

03067  
3  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

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

**PROYECTO ACADEMICO DE ESPECIALIZACION, MAESTRIA Y  
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR**

**INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA**

**EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURON PUNTAS  
NEGRAS *Carcharhinus limbatus* (VALENCIENNES  
1839) EN EL GOLFO DE MEXICO**

**T E S I S**

**MAESTRIA EN CIENCIAS DEL MAR  
AREA OCEANOGRAFIA  
BIOLOGICA Y PESQUERA  
BIOL. JAVIER TOVAR AVILA**

279366



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*Este trabajo esta dedicado a mi familia.  
Porque juntos hemos logrado mucho  
y juntos lograremos mas.*

Agradezco a las siguientes personas e instituciones que me apoyaron en la realización de este trabajo:

- A mi director de tesis, Dr. Virgilio Arenas Fuentes, por su orientación, apoyo y sobre todo por ese gran entusiasmo y optimismo que siempre transmite a sus alumnos.
- A mi comité asesor e integrantes del jurado por su valioso tiempo dedicado a la revisión del trabajo y sus comentarios que lo enriquecieron: Mtro. Luis Espinosa Arrubarena, Dr. Xavier Chiappa Carrara, Dr. Shelton P. Applegate y Dr Manuel Gallardo Cabello.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el otorgamiento de la beca para estudios de maestría.
- Al Dr. Sergio Cevallos y el personal del Laboratorio de Paleobotánica del Instituto de Geología de la UNAM, José Luis, Genaro, por las facilidades para realizar los cortes de las vértebras.
- Al Dr. Cesar Flores Coto y el personal del Laboratorio de Zooplancton del ICMyL de la UNAM, Faustino, Marilú, Balbina y Laura, por las facilidades para la lectura de los anillos.
- Al Dr. Oscar Sosa y el personal del Laboratorio de Ecología del CICESE por las facilidades para realizar la técnica de nitrato de plata y por leer con nosotros las vértebras.
- A los Drs. Susan Smith y David Au, del Southwest Fisheries Science Center, del NMFS de la NOAA, E.U., por compartir con nosotros los avances de sus trabajos y experiencia en la técnica de rayos X.
- Al Dr. Ramón Bonfil Sanders y el Biol. Leonardo Castillo Géniz por su orientación para la lectura de los anillos y su valiosa amistad.
- Al Dr. Armando Arzate Barrios del Departamento de Imagen de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y el Dr. Arturo Bardales del Laboratorio de Rayos X del Centro Médico de la UNAM, por permitimos experimentar con la toma de rayos X de las vértebras y de los tiburones.
- Al LARM. Fernando Márquez Farías que amablemente y como siempre con su buen humor revisó y enriqueció con sus comentarios este trabajo.
- A mi jefe, Dr. Miguel Angel Cisneros Mata y al Biol. Luis Beléndez Moreno (que seguirá siendo "El jefe") por todo su apoyo para continuar con mis labores académicas y permitirme trabajar y aprender de ellos.
- Al Dr. Pablo Arenas Fuentes por su revisión de la tesis y por darme la oportunidad de incorporarme al INP como investigador.

## *Agradecimientos*

---

- A todos mis compañeros, investigadores, estudiantes, secretarías y personal de apoyo del Instituto Nacional de la Pesca y del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la UNAM, en particular de la Dirección General de Investigación en Evaluación y Manejo de los Recursos Pesqueros y del Laboratorio de Ecología de Pesquerías por toda su amistad, apoyo y comprensión.
- A mis amigos del CCH, de la Facultad de Ciencias, del Museo de las Ciencias (Universum), del Posgrado en Ciencias del Mar, a mis maestros del Posgrado, mis alumnos de la Facultad de Ciencias, algunos de ellos ya mis colegas, a todos ustedes y los que me faltaron porque la lista sería enorme, MUCHAS GRACIAS.

## RESUMEN

El crecimiento del tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus*, es estimado a partir de edades determinadas mediante la lectura de anillos de crecimiento en vértebras; 102 tiburones capturados en el periodo de julio de 1994 a diciembre de 1998 por la pesca comercial artesanal del sudoeste del Golfo de México, fueron utilizados para la estimación del crecimiento, suponiendo una formación anual y periódica de los anillos en los cuerpos vertebrales, que permite calcular la edad de los organismos.

La validación de la formación anual de los anillos de crecimiento y los periodos de su formación y crecimiento se realizó de manera indirecta por el método de Incremento Marginal y el análisis de los bordes vertebrales en el tiempo. Para la verificación, se utilizaron diversos métodos de tinción, con el fin de facilitar la identificación y cuantificación de los anillos de crecimiento para tener una mejor asignación de edades.

El Error Promedio Porcentual fue utilizado para estimar la precisión de las lecturas del autor (7.5%) y entre varios lectores (8.3%), para calcular el sesgo en las lecturas se utilizó una prueba de  $t$  pareada.

