en porcentaje que tanto son diferentes las lecturas hechas por dos lectores.

Se contó con la ayuda de otro lector para considerar si entre los dos lectores observaban el mismo número de anillos y no existía algún otro tipo de sesgo cualitativo visual.

A fin de efectuar esta prueba se eligieron al azar 30 muestras de los cortes de las vértebras con base en los cortes de las vértebras que no mostraban tantas complicaciones para su lectura. Fueron contadas por lo menos dos veces por los dos lectores a fin de verificar que el conteo de las bandas sea repetible (Brown y Gruber, 1988; Simpfendorfer, 1993; Natanson *et al.*, 1995; Officer, 1995 y Wintner y Cliff, 1996). Si las lecturas variaban entonces se realizaba una tercera lectura.

Además se realizó la prueba de "t" pareada con un 0.5% de confianza para determinar diferencias significativas entre las lecturas realizadas por los dos lectores.

Para determinar que el número de anillos presentes en todas las vértebras del organismo y no variará con respecto a su posición a lo largo de la columna vertebral. Se analizaron dos columnas completas de dos organismos; una hembra y un macho de 174 cm y 165 cm de longitud total respectivamente (ambos son organismos con el mismo número de vértebras, para el caso del macho no fue posible leer todas las vértebras).

Afin de contar el número de anillos presentes en cada una de las vértebras de estos dos individuos, se tomó la primera vértebra unida a la base del cráneo, como el punto inicial y a partir de ésta se contaba cada diez y era la que se leía y media el radio.

## **5.4 Trabajo de Gabinete**

### **5.4.1 Validación**

El análisis de incremento marginal (AIM), es un método indirecto de validación que permite demostrar en forma indirecta la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento (Schwartz, 1983; Branstetter y McEachran, 1986; Branstetter y Stiles, 1987; Simpfendorfer, 1993; Natanson *et al.*, 1995 y Liu, 1999).

Este análisis calcula la anchura y densidad del borde del centro vertebral a través del tiempo en diferentes individuos en tamaño, sexo y edad. Puede discernir los cambios estacionales y el tiempo de formación del anillo o banda. Este enfoque permite categorizar el borde de la vértebra como una zona opaca o translúcida.

La validación cuantitativa tanto en los peces óseos como en los elasmobranquios confirma la precisión de un método en la estimación de edades, la reproducibilidad de las edades asignadas.

Para ello en este trabajo únicamente se realizó la validación de manera indirecta a través del Análisis del Incremento Marginal (AIM), éste ayuda a calcular el incremento de los

márgenes de las estructuras calcificadas y estandarizar los valores se acuerdo a la siguiente fórmula (Chen, *et al*, 1990; Galluci *et al*; 1996 y Kwang-Ming *et al*,1998):

$$AIM = (R - r_b) / (r_b - r_{b-1})$$

R = radio de la vértebra

$r_b$  = radio de la última banda bien formada

$r_{b-1}$  = radio de la penúltima banda bien formada

#### 5.4.2 Crecimiento

La información que genera la determinación de la edad real o relativa de acuerdo a la estimación del número de anillos de crecimiento permitió aplicar el modelo de crecimiento de von Bertalanffy tanto para hembras, machos y el modelo general incluidos los dos sexos.

La fórmula de crecimiento de von Bertalanffy (1938) fue utilizada para predecir la curva de crecimiento para las hembras y para los machos, la ecuación es:

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

$L_t$  = longitud total a la edad "t" en años

$L_{\infty}$  = máxima longitud teórica

k = la tasa en la cual la asintota es alcanzada

$t_0$  = la edad teórica a la longitud cero.

El cálculo de estos parámetros de crecimiento se realizó por medio del método de Prager (1987), denominado Fishparm, el cual esta basado con lo establecido por von Bertalanffy (1938), Gulland (1983), Pauly (1984), Ratkowski (1985), Ricker (1975 y 1979) y Vaughn y Kanciruk (1982).

**5.4.3 Prueba para establecer diferencias entre las curvas de crecimiento ( $T^2$  Hotelling).**

Prueba de T de Hotelling para diferenciar entre dos curvas de crecimiento.

La diferencia entre estas curvas de crecimiento es calculada por medio de la prueba de  $T^2$  Hotelling (Bernard, 1980), la cual es derivada de la distribución de unión multivariada y esta basada en vectores de los parámetros y de sus matrices de varianza-covarianza.

Es una prueba en la que esta comparando los tres parámetros calculados por von Bertalanffy para hembras y machos como son: la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ), el coeficiente de crecimiento ( $k$ ) el tiempo en el cual la longitud del organismo es cero ( $t_0$ ) y las diferencias de estos valores entre las curvas son expresados como vectores-columna.

Donde  $P_1$  (para machos) y  $P_2$  (para hembras) son vectores columna de los parámetros de crecimiento y  $[P_1 - P_2]$ , es el vector columna de las diferencias entre los parámetros antes señalados.

El estadístico  $T^2$  es calculado como el producto del tamaño de muestra con las diferencias en los parámetros de crecimiento  $[P_1 - P_2]$  y la matriz inversa de varianza-covarianza de los parámetros de crecimiento entre los machos y hembras.

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} [P_1 - P_2]' S^{-1} [P_1 - P_2] \dots\dots 1$$

Donde  $n_1$  y  $n_2$  son los números de muestra de tiburones para los dos grupos  $[P_1 - P_2]$  y  $S^{-1}$  es la matriz inversa de la varianza-covarianza.

$$S = \frac{(n_1 - 1) S_1 + (n_2 - 1) S_2}{n_1 + n_2 - 2} \dots\dots\dots 2$$

Donde S1 y S2 son las matrices estimadas de varianza-covarianza de "L<sub>∞</sub>", "k", "t<sub>0</sub>" de los dos grupos de peces.

Por que T<sup>2</sup> esta relacionado con t de student y es estadístico de F con algunas modificaciones en sus valores son utilizados para probar la significancia de T<sup>2</sup>.

$$T_o^2 = \frac{3(n_1 + n_2 + 2)}{n_1 + n_2 - 4} \dots\dots\dots 3$$

Los grados de libertad se calculan con base en esta fórmula:

$$F \alpha : 3, n_1 + n_2 - 4$$

Los puntos críticos se obtienen de una tabla estándar de F y con 3 y n<sub>1</sub> + n<sub>2</sub> - 4 grados de libertad.

La hipótesis nula (H<sub>0</sub>, T<sup>2</sup> es igual a T<sub>o</sub><sup>2</sup>) asume que no existen diferencias al comparar los parámetros de las curvas de crecimiento y se considera que el crecimiento en los dos grupos es similar. Pero, si T<sup>2</sup> es mayor que T<sub>o</sub><sup>2</sup>, entonces la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) es rechazada y se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>, T<sup>2</sup> es menor que T<sub>o</sub><sup>2</sup>), la cual indica diferencias entre los parámetros de crecimiento de los dos grupos.

Si es aceptada la hipótesis nula (H<sub>a</sub>), es necesario calcular los intervalos de confianza Roy-Bose que están alrededor del valor calculado para cada parámetro. El intervalo es simétrico hacia cada valor obtenido, por medio de la fórmula 4.

$$F = (p_{1j} - p_{2j}) \pm \text{raíz cuadrada de } \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} T_o^2 \dots\dots 4$$

Esta fórmula estandariza los parámetros de crecimiento de forma tal que la magnitud de cada uno de ellos no influya al comparar las diferencias entre éstos.



De acuerdo a la fórmula 4

$p_{ij}$  es el  $j$ th parámetro del grupo  $i$ th del grupo de tiburones

$s_{jj}$  es la varianza del  $j$ th parámetro tomado por la matrix de varianza-covarianza (calculado por medio del método de Prager, 1980) que proviene al obtener los parámetros de crecimiento de acuerdo a los lineamientos de von Bertalanffy.

De acuerdo a la ecuación 1, los valores son:  $\pi_1 = L_{\infty}(y)$ ,  $\pi_2 = k(i)$ ,  $\pi_3 = t_0(i)$ .

$F_0$  es el valor crítico de F, el estadístico de F. El valor más grande de  $F_0$ , de cada parámetro calculado permite indicar cual de ellos contribuye más a las diferencias presentadas entre los dos grupos de organismos.

$$F_0 = \frac{n_1 n_2 (n_1 - 4) (p_{1j} - p_{2j})^2}{3 (n_1 + n_2) (n_1 + n_2 - 2) s_{jj}} \dots 5$$

Donde:

$s_{jj}$  a través de  $s_{33}$  son los elementos calculados en la diagonal de la matrix de varianza-covarianza.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Distribución de tallas

De los organismos censados se registraron 68 hembras, 23 machos y 4 sin determinar el sexo. La muestra total presenta un rango de 117 a 334 cm de longitud total que se distribuyen heterogéneamente en intervalos de 14 cm en el histograma de frecuencia (Fig. 8). En los intervalos de 159.6 a 299.5 cm de longitud total con 87 organismos y 314 a 334 cm de longitud total con dos organismos.

Adicionalmente la talla más pequeña correspondió a un macho neonato de 30 cm. Además, se colectaron a otros tres neonatos: un macho de 48 cm, una hembra de 55 cm y otro sin determinar el sexo de 62 cm de longitud total respectivamente. Estos datos de las tallas de los neonatos no se incluyeron en la elaboración del histograma.

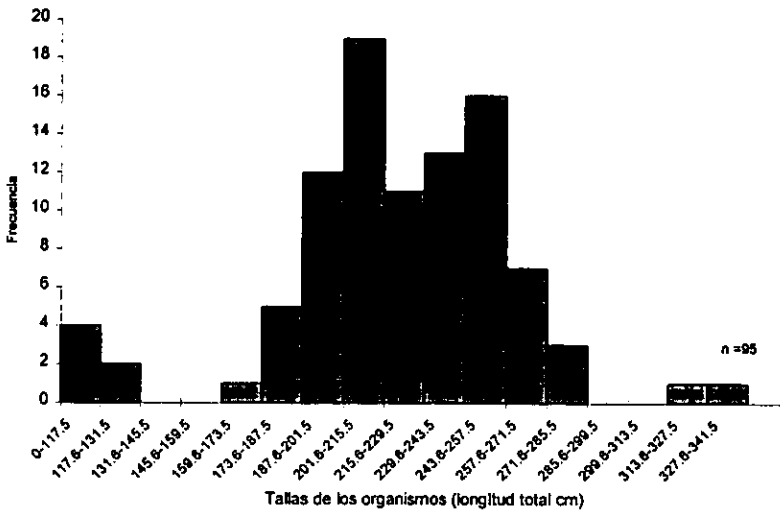


Fig. 8.- Distribución de tallas registradas para el tiburón toro *Carcharhinus leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

Por otro lado, las tallas máximas correspondieron para dos organismos: un macho y una hembra de 327 cm y 334 cm de longitud total respectivamente.