Para describir el crecimiento se utilizó la ecuación de von Bertalanffy, el cálculo de los parámetros de crecimiento se realizó mediante el programa FISHPARM (Prager *et al*; 1987); los parámetros de crecimiento para hembras y machos fueron significativamente diferentes ( $T^2$  de Hotelling=204.68,  $p<0.01$ ), por lo que se presentan las curvas de crecimiento por sexos separados. Los valores obtenidos fueron  $k=0.19$ ,  $L_{\infty}=179.9$  cm y  $t_0=-3.1$  años para las hembras,  $k=0.19$ ,  $L_{\infty}=187.8$  cm y  $t_0=-2.9$  años para los machos.

Los resultados de las edades y los parámetros del crecimiento obtenidos son comparados también con los de otros autores en otras áreas de estudio, particularmente Florida, E.U., presentando similitud en algunos de los parámetros de crecimiento como el valor de  $k$  de las hembras, 0.19 para hembras según Killam y Parsons (1989), y diferencias para la  $k$  de los machos, 0.276, y las  $L_{\infty}$ , 195 cm, y 166.5 cm para hembras y machos respectivamente, de acuerdo a los mismos autores.

Las longevidades calculadas en el presente estudio fueron mayores a las calculadas con los datos de estudios anteriores del norte del Golfo de México y Florida, y por lo tanto las mortalidades mayores, al compararlas con los datos de estos mismos trabajos.

Las diferencias en los parámetros se atribuyen a las menores tallas encontradas durante el presente trabajo y el tamaño de muestra, a diferencias en la técnica utilizada o a la posible existencia de subpoblaciones en el área.

La similitud entre algunos de los parámetros de crecimiento, además de las evidencias de migraciones por medio de marcaje de juveniles que migran de norte a sur, sugieren por otra parte que muy probablemente existe una sola población de *C. limbatus* en el Golfo de México segregada por sexos y tallas, o al menos un flujo constante entre las poblaciones del área y otras cercanas, como el mar Caribe.

## ÍNDICE

	página
INTRODUCCIÓN .....	1
• El tiburón como recurso pesquero	
• Importancia de la evaluación pesquera de los tiburones	
• <i>Carcharhinus limbatus</i> en la pesquería artesanal del Golfo de México	
• Los estudios de edad y crecimiento para la evaluación de poblaciones	
ANTECEDENTES .....	12
• Descripción de <i>C. limbatus</i>	
• Taxonomía	
• Distribución	
• Biología y pesquería	
• Edad y crecimiento	
• Marcaje	
OBJETIVOS .....	20
• Objetivo General	
• Objetivos particulares	
ÁREA DE ESTUDIO .....	21
MATERIAL Y METODOS .....	24
• Trabajo de campo y laboratorio	
• Trabajo de gabinete	

RESULTADOS .....	34
• Muestreo y obtención de datos de campo	
• Relación entre la talla del organismo y el diámetro vertebral	
• Tinción y resaltamiento de los anillos	
• Identificación de las marcas de nacimiento y crecimiento	
• Precisión de las lecturas	
• Validación	
• Estimación de edades	
• Parámetros de crecimiento	
• Longevidad y mortalidad natural	
DISCUSIÓN .....	53
• Muestreo y obtención de datos de campo	
• Observación de los anillos de crecimiento	
• Precisión de las lecturas	
• Validación	
• Crecimiento	
• Longevidad y mortalidad natural	
CONCLUSIONES .....	58
REFERENCIAS .....	60
ANEXO	



## INTRODUCCIÓN

### *El tiburón como recurso pesquero*

El incremento reciente en la demanda de la carne de tiburón y la alta cotización de algunas de sus partes, como las aletas y el cartilago, para fines alimenticios y medicinales respectivamente, han hecho que las pesquerías de estos organismos se desarrollen considerablemente a nivel mundial, ocasionando una intensa presión de pesca sobre varias especies. La captura mundial de elasmobranquios en general ascendió de 201,000 t en 1947 a 789,862 t en 1997, según los datos de la FAO, calculándose que el volumen verdadero de la captura mundial es el doble de las cifras oficiales y que durante la presente década estos valores se han incrementado (Bonfil, 1994).

Pese al enorme incremento de los volúmenes de captura en años recientes y la alta cotización de algunas de sus partes, el tiburón aún es considerado como un recurso de baja importancia debido al precio menor de su carne, comparado con los precios de otros productos pesqueros como el camarón y el atún, y a que las capturas de elasmobranquios pese ha haber alcanzado probablemente su máximo de explotación, no representan más que un 0.7% de la captura total mundial o el 1% si se tomase en cuenta la captura incidental de estos organismos en otras pesquerías (Bonfil, 1994).

Históricamente, México ha sido una de las 25 principales naciones que explotan el recurso tiburón. Tomando en cuenta las capturas anuales promedio de las últimas cinco décadas (17.4 toneladas métricas anuales en promedio) se le ubica junto a países como Brasil, Corea del Sur, Nigeria, Filipinas, Sri Lanka y Perú (Bonfil, 1994), particularmente durante 1997, México ocupó el sexto lugar por volumen de producción, después de la India, Indonesia, Pakistán, E.U. y China (FAO, 1999) (cuadro 1, figura 1).

**Cuadro 1.- Principales países productores (1996).**

lugar	país	producción (toneladas)
1	India	131,362
2	Indonesia	95,550
3	Pakistan	48,429
4	E.U.	40,425
5	China	40,089
6	Mexico	35,665
total mundial		789,862

Fuente: FAOSTAT (FAO, 1999)

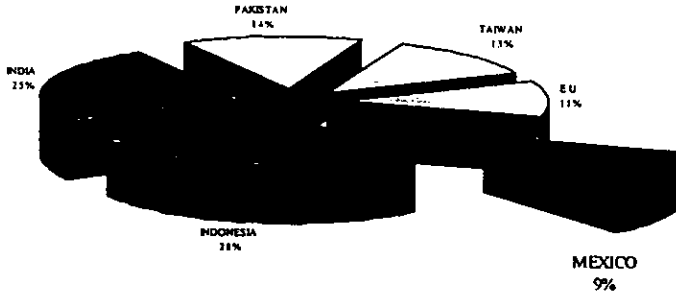


Figura 1.- Principales países productores de tiburón durante 1996 (FAO, 1999).

Es a partir de la década de los 70's que la pesquería mexicana del tiburón se convierte en la principal de América Latina, alcanzando su cifra record de captura en 1990 con 36,000 t (figura 2), y manteniendo durante la última década un promedio anual de producción por arriba de las 30,000 t, lo que ubica al país dentro de las seis principales naciones productoras (Compagno, 1990; Castillo, 1992).

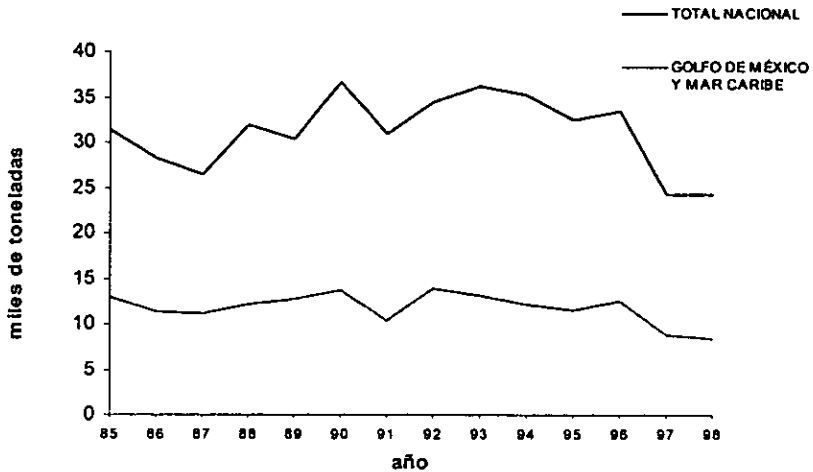


Figura 2.- Producción histórica de tiburón y cazón a nivel nacional y del Golfo de México y mar Caribe.

Para México, el tiburón es un importante recurso pesquero por los ingresos y fuentes de trabajo que su pesca genera, ubicándose durante 1998 como la cuarta pesquería a nivel nacional por su valor económico (cuadro 2) y en séptimo lugar por volumen de captura entre los productos pesqueros marinos (peso vivo); en el Golfo de México esta pesquería se ubicó en séptimo lugar por volumen de captura (cuadro 2). La exportación de algunas de las partes del tiburón, como las aletas, las cuales alcanzan precios altos en el mercado asiático, contribuyen además de manera sustantiva a la captación de divisas.

**Cuadro 2.- Posición de la captura de tiburón y cazón respecto a los principales productos marinos en México durante 1998.**

Lugar	Por volúmen (Nacional)		Por volúmen (Golfo y Caribe)		Por valor
	Peso desembarcado	Peso vivo	Peso desembarcado	Peso vivo	
1	atún	atún	ostión	ostión	camarón
2	sardina	sardina	camarón	camarón	atún
3	camarón	camarón	pulpo	pulpo	pulpo
4	ostión	ostión	jaiba	jaiba	<b>tiburón y cazón</b>
5	calamar	calamar	mero	mero	mero
6	macarela	<b>tiburón y cazón</b>	jurel	jurel	huachinango
7	<b>tiburón y cazón</b>	macarela	<b>tiburón y cazón</b>	<b>tiburón y cazón</b>	langosta

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1998 (SEMARNAP, 1999).

Los tiburones aportaron el 2.3% de la producción total pesquera nacional durante la última década (1988 a 1998), el valor de la producción durante 1998 se estimó en 189.632 millones de pesos (cuadro 3), únicamente superado por la pesca de recursos que tienen un alto valor comercial como el camarón, atún y pulpo (SEMARNAP, 1999).

El tiburón representa una fuente significativa de ingresos para un importante número de comunidades costeras de México, dependiendo de ella numerosos pescadores que explotan este recurso por medio de embarcaciones artesanales a todo lo largo de los litorales mexicanos. La carne de tiburón es además una opción de proteína animal para muchas de estas comunidades y para el resto del país, ya que el 90% de la captura total se destina al consumo humano (Bonfil, 1994).