Los organismos más frecuentes se presentaron en el intervalo de 201.6 a 215.5 cm con 19 tiburones. Para las tallas de 243.6 a 257.5 cm se registraron 16 individuos, para las tallas de 229.6 a 243.5 cm se detectaron a 13 organismos. La talla promedio calculada fue de 221.0 cm de longitud total.

La proporción de sexos encontrada fue notoriamente sesgada a las hembras y correspondió a una relación de 1:0.34 (Fig. 9), de un total de 95 organismos con 68 hembras, 23 machos.

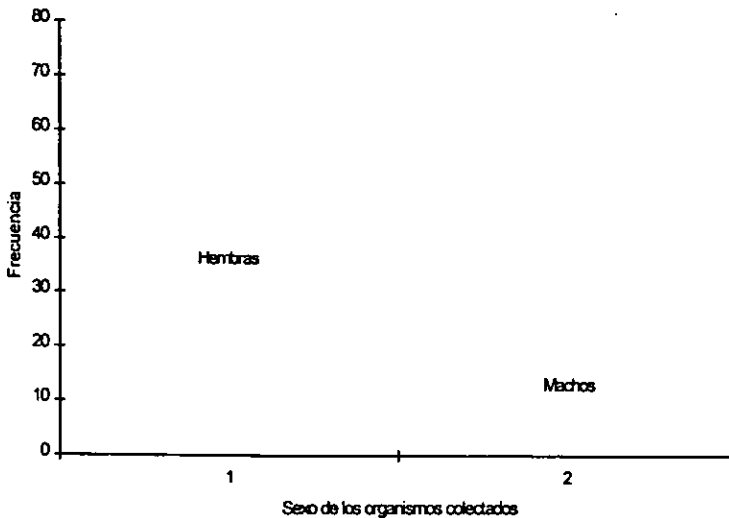


Fig. 9.- Proporción de sexos para el tiburón toro *Carcharhinus leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

## 6.2 Longitud del organismo y el radio vertebral.

Se procuró que las vértebras elegidas para analizar la relación entre la talla de los organismos y las dimensiones de la vértebra correspondieran a aquellas ubicadas inmediatamente abajo del inicio de la aleta dorsal.

Al relacionar las variables de longitud total del organismo y el radio del *centrum* se observó una relación lineal que sugiere una correlación. Se determinó la existencia de una correlación ( $r^2$ ) de 0.88, la constante fue de -0.22 y el coeficiente de X fue de 0.061, esto indica una relación proporcional existente entre el radio de la vértebra y la longitud total del animal.

La prueba de "t" fue aplicada para la r con  $n=75$ , con un valor de  $t=23.4$  con un valor crítico de 3.48, lo cual presenta un valor de significancia de  $P<0.05$ . La prueba de F se aplicó a  $r^2$  para determinar de forma estadística el grado de relación entre las dos variables presente entre la longitud total y el radio de la vértebra, con una  $P<0.05$ . F calculada fue de 546.3 y el valor crítico fue de  $1.26 \times 10^{-35}$ .

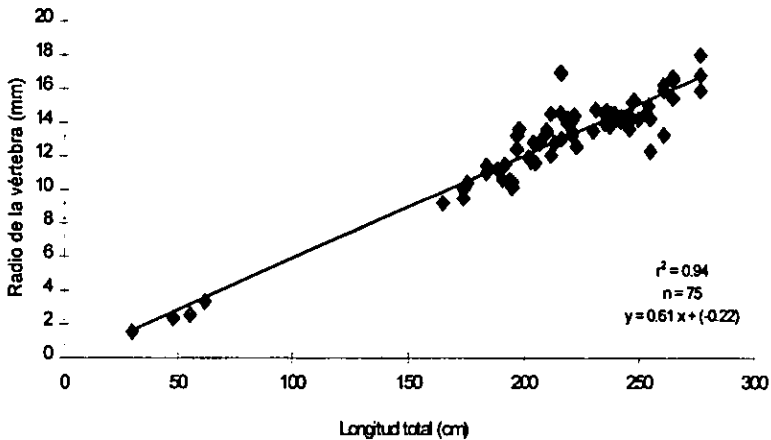


Fig. 10.- Relación encontrada entre el radio del *centrum* y la longitud total para el tiburón toro *Carcharhinus leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

### 6.3 Descripción de dos columnas de una hembra y un macho del tiburón toro *C. leucas* de Champotón, Campeche.

De las dos columnas analizadas (hembra y macho) sólo se pudo leer el número de anillos en 10 vértebras para el macho y 14 para la hembra, ya que para el caso del macho fue más difícil la separación de las últimas vértebras con respecto a lo presentado por la hembra.

Como se mencionó en la parte de la metodología se considero a la primer vértebra como aquella que se encontraba unida al cráneo y de ahí se inicio el conteo del número de anillos. Conforme se leían las vértebras ubicadas en diferentes posiciones de la columna vertebral se observó que al inicio de la columna el grosor de la vértebra es pequeño pero conforme se llega a la vértebra número 54 tanto para ambos se observa que el grosor es de 85 a 95 mm para el macho y para la hembra respectivamente e incluso la fisonomía de la vértebra es diferente a aquellas ubicadas en otra posición de la columna pareciendo que fuera de otra especie de tiburón.

Los resultados obtenidos del estudio de las dos columnas vertebrales demuestran que el número de anillos presentes en cada una de ellas es el mismo, lo único que varía es el radio de las vértebras de acuerdo a su posición en la columna, en la figura 11 se observa la variación del radio de la vértebra a lo largo de la columna tanto para la hembra como para el macho, éstas presentan el mismo número de vértebras a lo largo de la columna vertebral sólo que por cuestiones logísticas no se pudo leer todas las vértebras de la columna del macho.

Después de realizar este análisis se determinó que las mejores vértebras para utilizar en la lectura del número de anillos son aquellas que se localizan por debajo de la primera aleta dorsal del tiburón toro *C. leucas*, ya que son de mayor diámetro.

#### **6.4 Lectura de los cortes de las vértebras (Determinación de la edad).**

Los organismos neonatos no presentaron anillos de crecimiento. Con lo anterior se puede mencionar que al momento de nacer o salir de la madre se forma el primer anillo de crecimiento o lo que Thorson y Lacy (1982) y Branstetter y Stiles (1987) denominan como la marca de nacimiento.

Lo anterior hizo al proceso de lectura complicado. Dilucidar el número de bandas presentes en cada una de las vértebras, debido a la presencia de un gran número de bandas y su cercanía entre si, requirió de varias horas de práctica. Para corroborar la lectura se solicito la ayuda a la M. en C. Reyna Alvarado del Centro de Investigaciones Marinas del INP (CICIMAR) quien tiene práctica en la lectura de los anillos de crecimiento.

Dos de las diez muestras no pudieron ser asignadas por el nivel de incertidumbre. Estos casos son particularmente relevantes por que se trata de ejemplares de tallas grandes (216-265) en los que el autor asignó los mayores números de anillos de la submuestra.

El resto de esta última mostró diferencias máximas de más 2 y menos 5. De hecho este último dato es extremo ya que la estimación de anillos fue de menor número en menos 2 en los otros dos casos.

De las 10 muestras que leyó la M. en C. Alvarado se pudieron establecer las siguientes conclusiones: (ver tabla 3). i) Por ejemplo en las muestras 45, 28, 32, 39.1, 124, 66b y 66 si se presentan diferencias notorias entre las dos lecturas e ii) en las muestras 26, 19 y 39.2 las lecturas realizadas con respecto al número de bandas son muy parecidas entre sí o son casi iguales comparadas con lo leído por la lectora 1. No obstante las lecturas que fueron más diferentes o que no se pudo determinar el número de anillos de crecimiento fueron aquellas que tenían un mayor número de bandas como fueron las muestras número 28 y 45.

Tabla 3.- Cuantificación del número de anillos realizada entre dos lectores para algunas muestras de cortes de vértebras del tiburón toro *C. leucas*.

No. Muestra	Longitud total (cm)	No. anillos leídos por R. Alvarado	No. anillos leídos por la lectora 1	Diferencia entre número de anillos
45	216	?	34	
26	250	26	28	-2
28	265	?	30	
32	236	19	24	-5
19	214	13	15	-2
39.1	184	16	14	+2
39.2	184	14	14	=
124	165	8	6	+2
66b	184	12	11	+1
66	184	12	11	+1

Por último, no todas las muestras fueron difíciles de leer. Las muestras con pocos anillos se pudieron leer sin ningún tipo de tinción. Esto permite mencionar que las vértebras del tiburón toro *C. leucas* se pueden apreciar adecuadamente sin aplicar técnicas largas y caras.

Sólo las de mayor tamaño y longitud total son las que se aplicaron las técnicas de tinción, con rojo de alizarina, rayos "X" y con nitrato de plata.

Las tinciones realizadas con rojo de alizarina, presentaron los mejores resultados, es decir, se podían observar con detalle los anillos de crecimiento y el número de cada uno de ellos, es cierto en pocos casos no se determinaron con precisión el número de ellos y si después de leer la muestra tres veces no concordaba el número de anillos entonces se procedió a eliminar la muestra. Estas tinciones fueron rápidas y sencillas de aplicar a las vértebras del tiburón toro *C. leucas*.

La técnica de rayos "X" fue aplicada a algunas muestras llevadas a cabo por el Departamento de Medicina, Cirugía y Zootecnia de Pequeñas Especies de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Con esta técnica se experimentó con el tiempo

de exposición y el voltaje aplicado a las muestras a analizar hasta obtener unas impresiones donde se observaron con poca definición la presencia de los anillos de crecimiento.