**Cuadro 3.- Producción de tiburón y cazón durante 1998, nacional y del Golfo de México (toneladas).**

	Nacional		Golfo y Caribe		valor	
	peso desembarcado	peso vivo	peso desembarcado	peso vivo	(miles de pesos)	(%)
cazón	6,432	6,979	3,917	3,991	61,053	0.61
tiburón	14,938	17,404	4,366	4,452	128,579	1.28
total Golfo	21,370	24,383	8,283	8,443	189,632	1.89
total nacional	1,113,349	1233,292	335,388	348,969	10,034,425	100

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1998 (SEMARNAP, 1999)

A partir de 1997 la captura de tiburón se ha visto disminuida, atribuyéndose entre otros factores a fenómenos climáticos como "El Niño", ya que las temperaturas superficiales son determinantes para la abundancia y distribución de estos organismos, prefiriendo las aguas templadas o frías; otra causa de esta disminución puede ser un posible alcance del tope de explotación, o la conjunción de diversas causas, este desconocimiento hace necesaria la generación de información que permita hacer estimaciones de la situación de las poblaciones sometidas a la pesca.

#### **Importancia de la evaluación pesquera de los tiburones**

Las poblaciones de tiburones han afrontado en diversos lugares y ocasiones el problema de la sobrexplotación debido a las características de su ciclo de vida como son: lento crecimiento, maduración tardía y baja fecundidad (Holden, 1974; Bonfil, 1990; Kusher *et al*; 1992). Lo anterior ha traído ocasiones el desplome de sus pesquerías, como es el caso de la pesquería de *Galeorhinus galeus* y *Alopias vulpinus* en California, *Cetorhinus maximus* en Escocia, *Lamna nasus* en el Atlántico Noroeste y *Squalus acanthias* en Escocia y Noruega (Hoff y Musick, 1990). Lo anterior apunta a la necesidad de comprender la dinámica de las poblaciones, con el fin de ayudar en la elaboración de políticas pesqueras adecuadas (Gulland, 1983).

Durante 1998 la FAO organizó la reunión preparatoria para el establecimiento de un Plan de Acción para el manejo de las pesquerías de tiburones y su pesca incidental, el cual deberá ser consistente con el Código de Pesca Responsable. En dicha reunión se analizó la situación de las pesquerías mundiales, los problemas de disponibilidad de información y las características biológicas de estos organismos que dificultan la adopción de medidas, se estableció la importancia del desarrollo de Planes de Acción nacionales o a nivel regional, con énfasis en la protección de habitats, especies que requieren de protección especial y el desarrollo de estrategias consistentes con los principios de la sustentabilidad biológica (FAO, 1999).

En la actualidad existen otras organizaciones internacionales preocupadas por recabar información confiable sobre este recurso y por la instrumentación de medidas de manejo en todas las pesquerías del mundo para su conservación y sustentabilidad; entre estas destacan la Convención para el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de flora y Fauna Silvestre (CITES), que ha organizado recientemente reuniones de expertos para impulsar el intercambio y análisis de la información de capturas y en particular del comercio y la demanda mundial de tiburones y sus productos, con el fin de adoptar medidas y convenios internacionales de cooperación para su protección (CITES, 1996).

La Conferencia de las Naciones Unidas para las Especies Transfronterizas y Especies Altamente Migratorias realiza esfuerzos para la implementación de medidas relacionadas con la conservación y manejo de los recursos pesqueros en el marco de la Ley del Mar, entre las necesidades destacadas por este organismo se encuentran la protección de la biodiversidad marina, la disminución de la contaminación en ambientes de importancia para su reproducción, el monitoreo de los stocks, la disminución de la captura incidental y su desecho, así como la cooperación regional e integración de un organismo internacional con competencia específica para el estudio y manejo de tiburones, como el existente para otros peces como el atún y los peces de pico (CITES, *op. cit.*).

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) así como la Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico (ICAAAT) han comenzado a reportar la captura incidental de tiburones en la pesquería de atún en el Atlántico y en el Pacífico, en la cual forman parte importante algunas especies de tiburones (CITES, *op. cit.*).

La Organización Latinoamericana para el Desarrollo de la Pesca (OLDEPESCA), del cual México es miembro, y la Agencia del Foro de Pesquerías del Pacífico Sur (SPFFA), entre otras organizaciones regionales son organismos preocupados por el desarrollo de las pesquerías de tiburón, por lo que ha incluido el tema en la agenda de sus reuniones ministeriales, han propuesto también la realización de talleres de trabajo para delinear medidas de manejo de acuerdo a las necesidades particulares de cada región (CITES, *op. cit.*).

El Consejo Internacional para la Exploración de los Mares (ICES) por ser un organismo intergubernamental hace recomendaciones de estrategias de manejo y establecimiento de cuotas de captura, de igual manera ha impulsado el establecimiento de grupos de especiales para el estudio de los elasmobranquios (CITES, *op. cit.*).

En México la medida instrumentada para regular la pesquería del tiburón es la expedición limitada de licencias o permisos para la pesca, no otorgándose nuevos permisos para la pesca de este recurso desde 1994, sin embargo, no existe en la actualidad un plan de manejo pesquero, que incluya estrategias para su aprovechamiento como recurso pesquero y medidas de protección para las poblaciones explotadas, a fin de desarrollar adecuadamente y sostener a largo plazo esta importante actividad.