En dicho laboratorio las pruebas con rayos "X", sólo se aplicaron para las vértebras completas y más grandes en radio. Las impresiones obtenidas con esta técnica sólo se alcanzaban a observar entre dos y cinco líneas de crecimiento, no permitió contar el número total de bandas de crecimiento presentes en la vértebra.

Sin embargo, se realizaron otras pruebas de rayos "X" en el laboratorio de Biología Pesquera de la Dra. Susan Smith, de la División de Pesquerías de Pelágicos Mayores del Southwest Fisheries Science Center de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), con la finalidad de poder observar con mayor claridad los anillos de crecimiento en las muestras difíciles de leer. Se aplicó la misma técnica, con algunas modificaciones, ya que se revelaba la placa con papel fotográfico Kodak.

Además, se experimentó con los tiempos de exposición de 35 y 40 segundos, fueron dos casos que se utilizaron: el primero de ellos fue con la vértebra completa donde no se observó ningún tipo de línea de crecimiento; para el segundo caso, las impresiones hechas a los cortes de la vértebra si mostraron los anillos de crecimiento. Aquí si fue evidente su presencia, lo cual sugiere continuar con ensayos evaluando el grosor del corte adecuado para visualizar las bandas de crecimiento.

Por otro lado, la técnica de Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ) fue aplicada en 12 muestras con la vértebra completa. Los resultados se presentan en la tabla 4.

Es evidente que en todos los casos hubo una disminución del número de anillos y para algunos de ellos hasta casi la mitad, sobre todo en ejemplares de tallas grandes. En situaciones donde existían varios anillos en las muestras, éstos no se pudieron visualizar completamente todos por medio de este método.

Tabla 4.- Lecturas realizadas entre los métodos de Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ) y sin Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ).

No. muestra	Longitud total (cm)	No. anillos Con $\text{AgNO}_3$	No. anillos Sin $\text{AgNO}_3$
24	248	20	20
29	244	16	20
45	216	17	33
48	240	14	21
71	246	13	19
83	327	10	10
25	250	15	18
58	261	12	22
56	222	12	22
57	231	19	21
32	236	15	23
28	265	12	29

Con toda la información obtenida de las lecturas de anillos de los cortes de las vértebras se procedió a concentrar la información en una base de datos para poder evaluar la precisión de las lecturas hechas a las muestras por medio del Índice del Error Promedio Porcentual (APE). Al efectuar el cálculo del APE se encontró un valor de 2.37 % por la lectora 1 y 1.36 % por el lector dos. Si se considera que el intervalo de precisión del APE varía entre el 1 y el 100 %, al acercarse más hacia la unidad indica que es mayor la precisión de las lecturas hechas por los dos lectores. Esta estimación del APE permite tener una mayor credibilidad de los resultados.

Por medio de la prueba estadística T de student pareada se pudo corroborar, si el número de anillos registrados para las muestras variaba entre lectores entre una misma muestra y de esta manera apoyar lo establecido por medio del índice del promedio porcentual establecido por Beamish y Fournier (1981).

La prueba de t pareada calculada fue de 5.66 con un valor crítico de 2.04 con 29 grados de libertad, lo cual presenta diferencias significativas entre los dos lectores con  $P < 0.05$ .

## 6.5 Validación

Por medio de la fig. 12, se observa la formación del anillo de crecimiento durante el mes de octubre y continua en formación hasta el mes de abril, esta observación específica la presencia de una banda anual de crecimiento para el tiburón toro *C. leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche.



Para este trabajo, la primer banda de crecimiento es la llamada marca de nacimiento, la siguiente marca es denominada como primer anillo formada en invierno, ésta representa 6 meses de vida del organismos, las bandas que se forman subsecuentemente ya representan un incremento anual.

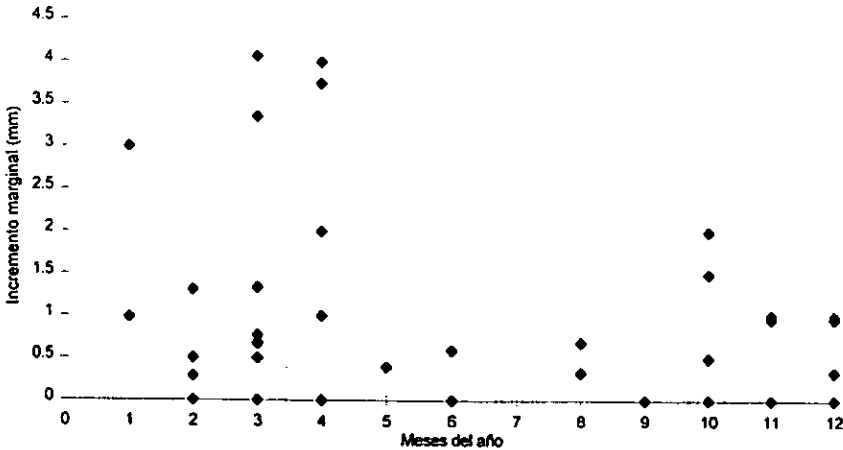


Fig. 12.- Incremento marginal observado para el tiburón toro *Carcharhinus leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

Los puntos mostrados en el gráfico muestran la formación de un anillo anual, ya que se observa que como por octubre se detecta el inicio de la formación del anillo (es mayor el incremento observado en la Fig. 12) y éste va incrementándose hacia los primeros cuatro meses del año y conforme transcurre el tiempo se detecta una disminución.

Los cambios mensuales en porcentaje de ocurrencia de las bandas oscuras (BO) y bandas claras (BC), son mostrados en la Fig. 13. Aquí los valores bajos de porcentaje ocurren durante agosto y septiembre (0 y 1%), periodo en el cual la banda parece que se forma en el año. Lo anterior corrobora lo descrito por la Fig. 12.

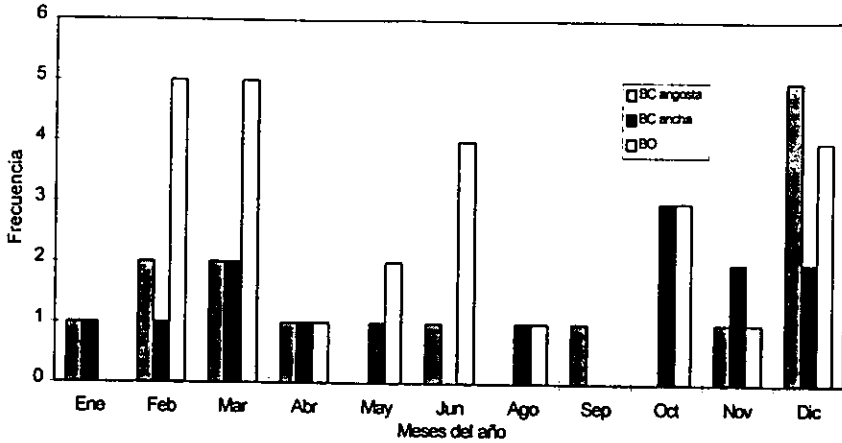


Fig. 7.- Cambios estacionales en frecuencia del grosor del borde del centrum para el tiburón toro *Carcharhinus leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

### 6.6 Número de bandas presentes en las muestras

Aproximadamente el 72% de los organismos registrados se encontraron por arriba de la talla de madurez sexual, la cual es de 204 cm (9 años) para las hembras y de 190-200 cm (8-9 años) para los machos.

En las siguientes figuras se observan un vértebra completa sin tinción, la cual se observa con detalle la formación de los anillos de crecimiento, no todas las vértebras presentaban esta característica, para aquellas que no se definían los anillos con claridad se procedió a efectuar las tinciones con rojo de alizarina, el cual fue un método práctico, ya que las vértebras se teñían sin problemas y permitían diferenciar los anillos de crecimiento.

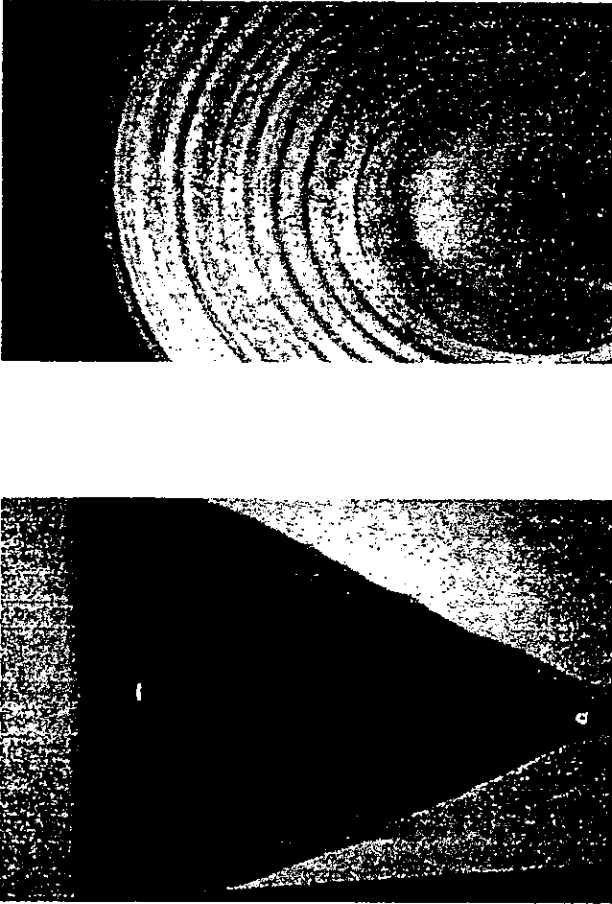


Fig. 13.1 .- Vista de una vértebra completa y sin teñir (fotografía superior) y un corte de vértebra teñida con rojo de alizarina (fotografía inferior) del tiburón toro *C. leucas*.

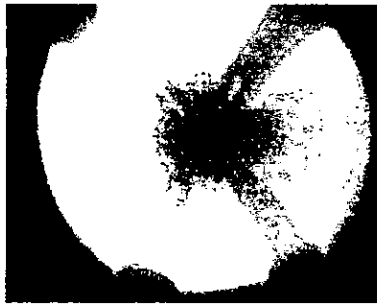
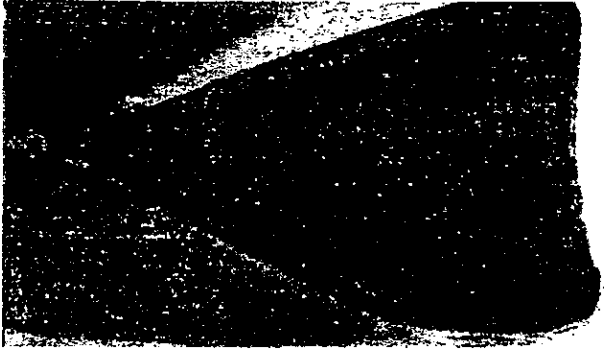


Fig. 13.2 .- Corte de vértebra teñida con nitrato de plata (fotografía superior) y la toma de rayos "X" (fotografía inferior) del tiburón toro *C. leucas*

Los resultados recabados por medio de la lectura del número de anillos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.- Relación total del número de anillos con respecto a la talla del tiburón toro *C. leucas* (longitud total) de los Estados de Veracruz y Campeche, México, observados durante el presente estudio

Edad	0	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	34																							
Longitud	H	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M																						
136-165	1	2																																														
166-185			1																																													
166-170.5																																																
170.5-175.5		1			1																																											
175.5-182.5				1																																												
182.5-185.5								1																																								
185.5-192.5																																																
192.5-195.5						3		1	1			1																																				
195.5-202.5												1																																				
202.5-205.5						1	2		1	1	1		1																																			
205.5-210.5							1	1	1	1	1		1				2																															
210.5-215.5							1	2					1	1																																		
215.5-220.5								2						1	1			1																														
220.5-225.5										1					2																																	
225.5-230.5														1																																		
230.5-235.5									1		1	1				1					2																											
235.5-240.5																	1	1	1			1																										
240.5-245.5													1		1	1		1																														
245.5-251.5																1	1	2	1		1				1																							
251.5-255.5																1	2			1	1																											
255.5-261.5																						2				1																						
261.5-265.5												1							2	1					1		1																					
265.5-271.5															1																																	
271.5-275.5																																																
275.5-281.5																						1				1	1																					
326-331.5																																																
331.5-336.5									1									1																														
n	1	2	1	0	1	0	1	1	0	1	5	1	3	2	7	1	1	1	4	1	2	2	4	1	1	0	5	0	4	1	3	1	5	2	3	2	2	0	3	1	2	0	1	0	2	0	1	0

Para los organismos neonatos no se observó la presencia de alguna banda. Por lo que el número mínimo de bandas leídas para las hembras fue de 4 con 140 cm de longitud total y el número máximo fue de 34 con una longitud total de 264 cm y para los machos fue de 5 anillos con 154 cm de longitud total y de 23 con 253 cm de longitud total.

En los resultados sobresalen el registro de dos organismos de talla excepcionales que mostraron un número relativamente bajo de anillos. Estos ejemplares tuvieron una longitud total 327 cm y 334 cm de longitud con 10 y 20 anillos respectivamente. Para el primer caso

llama la atención que el radio sea de menor tamaño comparado con los de tallas similares (Figs. 10 y 11) Para efectos del análisis de crecimiento éstos valores no se consideraron .

En la tabla siguiente se asignan los anillos de crecimiento a las tallas encontradas para cada una de las vértebras leídas, es detallado el número de muestras por cada edad así como su desviación estándar (SD).

Tabla 6.- Relación de la longitud total promedio con respecto a cada una de las edades asignadas para la especie del tiburón toro *C. leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

Edad (años)	Longitud total (cm)	SD	n
neonato	55.0	0.0	1
4	174.0	0.0	1
7	185.5	13.4	2
9	196.8	6.3	5
10	201.3	15.1	3
11	209.7	9.5	6
12	204.0	0.0	1
13	195.8	45.8	5
14	231.5	41.2	2
15	210.7	1.2	3
16	219.0	0.0	1
17	226.8	10.0	5
18	247.3	5.1	3
19	248.7	2.3	3
20	246.0	18.9	3
21	247.3	22.5	4
22	247.3	21.1	3
23	253.7	1.4	3
25	256.0	0.0	2
26	265.0	0.0	1
27	250.0	8.5	1
28	271.0	0.0	2
34	277.0	0.0	1
Total			61

Tabla 7.- Relación de la longitud total promedio con respecto a cada una de las edades asignadas para las hembras y para los machos del tiburón toro *C. leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

Para hembras de *C. leucas*

Edad (años)	Longitud total (cm)	SD	n
neonato	55.0	0.0	1
4	174.0	0.0	1
7	185.5	13.4	2
9	196.8	6.3	5
10	201.3	15.1	3
11	209.7	9.5	6
12	204.0	0.0	1
13	195.8	45.8	5
14	231.5	41.2	2
15	210.7	1.2	3
16	219.0	0.0	1
17	226.8	10.0	5
18	247.3	5.1	3
19	248.7	2.3	3
20	246.0	18.9	3
21	247.3	22.5	4
22	247.3	21.1	3
23	253.7	1.4	3
25	256.0	0.0	2
26	265.0	0.0	1
27	250.0	8.5	1
28	271.0	0.0	2
34	277.0	0.0	1
Total			61

Para machos de *C. leucas*

Edad (años)	Longitud total (cm)	SD	n
neonato	39	12.72	2
5	165	0.0	1
7	174	0.0	1
8	201	0.0	1
9	206	0.0	1
10	199	5.6	2
11	203	0.0	1
12	207	0.0	1
14	223	0.0	2
15	242	0.0	1
18	234	0.0	1
19	237	0.0	1
20	241	4.2	2
21	233	2.8	2
23	254	0.0	1
Total			20

En esta tabla no se incluyen los casos excepcionales, ya que aumenta la desviación estándar y no permite estimar de manera correcta el cálculo de los parámetros de crecimiento.

La talla de madurez para las hembras es a los 203 cm de longitud total con una edad ubicada entre 10 y 11 años. Para los machos la talla de madurez corresponde entre los 192 cm de longitud total a una edad de 8 años, es evidente que las hembras tardan más tiempo en alcanzar la madurez, con respecto a los machos.

A partir de la información ya descrita, los valores de edad utilizados fueron aquellos que describían una tasa instantánea de crecimiento positiva. De las edades determinadas en la tabla 5, se utilizaron los grupos de edad siguientes para las hembras de 0, 4, 7, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 20, 22, 23, 25, 26, y 28 mientras que para los machos fueron 0, 5, 7, 8, 9, 14, 18, 19, 20 y 23 para calcular los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy.

## 6.7 Crecimiento

### Para la especie

Las curvas de crecimiento para la especie y por sexo se obtuvieron por medio del método de Prager (1987), éste utiliza el programa Fishparm para calcular los parámetros de crecimiento. Con base en éstos se obtuvieron las tallas calculadas del tiburón toro *C. leucas*.

Tabla 8.- Edad observada, calculada y tasa instantánea de crecimiento para la especie del tiburón toro *C. leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

Edad (años)	LT (cm) Observado	LT (cm) calculado	Tasa instantánea de crecimiento
0	55.0	60.73	25.51
1		86.24	22.19
2		108.43	19.29
3		127.72	16.78
4	174.0	144.50	14.59
5		159.09	12.69
6		171.78	11.03
7	185.5	182.81	9.59
8		192.40	8.35
9	196.8	200.75	7.25
10	201.3	208.00	6.31
11	209.7	214.31	5.49
12		219.80	4.77
13	215.6	224.57	4.15
14		228.72	3.61
15		232.33	3.14
16	219.0	235.47	2.73
17	226.8	238.20	2.37
18		240.57	2.07
19		242.64	1.79
20	238.8	244.43	1.56
21		245.99	1.36
22	247.3	247.35	1.18
23	253.7	248.53	1.02
24		249.55	0.90
25	256.0	250.45	0.77
26	265.0	251.22	0.68
27		251.90	0.58
28	271.0	252.48	



Los valores observados presentan un intervalo de edad ubicada entre los 0 y 28 años cuyas tallas oscilan entre 54.0 y 252.1 cm de LT.

Los valores observados junto con los calculados fueron graficados y los parámetros de crecimiento son mostrados en la figura siguiente:

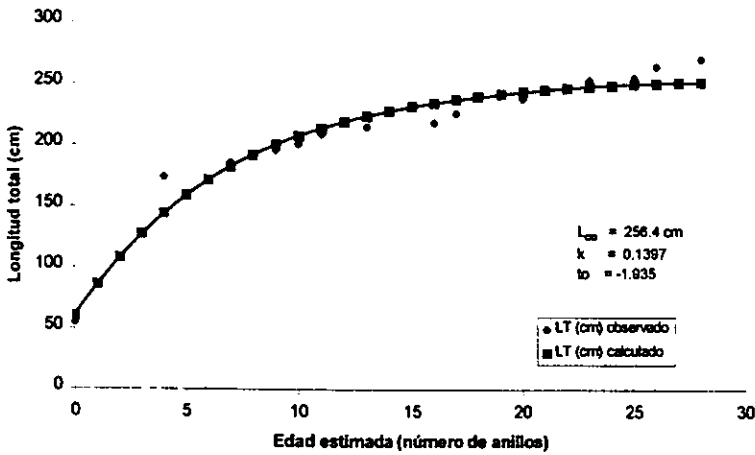


Fig. 14.- Curva de crecimiento von Bertalanffy para el tiburón toro *Carcharhinus leucas* de Veracruz y Campeche, México.

En la figura anterior se observa la ausencia de ejemplares durante los primeros tres años de vida. Se presenta un mayor crecimiento durante los primeros 10 años de vida, ya que a los 80 cm de longitud total en promedio que alcanzan al nacer su talla se incrementa de manera considerable, la tasa instantánea de crecimiento varía entre 27.21 a 7.38 y después de alcanzar la talla madura el crecimiento disminuye como se aprecia en la Fig. 14.