Las características de la pesquería de tipo artesanal y multiespecífica, en las cuales se presentan variaciones en las características de los equipos y artes de pesca, así como la gran demanda por los tiburones de talla pequeña dificultan la instrumentación de medidas de manejo, sin embargo, mediante el Programa de Normalización de la Pesca Responsable se elabora y revisa actualmente la Norma Oficial Mexicana para el aprovechamiento de tiburones y especies afines, que permitirá en primera instancia obtener información de las capturas por especie y proteger algunas zonas de crianza o reproducción.

Las pesquerías de tiburón presentan problemas para su regulación y administración debido a que los modelos de evaluación usados en las pesquerías de teleosteos no son apropiados para los elasmobranquios (Anderson, 1990). Los modelos demográficos han cobrado importancia para la evaluación de los recursos pesqueros en general, entre ellos los elasmobranquios, dichos modelos toman en cuenta parámetros biológicos como la edad mínima de madurez sexual, la fecundidad y la mortalidad por grupos de edad; las ventajas de este tipo de análisis además de la incorporación de la información biológica particular de cada especie, es que permiten estimar el efecto de la pesca en los parámetros demográficos, los cuales pueden ser usados como puntos de referencia biológicos (Cortés, 1998).

La amplia distribución y hábitos migratorios de algunas especies de tiburón son otros de los factores que dificultan tanto el conocimiento de estos organismos como la instrumentación de medidas de manejo y protección.

Por otro lado, la información básica acerca de las condiciones de las pesquerías mundiales de tiburones, datos de captura por especie, esfuerzo pesquero y tamaños de stocks son prácticamente inexistentes, en especial en países subdesarrollados, siendo el caso de muchos de los grandes explotadores del recurso. Los datos de la FAO y de otros organismos internacionales no son muy reales o completos (Bonfil, 1994) ya que por lo general no toman en cuenta las capturas incidentales, las capturas de la pesca artesanal de subsistencia y las de la pesca deportiva.

En México se tiene conocimiento de la presencia de más de 100 especies, de las cuales aproximadamente 40 especies son importantes desde un punto de vista pesquero (Applegate *et al.*; 1994), entre estas especies se encuentra el tiburón volador o puntas negras *Carcharhinus limbatus*, que habita las aguas cercanas a la costa tanto en el Pacífico como en el Golfo de México y mar Caribe.

### ***Carcharhinus limbatus en la pesquería artesanal del Golfo de México***

El tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus*, es una de las especies más importantes en la pesquería ribereña artesanal del Golfo de México, ocupando el tercer lugar en todo el Golfo de México por número de organismos capturados, y el segundo lugar en los Estados de Veracruz y Tamaulipas. En la actualidad existen datos biológicos y pesqueros

## Introducción

de esta especie (Tovar, 1995; Rodríguez de la Cruz *et al.*; 1996), a partir de ellos se sabe que *C. limbatus* es una especie que se encuentra sometida a una presión de pesca intensa.

En el Golfo de México esta especie se captura durante una gran parte del año, presentando fluctuaciones en su abundancia, que obedecen posiblemente a sus hábitos migratorios (Casey *et al.*; 1989; Tovar, 1995). Con base en información del Programa de Marcaje de Tiburones del Atlántico de los Estados Unidos y la correlación con la abundancia estacional de las capturas comerciales se puede inferir que existe una sola población de *C. limbatus* que se encuentra circulando constantemente por la costa del Golfo de México, con una fuerte tendencia a segregarse por tallas y sexos (Tovar, *op. cit.*; Rodríguez de la Cruz *et al.*; *op. cit.*), o que existe un constante intercambio entre distintas poblaciones del área.

En las costas del Estado de Veracruz se pueden encontrar durante los meses de invierno y primavera organismos juveniles de *C. limbatus* de ambos sexos junto con machos adultos, no así hembras adultas; mientras que al norte, en las costas de Tamaulipas, se encuentran tanto juveniles como adultos de ambos sexos, pero presentando variaciones en la proporción de sexos y tallas por localidad y mes (Tovar, 1995). Las zonas en las que se captura son de baja a mediana profundidad y no muy lejos de la línea de costa, lugar de operación de las embarcaciones pequeñas que conforman la flota tiburonera artesanal del Golfo de México. Las tallas observadas en las capturas comerciales van de los 60 a los 200 cm.

Las tallas mínimas de madurez reportadas para *C. limbatus* en las costas mexicanas del Golfo de México son de 145 cm de longitud total para hembras y 135 cm de longitud total para los machos, 10 cm menos que las reportadas por otros autores para la población de América del Norte (Clark y von Schmidt, 1965; Castro, 1983), aunque se tienen indicios de que la madurez comienza en tallas menores, 135 cm para las hembras y 125 cm para los machos (Tovar, 1995).

El número promedio de embriones por hembra es de cinco con una proporción de sexos de 1:1, el periodo de gestación se estima de 11 a 12 meses, y los meses de abril, mayo y junio como la temporada de alumbramiento frente a la costa de Tamaulipas, siendo uno de los lugares en los que se sabe que ocurre (Tovar, *op. cit.*) además de lagunas costeras como la de Yalahau en Quintana Roo. Durante este mismo periodo (abril a junio) sucede el apareamiento, muy probablemente de hembras que han descansado durante un año, presentando ciclos reproductivos bianuales (Castro, 1996).

En los Estados Unidos *C. limbatus* esta catalogada como una de las principales especies de la pesquería del Golfo de México (Branstetter, 1981). En 1993 el Servicio nacional de Pesquerías marinas (NMFS) de los E.U. implementó el Plan Federal de Manejo Pesquero de Tiburones para el Suroeste de los E.U., que tienen como objetivo principal iniciar un programa de recuperación de las poblaciones de tiburones costeros y prever la sobrepesca, así como el incremento de beneficios y disminución de costos en la pesquería de tiburón de los Estados Unidos.

### ***Los estudios de edad y crecimiento para la evaluación de poblaciones***

El conocimiento de la información sobre longitud, peso y edad son herramientas de gran utilidad en la biología pesquera, ya que con ellos los parámetros poblacionales como la tasa de mortalidad, edad de madurez y longevidad pueden ser calculados (Ricker, 1975; Gulland, 1983; Sparre y Venema, 1992), siendo a su vez, necesaria esta información para el desarrollo de modelos que ayuden a evaluar y administrar una pesquería.

El calculo de las edades y la estimación de la tasa de crecimiento de los organismos capturados resulta a su vez esencial para el entendimiento de la dinámica poblacional, para establecer la situación de una población (Powers, 1983) y por ende para la toma de decisiones en la administración de recursos pesqueros (Casselman, 1983).

La estimación de las edades puede hacerse por métodos directos o indirectos, entre los métodos principales están:

1) El análisis de distribución de frecuencias de tallas en muestras sucesivas, el cual es un método indirecto. Desarrollado por Petersen (1892), requiere de muestras poblacionales adecuadas en cantidad y a lo largo del tiempo. La limitante de este método es que al disminuir la tasa de crecimiento con el tiempo la separación de los grupos de edad se dificulta, siendo muy frecuente este proceso en los tiburones. A partir de este método se originaron otros métodos indirectos como los de Harding (1949), Tanaka (1953), Cassie (1954) y Bhattacharya (1967) (Sparre y Venema, 1992).

2) El marcaje y recaptura, mediante la recuperación de organismos marcados, de tallas conocidas, que posteriormente son extrapoladas a edades; siendo un método directo de estimación de edades.

3) Mediante la cuantificación del número de marcas periódicas en partes duras, siendo también un método directo.

Este último tiene una gran aplicación, ya que distintas partes duras pueden ser utilizadas para la lectura de anillos de crecimiento, como son: escamas, otolitos, espinas, opérculos o vértebras; sin embargo, en el caso de los elasmobranquios, la ausencia de partes verdaderamente osificadas es una limitante.

En la mayoría de los estudios de edad en tiburones y rayas, las vértebras son las estructuras utilizadas, ya que estas poseen suficiente grado de calcificación y se ha observado que pueden presentar marcas anuales; en algunas especies se han utilizado también las espinas de las aletas dorsales.

Existen reportes de diversos grados de calcificación en las distintas especies de tiburones (Applegate, 1967), esto permite en algunos casos y en otros no la formación e identificación de los anillos de crecimiento.



Algunos estudios sobre el proceso de calcificación en las vértebras y otras estructuras del esqueleto de los tiburones se han llevado a cabo (Applegate, 1967; Clement *et al.*, 1992; Officer, 1995) sin encontrar hasta la fecha evidencias de una verdadera osificación. La calcificación en los condriictios se lleva a cabo mediante acumulación de sales de calcio, generalmente fosfato de calcio (apatita) en células que se agrupan en paquetes prismáticos irregulares, los tiburones presentan incluso hormonas reguladoras de estos procesos fisiológicos, desconociéndose los detalles de dichos procesos, considerándose que intervienen mas bien en la regulación y el equilibrio osmótico (Clement *et al.*, 1992).

En estudios anteriores se ha encontrado que existen diferencias entre el número de anillos presentes en las vértebras de distintas regiones de la columna vertebral (Natanson y Cailliet, 1990; Officer *et al.*; 1996) mientras que en otras especies no sucede así (Kwang-Ming *et al.*; 1998; Officer *et al.*; *op. cit.*).

Las marcas representan por lo general variaciones estacionales en el crecimiento somático (verano-invierno), estando altamente influenciadas por la cantidad y calidad del alimento y factores fisicoquímicos como la temperatura y la salinidad (Cailliet, 1990; Officer, 1995).

Los anillos o annuli (annulus es el singular) implican un patrón de depositación en un tiempo determinado, que puede ser anual o no. Una marca de crecimiento, un anillo o una banda pueden ser utilizados como sinónimos, siendo zonas concéntricas que puede ser translúcidas u opacas. En algunos trabajos un anillo se define como una marca concéntrica delgada y una banda como una marca ancha compuesta de un grupo de anillos. En el presente trabajo se maneja el término anillo.