Tabla 9.- Edad observada, calculada y tasa instantánea de crecimiento para los machos del tiburón toro *C. leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

Edad (años)	LT (cm) observado	LT (cm) calculado	Tasa instantánea de crecimiento
0	39.00	40.60	31.50
1		72.10	26.71
2		98.81	22.65
3		121.46	19.20
4		140.66	16.28
5	165.00	156.94	13.81
6		170.75	11.70
7	174.00	182.45	9.93
8	201.00	192.38	8.41
9	206.00	200.79	7.14
10		207.93	6.05
11		213.98	5.13
12		219.11	4.35
13		223.46	3.68
14	223.00	227.14	3.13
15		230.27	2.65
16		232.92	2.25
17		235.17	1.91
18	234.00	237.08	1.61
19	237.00	238.69	1.37
20	241.00	240.06	1.16
21		241.22	0.99
22		242.21	0.83
23	254.00	243.04	

Por otro lado, para los machos se tuvieron menos muestras en relación con las hembras, esto da una curva más suavizada y de aparente mejor ajuste, los registros para los machos para estimar el crecimiento diferencial por sexo se detallan en la (Fig. 15).

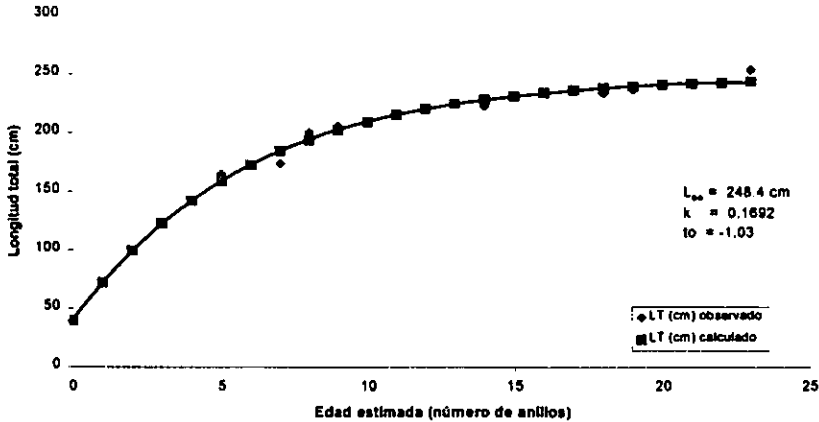


Fig. 15.- Curva de crecimiento para machos del tiburón toro *Carcharhinus leucas* de Veracruz y Campeche, México.

Los machos registrados crecieron hasta 243 cm de longitud total y con 23 años, la curva va presentando un crecimiento mayor durante los primeros 10 años (208 cm de longitud total) al alcanzar estas tallas, el crecimiento va disminuyendo al alcanzar la talla de madurez sexual ubicada entre los 10 - 11 años y 208 - 214 cm de longitud total.

El cambio en la curva ocurre aproximadamente a los 200 cm de longitud total y 10 años, la tasa instantánea de crecimiento es más lenta conforme se llega a los 23 años (243 cm de longitud total).

El crecimiento para los machos durante los 15 primeros años de vida oscila entre 31.5 y 2.7cm/año. Para después de los 18 años el crecimiento disminuye de 2.2 a 0.84 cm/año. Cuando los machos pasan a ser maduros sexualmente la tasa instantánea de crecimiento disminuye considerablemente.

Tabla 10.- Edad observada, calculada y tasa instantánea de crecimiento para las hembras del tiburón toro *C. leucas* de los Estados de Veracruz y Campeche, México.

Edad (años)	LT (cm) observado	LT (cm) calculado	Tasa instantánea de crecimiento
0	55	68.29	22.51
1		90.80	19.91
2		110.71	17.58
3		128.29	15.55
4	174	143.84	13.74
5		157.58	12.14
6		169.72	10.73
7	185.5	180.45	9.49
8		189.94	8.38
9	196.8	198.32	7.41
10	201.3	205.73	6.55
11	209.7	212.28	5.79
12		218.07	5.11
13	215.6	223.18	4.53
14		227.71	3.99
15		231.70	3.53
16	219	235.23	3.12
17	226.8	238.35	2.76
18		241.11	2.44
19		243.55	2.16
20	238.8	245.71	1.90
21		247.61	1.68
22	247.3	249.29	1.49
23	253.7	250.78	1.32
24		252.10	1.16
25	256	253.26	1.03
26	265	254.29	0.90
27		255.19	0.81
28	271	256.00	

Las lecturas del número de anillos de crecimiento fueron mayores para las hembras con respecto a los machos e incluso el número de muestras obtenidas fue superior al de los machos, con base en la determinación de las bandas se obtuvieron los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy como se señalan en la figura siguiente:

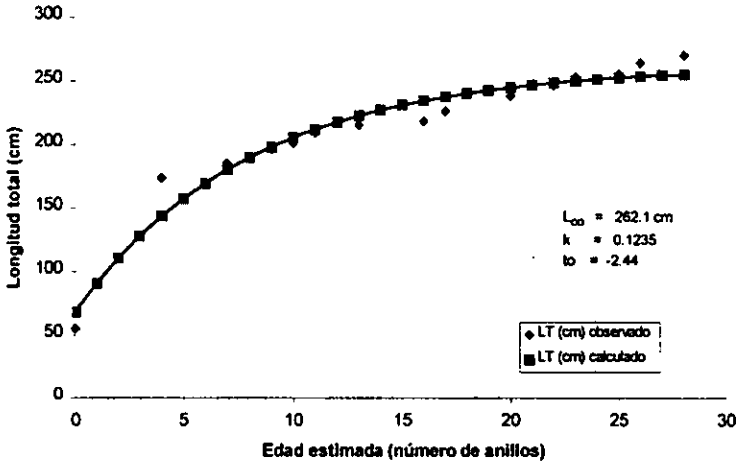


Fig. 16.- Curva de crecimiento von Bertalanffy para hembras del tiburón toro *Carcharhinus leucas* de Veracruz y Campeche, México.

Para esta curva el máximo crecimiento fue de 28 años con 256 cm de longitud total, con una mayor frecuencia (6 organismos) entre 9 y 14 años con una longitud total de 195-226 cm. La curva tiende a un valor asíntótico a los 200 cm de LT (10 años) cercana a la talla de madurez sexual.

Se registraron dos puntos con mayor frecuencia de organismos, el primero de ellos en el momento de cambiar la curva hacia una asíntota entre los 9 y 11 años con 198 y 212 cm de longitud total con 20 individuos; el otro se presentó de 18-23 años con 241-251 cm con una longitud total con 9 organismos.

La siguiente figura muestra los parámetros de crecimiento para la especie y para los sexos.

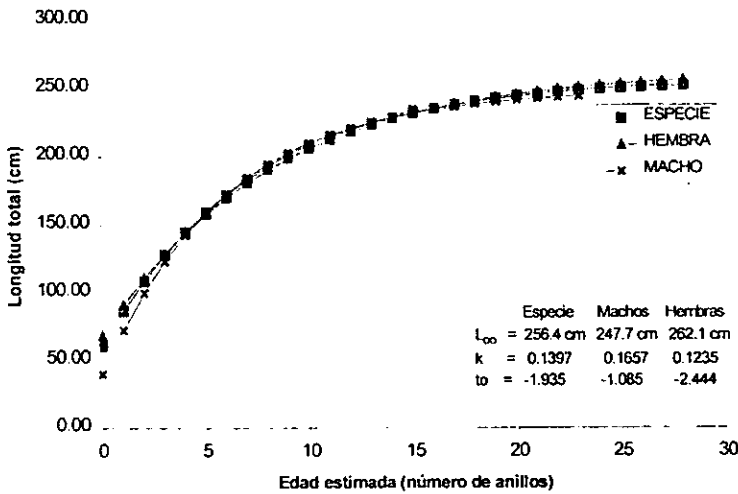


Fig. 17.- Curva de crecimiento von Bertalanffy para el tiburón toro *Carcharhinus leucas* de Veracruz y Campeche, México.

### 6.9 Prueba $T^2$ Hotelling.

Se utilizó la prueba de  $T^2$  de Hotelling para ver si las diferencias entre los parámetros de crecimiento de hembras y machos son estadísticamente significativas. El método se aplica para muestras de igual o diferente tamaño.

Los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy fueron obtenidos por medio de método de Prager (1987).

Parámetros	Hembra	Macho	Especie
$L_{\infty}$	262.1	248.4	256.4
k	0.1235	0.1692	0.1397
$t_0$	-2.44	-1.03	-1.935

1) Es necesario calcular las matrices de covarianza para cada sexo y para los dos juntos.

1a) Cálculo de la matriz de covarianza (H) obtenida para los dos sexos a partir del método de Prager (1987):

$$\begin{matrix}
 & L_{\infty} & k & t_0 \\
 L_{\infty} & \left[ \begin{array}{ccc} 42.226 & -0.094877 & 1.7154 \\ -0.094877 & 0.00031167 & 0.0077721 \\ -1.7154 & 0.0077721 & 0.31723 \end{array} \right] & = & G
 \end{matrix}$$

1b) Cálculo de la matriz de covarianza (M) obtenida para los machos por el método de Prager (1987):

$$\begin{matrix}
 & L_{\infty} & k & t_0 \\
 L_{\infty} & \left[ \begin{array}{ccc} 25.208 & -0.058854 & 0.39995 \\ -0.058854 & 0.00021402 & 0.0022929 \\ -0.39995 & 0.0022929 & 0.060075 \end{array} \right] & = & M
 \end{matrix}$$

1c) La matriz de covarianza (S) encontrada para hembras es la siguiente:

$$\begin{array}{l}
 L_{\infty} \\
 k \\
 t_0
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 L_{\infty} & k & t_0 \\
 77.13 & 0.14699 & -3.2827 \\
 -0.14699 & 0.0008732 & 0.011477 \\
 -3.2827 & 0.011477 & 0.54698
 \end{bmatrix}
 = H$$

2a) Se requiere obtener la diferencia entre los parámetros de crecimiento, lo cual resultó ser lo siguiente (colocados en la matriz [P1 - P2]):

$$\begin{array}{l}
 \text{Machos (P1)} \\
 \text{Hembras (P2)} \\
 \text{Diferencia}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 248.4 \\
 0.1692 \\
 -1.03
 \end{bmatrix}
 -
 \begin{bmatrix}
 262.1 \\
 0.1235 \\
 -2.44
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 -13.7 \\
 0.0457 \\
 1.41
 \end{bmatrix}
 = [P1 - P2]$$

2b) Además se necesita obtener la transpuesta del vector (P1 - P2) de la diferencia de los parámetros va a ser la matriz [PP].

$$[ -13.7 \quad 0.0457 \quad 1.41 ] = PP$$

2c) Se calcula la matriz inversa ( $S^{-1}$ ) de la covarianza para los dos sexos obtenida en 1c y queda como sigue.

$$\begin{array}{l}
 L_{\infty} \\
 k \\
 t_0
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 L_{\infty} & k & t_0 \\
 0.0000 & 0.0053 & 0.0000 \\
 0.0053 & 4.1245 & -0.0271 \\
 0.0000 & -0.0271 & 0.0004
 \end{bmatrix}
 = S^{-1}$$



Con base en los parámetros calculados y las matrices de varianza se aplico la prueba  $T^2$  de Hotelling para "n" distintas (Bernard, 1980).