La formación de los anillos está relacionada con las variación estacional del alimento y la calidad de este, de acuerdo a la disponibilidad en el medio de algunos de los elementos, como el fósforo, que a su vez son incorporados mediante el proceso de crecimiento, o por la influencia que los cambios en la temperatura pueden ejercer en la velocidad de incorporación de otros elementos como el calcio, el cual no presenta variaciones estacionales de disponibilidad, pero sí de incorporación (Jones y Geen, 1977, Casselman, 1983). Los anillos también pueden ser atribuidos a características endógenas y ritmos biológicos particulares para cada especie (Kusher *et al.*; 1992) o al "stress" provocado durante la época de reproducción o migraciones (Simpfendorfer, 1993).

En el microscopio con luz transmitida los anillos oscuros ("opacos") representan el crecimiento del verano, momento en el cual se presenta una mayor depositación de sales de calcio, fosforo y materia orgánica (Officer, 1995); los anillos claros (que permiten con mayor facilidad el paso de la luz) por otra parte, representan los periodos de invierno, denominándoseles anillos "hialinos" en este trabajo.

Moulton *et al.* (1992) encontraron en *Galeorhinus galeus* un menor número de bandas al observarlas directamente sobre la superficie de la vértebra completa, mientras que la realización de los cortes permitió la lectura de un mayor número de ellas, lo anterior lo atribuyen a que las bandas que se encuentran en el borde de la vértebra están muy compactadas en tiburones de talla grande, lo que dificulta su separación y lectura; señalan que contar las bandas en las vértebras completas puede subestimar la edad del organismo.

Para el conteo y observación de las marcas de crecimiento existen diversas técnicas, siendo muy importante la verificación del método y la validación de la formación periódica anual de los anillos de crecimiento (Cailliet, 1990; Officer, 1995).

El uso de distintas técnicas de observación es de gran importancia para la "verificación", definida como el proceso de confirmación de una edad estimada (Moulton *et al.*; 1992), ya que el uso de un método no asegura que sea válido bajo toda circunstancia y para todas las especies (Casselman, 1983).

La validación por su parte, es definida como la conclusión de probar la depositación periódica de las bandas (Moulton *et al.*; 1992), siendo distinta al proceso de verificación.

La formación anual de los anillos en *Carcharhinus limbatus* ya ha sido validada por otros autores de manera indirecta por el método de incremento marginal (Killam y Parsons, 1989), y parcialmente de manera directa por Bransteter (1987b), quien mantuvo en cautiverio organismos juveniles de la especie pero sin obtener resultados favorables debido a la dificultad para mantenerlos vivos durante un largo periodo, además de las inconveniencias de la alteración del ciclo biológico natural.

Moulton *et al.* (1992) y Walker *et al.* (1995b y 1998) demostraron la existencia del fenómeno de aparente cambio en el crecimiento en los tiburones *Galeorhinus galeus* y *Mustelus antarcticus* de manera espacial y temporal, debidas a cambios en la selectividad de las artes de pesca y en la mortalidad por pesca.

Numerosos estudios de estimación de edades en tiburones y rayas han sido realizados con poblaciones de tiburones en aguas de países como Estados Unidos, Australia, Japón y Sudáfrica, entre estos estudios destacan los de Stevens (1975), Jones y Geen (1977), Smith (1984), Cailliet *et al.* (1983a, 1983b, 1985, 1986, 1990a y 1990b), Gruber y Stout (1983), Schwartz (1983), Pratt y Casey (1983), Bransteter y McEachran (1986), Bransteter (1987b), Davenport y Stevens (1988), Killam y Parsons (1989), Natanson y Cailliet (1990 y 1994), Clement *et al.* (1992), Kusher *et al.* (1992), Moulton *et al.* (1992), Simpfendorfer (1993), Zeiner y Wolf (1993), Walker *et al.* (1995a y 1995b), Natanson *et al.* (1995), Officer (1995), Officer *et al.* (1996), Wintner y Cliff (1996), Kwang-Ming *et al.* (1998), Seki *et al.* (1998), entre otros, esta información les ha permitido contar con mejor información en la toma de decisiones y la administración de sus pesquerías.

A diferencia de estos países, México ha llevado a cabo muy pocos de estos trabajos (Bonfil, 1990; Tolentino, 1995; Mendizabal, 1995 y Miranda, 1996), por lo que no existe un marco conceptual que permita dar certidumbre a las medidas adoptadas y al manejo de las poblaciones.

El crecimiento puede asociarse a tasas de mortalidad, al igual que a longevidades, Taylor (1959) reporta que se han encontrado mortalidades asociadas a tasas de crecimiento diferenciales en distintas especies de peces, así como su relación con los parámetros ambientales; el mismo autor introduce un método para estimar estos parámetros poblacionales a partir de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy.

El objetivo de este trabajo es determinar la estructura de edades y estimar el crecimiento de la población de *Carcharhinus limbatus* en el sudoeste del Golfo de México, mediante el conteo de anillos de crecimiento en vértebras, los cuales se forman de manera periódica, permitiendo la obtención de sus parámetros poblacionales.

El conocimiento de la biología en general de la especie, la estructura de edades de la población, su tasa de crecimiento y situación demográfica, son parámetros útiles para el establecimiento de medidas de aprovechamiento sustentable para este recurso, esto permitirá la conservación de las fuentes de alimento y empleo directa que indirectamente genera su pesquería y el desarrollo adecuado en el futuro.