3a) Se calcula el valor de  $T^2$  de Hotelling bajo los siguientes tamaños de muestra (n).

n1 macho = 10

n2 hembra = 35

Las hipótesis estadísticas:

Ho: No existen diferencias entre las dos curvas de crecimiento

Ha: Existen diferencias entre las dos curvas de crecimiento

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} [P_1 - P_2]' S^{-1} [P_1 - P_2]$$

$$T^2 = \frac{(10)(35)}{10 + 35} \begin{bmatrix} -13.7 & 0.0457 & 1.41 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0053 & 0.0000 \\ 0.0053 & 1.1240 & -0.0271 \\ 0.0000 & -0.0271 & 0.0004 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -13.7 \\ -0.0271 \\ 1.41 \end{bmatrix}$$

$T^2 = 305.624$  es el valor calculado

3b) Se calcula T de tablas:

T: 3,  $n_1 + n_2 - 4$

T: 3,  $10 + 35 - 4$

T: 3, 41

T: 8.59

Ho. Los parámetros de crecimiento son similares entre la hembra y el macho

Ha: Los parámetros de crecimiento son diferentes entre la hembra y el macho

La regla de decisión para aceptar alguna de las hipótesis es la siguiente:

Si T tablas es mayor que T calculado entonces se acepta la Ho, pero

Si T tablas es menor que T calculado entonces se acepta Ha.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, en la que se presentan diferencias entre las dos curvas de crecimiento

4a) Se procede a estimar los intervalos de cada parámetro de acuerdo a:

$$F = (p_{1j} - p_{2j}) \pm \text{raíz cuadrada de } \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \cdot T_o^2$$

4b) Se calcula  $T_o^2$  de acuerdo a:

$$T_o^2 = \frac{3(n_1 + n_2 + 2)}{n_1 + n_2 - 4}$$

$$T_o^2 = \frac{47}{41} = 1.146$$

4c) Los resultados de  $(p_{1j} - p_{2j})$ , se escriben en la primer columna el resultado de la raíz cuadrada y  $T_o^2$  es de 0.45 y se coloca en la segunda columna, al efectuar la suma o resta se obtienen los intervalos de confianza.

	Valor crítico		Intervalo de confianza
Para $L_{\infty}$ =	-13.7	+0.45	-14.15 a -13.25
Para $k$ =	0.0457	+0.45	-0.4043 a -0.4957
Para $t_0$ =	1.41	+0.45	2.586 a 0.96

5a) Se prosigue a determinar el punto crítico (Fo) de cada uno de los parámetros de crecimiento para determinar cual es el que más influye en esta diferencia. El valor crítico de cada parámetro se calcula de acuerdo a:

$$F_o = \frac{n_1 n_2 (n_1 - 4) (p_{1j} - p_{2j})^2}{3 (n_1 + n_2) (n_1 + n_2 - 2) s_{jj}}$$

Los valores de Fo para cada uno de los parámetros fue el siguiente:

Para  $L_{\infty}$   $F_o = \frac{10 (35) (10 - 4) (552.25)}{3 (10 + 35) (10 + 35 - 2) 0.0053} = 37694$

Para  $k$   $F_o = \frac{10 (35) (10 - 4) (-23.5)^2}{3 (10 + 35) (10 + 35 - 2) 4.1245} = -2.0612$

Para  $t_0$   $F_o = \frac{10 (35) (10 - 4) (-23.5)^2}{3 (10 + 35) (10 + 35 - 2) 0.0004} = -21253$

5b) Los resultados quedan de la siguiente manera

Tabla 11.- Resultados al aplicar la prueba de T de Hotelling (Bernard, 1981), para determinar diferencias entre dos curvas de crecimiento de *C. leucas*.

Parámetros de crecimiento	Valor critico	Intervalo de confianza	Valores de Fo
$L_{\infty}$	-13.7	-14.15 a -13.25	37694
k	0.0457	-0.4043 a -0.4957	-2.0612
$t_0$	1.41	0.96 a 2.586	-21253

Por lo tanto,  $L_{\infty}$  es el parámetro que más contribuye a las diferencias presentadas entre el crecimiento existente entre hembras y machos.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1 Generalidades

Durante el periodo de colecta se observó que se capturaron organismos con una talla promedio de 221 cm de longitud total, cuyo tamaño se encuentra por arriba de la madurez sexual para la especie.

Es notorio el hecho de que no se encontraron organismos ubicados entre los 100 y 150 cm de longitud total, lo cual posiblemente se pensaría que es debido a cierta selectividad de parte del arte de pesca empleado. Sin embargo, es necesario mencionar que *Rhizoprionodon terranovae* es la especie más abundante de tiburón del Golfo de México (Rodríguez de la Cruz *et al*, 1996), cuya talla oscila entre 70 y 90 cm de longitud total, por lo que se eliminaría la selectividad del arte de pesca.

Por otro lado, Arriola (1998) en un estudio realizado para Campeche encontró que la mayor frecuencia de ocurrencia se ubica en longitudes totales de 195 cm de LT, mientras que, para el Estado de Veracruz la moda osciló entre los 185 y 200 cm de longitud total, es decir, fueron organismos con tallas cercanas a los dos metros, lo cual probablemente muestra que los organismos juveniles son poco capturados durante la pesca ribereña.

Una hipótesis generada a partir de las especificaciones anteriores es que los organismos juveniles se refugian en áreas donde los pescadores no tienen acceso, ya sea que los tiburones se desplazan hacia lugares más estuarinos o hacia aguas más oceánicas, cabe recordar que esta especie de tiburón realiza grandes migraciones hacia aguas más continentales (Schwartz, 1959; Thorson *et al*, 1966; Thorson, 1971; Thorson 1972; Thomerson, 1977; Snelson y Williams 1981 y Cailliouet *et al*, 1969).

Con respecto a las tallas Garrick (1982), menciona que Sadowsky en 1967, reporta un espécimen de 316 cm; Clark y von Schidt (1965) indican que en la parte noroeste del Océano Atlántico se han registrado organismos con tallas entre los 250 - 285 cm de longitud total.

Thorson y Lacy (1982) para el Sistema del Lago de Nicaragua - Río San Juan reportaron hembras de 251 cm y machos de 214 cm. Para la costa este de Sudáfrica, marcaron a 2 tiburones de 93 cm, una hembra y 169 cm un macho (Bass, 1977). Sudak (1966), durante un estudio encontró en Florida a una hembra de 210 cm y un macho de 233 cm de longitud total. Snelson y Williams (1981) en el Sistema de Lagos en Florida registraron a una hembra madura de 249 cm con 12 crías. En la Bahía Chesapeake, Maryland, Schwartz (1959) capturó a una hembra de 251.5 cm y a un macho de 252.4 cm de longitud total. Thorson *et al* (1966), encontraron a una hembra de 205.7 cm y a un macho de 185.2 cm.

Durante el presente estudio se encontraron dos organismos cuya talla fue cercana a la reportada anteriormente, éstos son dos organismos representados por un macho y una hembra de 327 cm y 334 cm de longitud total respectivamente.

La mayor frecuencia de tallas (6 organismos) para *C. leucas* osciló en la talla de 209 cm de longitud total. Aproximadamente el 72% de los organismos registrados se encuentran por arriba de la talla de madurez sexual, la cual es de 204 cm de longitud total para las hembras y de 190-200 cm de longitud total para los machos.

La proporción de hembras a machos corresponde de 1:0.03, lo cual no puede ser considerado como algo tajante, ya que la toma de la muestra dependía de la accesibilidad del pescador para tomar la muestra. Arriola (1998) encuentra una proporción de sexos para Campeche de 1:0.63, si por otro lado, se considera que el 90 % de las muestras provienen del Estado de Campeche, y es en este lugar donde se observa una mayor presencia de este organismo en las capturas artesanales del Golfo de México (Rodríguez de la Cruz *et al*, 1996; Arriola, 1998; Landa, 1998).

## 7.2 Edad

El análisis sobre la determinación de la edad para este tiburón se realizó hasta obtener los criterios bien definidos sobre la anatomía de la vértebra, ya que en algunas ocasiones fue difícil diferenciar entre una banda con respecto a otra.

Para las vértebras de *C. leucas* no fue difícil de establecer un número de anillos, a tallas menores de los 220 cm de longitud total, por que se observen claramente los anillos de crecimiento. El problema se presentó en las vértebras de organismos mayores de los 220 cm de longitud total ya que presentaban una mayor cantidad de anillos y éstos se encontraban más cercanos entre sí.

La asignación de edades a diferentes tallas para esta especie de tiburón ha sido hecha por Branstetter y Stiles (1987), quienes encuentran que la hembra más grande presentó una edad de 24.2 años (268 cm longitud total) para el caso del macho más grande encontrado le asignaron la edad de 21.3 años (245 cm longitud total) mientras que en el presente trabajo se encontró que la hembra tiene una edad máxima de 28 años (256 cm longitud total) y el macho más grande tuvo una edad de 23 años (243 cm longitud total) con la técnica de lectura de anillos.

Entre las técnicas de lectura del número de anillos se utilizaron 3 de ellas: tinción con rojo de alizarina, nitrato de plata y rayos "X".

La técnica de rayos "X" se ha aplicado al tiburón azul *Prionace glauca*, tiburón zorro *Alopias vulpinus*, tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Cailliet *et al*; 1983, Yudin y Cailliet,

1990). Para el caso de *C. leucas* esta técnica puede utilizarse cuando se tenga un mayor tiempo de exposición de los rayos "X", y se tengan cortes ubicados entre 0.5 y 1.0 mm, pero por la cercanía del número de anillos de crecimiento, esta técnica no es recomendable de utilizar para esta especie de tiburón. El método de nitrato de plata fue aplicado a estas vértebras de tiburón, pero por el gran número de ellas no fue posible diferenciarlas entre sí, por lo que no es recomendable emplear éste. Las tinciones hechas con el rojo de alizarina permite visualizar mejor los anillos y en la mayoría de los casos diferenciar entre cada una de las bandas de crecimiento, siempre y cuando el lector haya podido establecer claramente los criterios entre un verdadero y un falso anillo.

Por otro lado, la cercanía entre cada una de las bandas de crecimiento puede ser el reflejo de la disminución del ritmo de crecimiento de los organismos conforme avanza la edad, este hecho es apoyado al observar las curvas de crecimiento generadas para este tiburón ya que es notorio el hecho que al acercarse a los 200 cm de longitud total, la tasa de crecimiento de los organismos disminuye, es decir, el radio de las vértebras esta incrementándose a una tasa menor en comparación con tallas menores a los 200 cm de longitud total tanto para hembras como para machos y tal vez por esta causa es la formación de un anillo con respecto al otro es muy cercano. Para nuestro caso fueron pocas las veces en que las vértebras no era observadas con claridad al igual que lo presentado por Francis y Mulligan (1998), quienes indican que las bandas de crecimiento no fueron muy claras para *Galeorhinus galeus* en aguas de Nueva Zelanda. Situación que no es mencionada en la mayoría de los trabajos como son: Caselman, 1983; Casey *et al*, 1983; Schwartz, 1983; Cailliet, 1985; Brown y Gruber, 1988; Casey y Natanson, 1992.

Se tomo la precaución de identificar el mismo número de anillos entre dos lectores a fin de corroborar que se está viendo el mismo número de bandas en cada muestra y que realmente sean verdaderos anillos, es por ello que se utiliza el APE, por medio del cual se puede comparar entre lectores, este índice también ha sido utilizado para corroborar lecturas de *Carcharhinus limbatus* (Brown y Gruber, 1988; Simpfendorfer, 1993; Natanson *et al* 1995 ; Wintner y Cliff, 1996).

Si bien el APE es una medida de determinar que tan preciso es un lector en su lectura del número de anillos, la prueba de t pareada muestra las diferencias entre los lectores, para el caso de esta especie de tiburón las lecturas presentaron problemas al inicio por la cercanía existente entre cada uno de los anillos y al principio era difícil el poder diferenciar entre cada uno de los anillos de crecimiento. Por otro lado, en la mayoría de las lecturas variaban por sólo un anillo, lo cual puede no ser muy significativo por que se contabilizaron nuevamente cada uno de los anillos presentes en cada corte de vértebra, con la finalidad de leerlos después de tener la experiencia de observar por lo menos 500 lecturas.

Una marca o banda es formada al momento de nacer para *C. leucas* ya que de los cuatro neonatos revisados ninguno de ellos presentaba alguna marca o señal que evidenciará su desarrollo embrionario, esto es semejante a lo reportado por Branstetter y Stiles, (1987).

---

Por otro lado, se establece una relación proporcional entre el tamaño del animal y el radio del organismo presente en otras especies de tiburones para los lamnidos (Pratt y Casey 1983; Cailliet *et al*, 1985), alopodiformes (Cailliet y Bedford, 1983) y carcharhiniformes. Cailliet *et al*; 1983; Gruber y Stout, 1983, Branstetter y McEachram, 1986), Sphirnidiformes (Schwartz, 1983, Branstetter, 1987).

### 7.3 Crecimiento

Los ajustes hechos a las curvas de crecimiento son debido a la heterogeneidad de los datos.

Con base en las observaciones hechas al *C. leucas* se puede decir que la edad a una longitud varía considerablemente y no depende del sexo, por ejemplo en *C. leucas* (Branstetter y Stiles, 1987) se tiene que:

Para el presente estudio (valores observados).

Para las hembras		Para los machos	
Longitud total	Edad	Longitud total	Edad
277 cm	28 años	231 cm	21 años
277 cm	23 años	232 cm	14 años
		235 cm	21 años

Los cual es similar a lo presentado por (Branstetter y Stiles, 1987)

Para hembras		Para machos	
Longitud total	Edad	Longitud total	Edad
170 cm	8.0 años	168	10.1 años
170 cm	11.0 años	169	8.8 años

Con base en las observaciones hechas al tiburón toro *Carcharhinus leucas* se puede decir que la edad a una longitud varía considerablemente y que no depende del sexo, ya que aunque no se tiene información precisa pudirá ser que se tratará de una población dominante y otra población secundaria, correspondientes a subpoblaciones o razas geográficas y tal vez por ello se registren estas diferencias entre las tallas y las edades.

Los valores de L: son estimaciones aceptables a las tallas encontradas por otros autores. Ricker (1979) in Ramírez (1995) menciona que frecuentemente se encuentran unos pocos organismos longevos más grandes que el tamaño asintótico



El parámetro  $k$  indica que esta especie alcanza lentamente la longitud máxima de 256 cm (28 años para una hembra), y al llegar a la madurez crece a un menor ritmo.

En otras especies se observan los valores de  $k$  como es el caso de *Negaprion brevirostris*, Brown y Gruber (1988) obtuvieron los valores de  $k = 0.055$  para machos y  $k = 0.060$  para hembras; mientras que para *Carcharhinus obscurus* se obtuvieron los valores de  $k = 0.038$  para machos y una  $k = 0.039$  para hembras de acuerdo a Natanson *et al.* (1995), para *Galeorhinus galeus* los valores fueron de  $k = 0.075$  para hembras y una  $k = 0.092$  para machos (Ferreira y Vooven, 1991).

Contrario a lo presentado para *Rhizoprionodon taylori* y (Simpfendorfer, 1993), *Rhizoprionodon terranova* (Branstetter, 1987) *C. limbatus* (Killan y Parson, 1989), *Galeocerdo cuvieri* (Branstetter *et al.*, 1987).

Se ha visto que *C. leucas* madura a los 14 años, por otro lado, se ha reportado que madura a los 18 años (Branstetter y Stiles, 1987). Para *C. plumbeus* (Casey y Natanson, 1992), se ha reportado la edad máxima a los 40 años y este organismo madura a los 29 años; *Negaprion brevirostris* vive hasta 20 años y madura entre los 11 y 13 años (Brown y Gruber 1988). Con lo anterior se puede decir que *C. leucas* esta dentro de las especies más longevas de tiburones con gran tamaño.

## 8. CONCLUSIONES

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Las máximas tallas observadas fueron de 340 cm de longitud total con una hembra y de 334 cm para un macho de 327 cm de longitud total.

*C. leucas* es un tiburón de gran tamaño que puede alcanzar una edad promedio observada de 34 años con una longitud de 277 cm.

Los parámetros de crecimiento para la especie son de  $L_{\infty} = 258.1$ ,  $k = 0.1362$  y  $t_0 = -2.001$ , para los machos fueron  $L_{\infty} = 248.4$ ,  $k = 0.1692$  y  $t_0 = -1.03$  mientras que para las hembras resultaron  $L_{\infty} = 264.4$ ,  $k = 0.1196$  y  $t_0 = -2.53$

La mayor tasa de crecimiento se produce antes de alcanzar la madurez sexual tanto para las hembras como para los machos.

Las hembras presentan un valor menor de índice "k" que los machos y por lo tanto una mayor longitud infinita

Las tallas con mayor captura corresponden entre los 214-224 cm de longitud total.

La formación de una banda de crecimiento es anual conformada por una par de bandas una clara y otra oscura.

Presenta un crecimiento proporcional entre la longitud del organismo y el radio de los centra de las vértebras.

Las vértebras que mejor permiten observar los anillos de crecimiento son las ubicadas debajo de la primera aleta dorsal.

La longevidad calculada para los dos sexos fue de 22 años, para las hembras 22 y para los machos 17 años mientras que la mortalidad calculada para los dos sexos fue de 0.14, para las hembras fue de 0.13 y para los machos se estimó de 0.17

## 9. RECOMENDACIONES

Continuar con este tipo de estudio ya que de esta manera se puede conocer la biología y dinámica poblacional de la especie para de esta manera determinar el nivel de explotación a la que esta expuesta esta especie de interés pesquero y biológico para el país.

Crear una base de datos con la información recopilada para estudios futuros de edad y crecimiento en tiburones.

## 10. LITERATURA CITADA

Applegate, S. P., L. Espinosa, L. Menchaca y F. Sotelo, 1979. Tiburones Mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica . Dirección General de Ciencias y Tecnología del Mar. México. 72 p.

Alvarez-Arellano, A. y J. Gaitán-Morán, 1994. Geología In: De la Lanza E. G. y C. Cáceres-Martínez (Eds.) Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 13-74.

Bass, J. L., 1977. Long-term recoveries of tagged sharks, Copeia (3): 574-575.

Beamish, R. J. y D. A. Fournier, 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Canadian Journal of Fish Aquatic Science 38: 982-983.

Beamish, R. J. y G. A., 1983. Validation of age determination estimates: The forgotten requirement. In: Prince, E.D. ad L.M. Pulos (Eds). Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks p 167-174. U.S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS 8. 29-33.

Bonfil-Sanders, R., R. Mena y D. de Anda, 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis* from the Campeche Bank, Mexico. NOAA, Technical Report NMFS 115: 73-86.

Branstetter, S., 1981. Biological notes on the sharks of North Central Gulf of Mexico. Contribution in Marine Science. 24: 13-34.

Branstetter, S. y J. D. Mceachran, 1986. Age and growth of four carcharhinids sharks common to the Gulf of Mexico: A Summary Paper. Proceedigns of the Second International Conference on Indo Pacific Fishes, 361-371.

Branstetter S. J. A. Musick y J:A. Colvocoresses, 1987. A comparison of the age en growth of the tiger shark. *G. cuvieri* from off Virginia and from the northwestern Golfo of Mexico. Fishery Bulletin, 85 (2) 269-279.

Branstetter, S y R. Stiles, 1987, Age and growth of the bull shark *Carcharhinus leucas* from the northern Gulf of Mexico. Environmental. Biology of Fish, 20:169-181.

Brown, C. A. y S. H. Gruber, 1988. Age and assesment of the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. Using tetracycline validated vertebral centra. Copeia, 3: 747-753.

Cailliet, G. M., 1990. Elasmobranch age determination and verification: an updated review. In: Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries. H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber y T. Taniuche (eds.) U. S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS90,

Cailliet, G. M., L. K. Martin, D. Kusher, P. Wolf y B. A. Welden, 1983. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs. In: Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. E. D. Prince y L. M. Pulos (eds.) U.S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS8.

Cailliet, G. M., L. J. Natanson, B. A. Welden y D. A. Ebert, 1985. Preliminary studies on the age and growth of the white shark, *Carcharodon carcharias*, Using vertebral bands. Memoirs of the Southern California Academy of Sciences, 9: 49-60.

Cailliet, G. M.; K. G. Yudin; S. Tanaka and Taniuchi. 1990. Growth characteristics of two populations of *Mustelus manazo* from Japan based upon cross-reading of vertebral bands. In: H.L. Pratt, S.H. Gruber and T. Taniuchi (eds). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology systematics and status of the fisheries. NOAA Technical Report 90.

Caillouet, Ch. W., W. S. Perret y B. J. Fontenot, 1969. Weight, length and sex ratio of immature bull shark *Carcharhinus leucas*, from Vermillion Bay, Louisiana. Copeia (1): 196-197.

Cardiel-Ramírez, H., 1982. El tiburón: alimento y trabajo para todos. Técnica Pesquera, 9: 13-17.

Caselman, J. M., 1983. Age and growth assesment of fish from their calcified structures techniques and tools. In: Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries. H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber y T. Taniuchi (eds.) U. S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS90

Casey, J. G.; H. L. Pratt, Jr. y CH. Stillwell. 1983. Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, from the Western North Atlantic. In: Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries. H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber y T. Taniuche (eds.) U. S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS90, 189-204.

Casey, J. G. y L. J. Natanson, 1992. Revised estimates of age and growth of the sandbar shark (*Carcharhinus plumbeus*) from the western North Atlantic. Canadian Journal of Fish Aquatic Science, 49: 1474-1477.

- Castillo-Géniz, J. L., 1992. Diagnóstico de la Pesquería de Tiburón en México. Secretaría de Pesca. México, 72 p.
- Castillo-Géniz, J. L. y F. Márquez-Farías, 1993. La pesquería de tiburón en México: una revisión histórica del Golfo de México. Programa Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras del Recurso Tiburón, Instituto Nacional de la Pesca, México. 24 p.
- Castro, J. I., 1983. The Sharks of North American Waters. Texas University Press. U.S.A., 180 p
- Compagno. L. J. V., 1984. FAO Species Catalog. Sharks of the World. An annotated and illustrated of sharks species know to date. Part 1 and 2. FAO Fish Synop.
- Fernández-Eguiarte, A., A. Gallegos-García y J. Zavala-Hidalgo, 1993. Oceanografía Física de México. Ciencia y Desarrollo, 18 (108): 24-35
- Ferreira, B. P. y C. M. Vooren, 1991. Age, growth, and structure of vertebra in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from Southern Brazil. Fishery Bulletin, 89: 19-31.
- Francis, R. I. C. C., 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. Journal of Fish Biological, 36: 883-902.
- Galluci, V.F., S. B. Saila, D. J. Gustafson y B. J. Rothschild, 1996. Stock Assesment. Quantitative methods and application for small- scale fisheries. Lewis Publishers, USA.
- Hoening, J. M. y S. H. Gruber, 1990. Life history patterns in the elasmobranchs: Implications for fisheries management elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries. U.S. Dep. Commer. NOAA. Tech. Rep. NMFS 90: 1-16.
- Jordan, D. S. y B. W. Everman, 1969. The fishes of North and Middle America. Bull. U.S. Nat. Mus. 47, 240 p.
- Killan K.A. y G.R: Parsons 1989. Age and growth of the black short *Carcharhinus limbatus* near Tampa Bay, Florida. Fishery Bulletin, 87: 845-857.
- Kwang-Ming, L; C. Po-Jen y C. Che-Tsung, 1998. Age and growth estimates of the bigeye thresher shark, *Alopias superciliosus*, in northeastern Taiwan waters. Fishery Bulletin 96: 482-491.
-

Landa-Ocaña, M. A. J. 1998. "Aspectos biológicos pesqueros del tiburón chato *Carcharhinus leucas* (Muller y Helen 1841) de las Costas del Estado de Veracruz, México", Tesis Profesional, Universidad Veracruzana, México.

Marín-Osorio, R., 1992. Clave para la determinación de los tiburones del Golfo de México. Universidad Veracruzana. 57p.

Martin, I. k. and G. M. Cailliet, 1988. Age and growth determination of the bat rat, *Myliobatis californica* Gill, in central California. Copeia, 3:762-773.

Monreal-Gómez, M.A. y D. A. Salas De León, 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. In: Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Lavin, M.F. (de). Monografía No.3, Unión Geofísica Mexicana. 183-199.

Natanson, L., J. Casey y N. E. Kohler, 1995. Age and growth estimates for the dusky shark *Carcharhinus obscurus* in the western North Atlantic Ocean. Fishery Bulletin

Officer, R. A. ,1995. Vertebral mineralisation patterns in gummy and school sharks and their utility for age determination. Ph. D. Department of Zoology and School of Dental Sciences. University of Melbourne, Australia, 300 p.

Prager, M. N., 1980. Basic Fishery Biology Programs. Elsevier Scientific Publishing Co. Bronxville, Nueva York.

Prager, M. N., S. B. Saila, y C. W. Recsie, 1987. Fishparm: a computer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. Dep. Oceanogr. Old Dominion University of Norfolk, U.A. Tech. Rep. 87 (10): 1-37.

Ramírez-Murillo, R. 1995. Edad y crecimiento de *Hipoglossina stomata* Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Rodríguez de la Cruz, C., 1988. Los Recursos Pesqueros de México y sus Pesquerías. Secretaría de Pesca. México, 237 p.

Rodríguez de la Cruz, C., J. L. Castillo-Géniz y F. Márquez-Farías, 1996. Evaluación de la Pesquería de Tiburón en el Golfo de México. Informe técnico. CONACyT. Clave 116002-5-1314N9206, p.

Schmid, T. H. , F. L. Murru y F. McDonald, 1990. Feeding habits and growth rates of bull (*Carcharhinus leucas* (Valenciennes)), sandtiger (*Eugomphodus taurus* (Rafisnique)) and nurse (*Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre)) sharks maintained in captivity. Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences, 5(4): 110-115

Schwartz, F. J.. 1959. Two eighth-foot cub sharks, *Carcharhinus leucas* (Müller y Henlei) captured in Chesapeake Bay Maryland. Copeia. 3: 251-252.

Schwartz, F. J.. 1983. Shark ageing methods and age estimation of scalloped hammerhead *Sphyrna lewini* and dusky *Carcharhinus obscurus* sharks based on vertebral ring counts. In: Prince, E.D. ad L.M. Pulos (Eds). Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks p 167- 174. U.S. Dep. Commer. NOAA, Tech. Rep. NMFS 8.

Simpfendorfer, C. A., 1993. Age and growth of the Australian sharpnose shark , *Rhizoprionodon taylori*, from north Queensland, Australia. Environmental Biology of Fish, 36: 233-241.

Sminkey, T. R. y J. A. Musick, 1996. Demographic analysis of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in the North Atlantic. Fishery Bulletin, 4: 341-347.

Smith, S. E . y N. J. Abramson, 1990. Leopard shark, *Triakis semifasciata*, in Elkhorn Slough, Monterey Bay, California. California Fishery Bulletin, 88:371-381.

Snelson, F. F. Jr. y S. E. Williams, 1981. Notes on the occurrence, distribution and biology of elasmobranch fishes in the Indian River Lagoon System, Florida. Copeia, 4(2): 110-120.

Snelson, F. F., J. Timothy, J. Mulligan y S. H. Williams, 1984. Food habits occurrence and population structure of the bull shark *Carcharhinus leucas* in Florida Coastal Lagoons. Bulletin of Marine Science, 34(1): 71-80.

Stevens, J. D., 1975. Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca* L.). Journal of Marine Biology Ass. U. K., 3: 657-665.

Taylor, C. C. 1959. Temperature and growth- the Pacific razor clam. J. Cons. Int. Explor. Mer, 25: 93-101.

Thomerson, J. E., T. B. Thorson y R. L. Hempel, 1977. The bull shark, *Carcharhinus leucas* from the upper Mississippi River near to Alton Illinois. Copeia (1): 166-168.

Thorson, T. B., D. E. Watson y C. M. Cowan. 1966. The status of the freshwater of Lake Nicaragua. Copeia. 3: 385-402.

Thorson, T. B.. 1971. Movement of bull shark *Carcharhinus leucas*, between Caribbean Sea and Lake Nicaragua demonstrated by tagging. Copeia, 1: 336-338.

Thorson, T. B., 1972. The status of the bull shark *Carcharhinus leucas* in the Amazon River. Copeia, 3: 601-605.

---

Thorson, T. B. y E. J. Lacy, Jr., 1982. Age, growth rates and longevity of *Carcharhinus leucas* estimated from tagging and vertebral rings. Copeia, 110-116.

Uribe-Martínez, J. A., 1990. Guía de campo para la identificación de especies de tiburones y cazones en la Sonda de Campeche, México. Documentos de trabajo. Centro Regional de Investigación Pesquera-Campeche. No. 23, 48 pp.

Wintner, S. P. y G. Cliff, 1996. Age and growth determination of the blacktip shark *Carcharhinus limbatus* from the east coast of South Africa. Fishery Bulletin, 94: 135-144.

Yudin, K. G. y G. M. Cailliet, 1990. Age and growth of the graysmoothhound, *Mustelus californicus* and the brown smoothhound, *Mustelus henlei*, sharks from Central California. Copeia, (1):191-204.