## ANTECEDENTES

### *Descripción de Carcharhinus limbatus*

El tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*), también conocido como tiburón aleta prieta en la zona costera del Golfo de México o tiburón volador, tiburón jaquetón, tiburón macuira, barrilito, marrajo, entre otros nombres comunes que recibe dependiendo de la zona y de el estado de desarrollo en que se encuentre, pertenece al orden Carcharhiniiformes (Compagno, 1984) y a la familia Carcharhinidae (Jordan y Evermann, 1969) también llamados tiburones grises (figura 3).

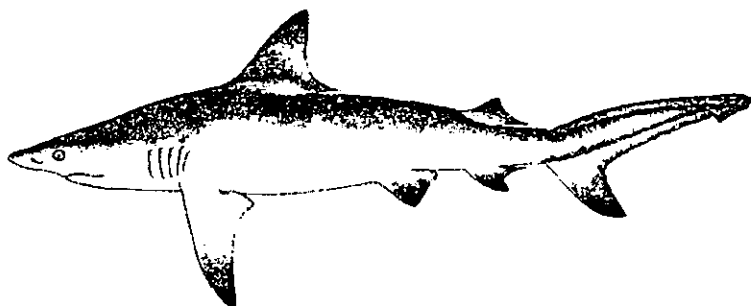


Figura 3.- *Carcharhinus limbatus* (tomado de Castro, 1983).

El hocico es moderadamente agudo y largo; nostrilos oblicuos; distancia internarinal 1.3-1.7 % de la longitud preoral (Compagno, *op. cit.*) la cual equivale al 7-8.9 % de la longitud total (Garrick, 1982); primera aleta dorsal moderadamente grande, ligeramente falcada en el borde posterior y con ápice puntiagudo o un poco redondeado, la altura es mucho mayor a la distancia del hocico al ojo (Casey, 1964; Schwartz y Burguess, 1975) aunque en organismos neonatos no se cumple (Garrick, *op. cit.*), el origen es generalmente sobre o ligeramente posterior a la axila pectoral pero excepcionalmente puede estar cerca de la esquina pectoral interior o incluso ligeramente por detrás de esta en algunos juveniles (Branstetter, 1982; Garrick, *op. cit.*); la segunda dorsal es moderadamente larga y ancha casi del mismo tamaño que la anal, el origen de esta aleta sobre o ligeramente anterior al origen de la aleta anal, el ápice es de igual manera redondeado o ligeramente puntiagudo. La distancia entre la base de las dos aletas dorsales es menos de 2.2 veces la altura de la primera dorsal (Bass, 1973; Compagno, 1978) o de 1.63 a 2.20 según Branstetter (*op. cit.*) no presentándose el pliegue dorsal característico de otros Carcharhinidos; las aletas pectorales son ligeramente alargadas, falcadas, puntiagudas en su parte terminal usualmente originadas entre la cuarta y quinta abertura branquial.

Presenta dientes superiores puntiagudos con cúspides erectas en los dientes del centro y ligeramente oblicuas conforme se acercan a las esquinas de las mandíbulas, fuertemente aserrados en la base y con ligeras serraciones en los bordes de la cúspide, los dientes inferiores tienen también cúspides erectas, agudas y con serraciones finas en los bordes y en la base; la fórmula dentaria general es la siguiente:

$$\frac{15-2 \text{ a } 3-15}{14 \text{ a } 15-1 \text{ a } 3-14 \text{ a } 15}$$

Refiriéndose al número de dientes superiores a cada lado de la mandíbula en el renglón superior, el número de dientes inferiores en el renglón inferior y el número de dientes sinfisales o intermedios, pudiendo presentar también 13 a 16 dientes anteroposteriores en cada lado de la mandíbula superior y de 13 a 16 dientes en la inferior, con 1 a 3 dientes sinfisales en cada mandíbula según Garrick (*op. cit.*) y Branstetter (*op. cit.*).

Los ojos son circulares y moderadamente grandes, de 1.2 a 2.2 % de la longitud total (Garrick, *op. cit.*) y 33 % de la primer abertura branquial (Bigelow y Schroeder, 1948; Casey, 1964; Schwartz y Burgess, 1975); longitud de las aberturas branquiales de menos de la mitad de la base de la primera aleta dorsal, 3.8 a 4.9 % de la longitud total; puede presentar de 88 a 102 vértebras precaudales, de 90 a 103 vértebras caudales y de 174 a 203 vértebras en total (Garrick, *op. cit.*).

La coloración es gris con una gran variedad de tonalidades que van de café a bronce y olivo. Es un tiburón vivíparo; depredadores de peces, moluscos, no se considera una especie peligrosa para el hombre (Garrick, *op. cit.*).

### ***Taxonomía***

En el año de 1839 Valenciennes describe a *Carcharias (Prionodon) limbatus*, para 1841, al realizar una monografía de la especie y revisar la sinonimia que existía para la especie Müller y Henle lo denominan *Carcharhinus limbatus* (Compagno, 1984). En 1948 Bigelow y Schroeder realizaron una nueva revisión de la sinonimia de *C. limbatus*, dicho estudio es la revisión general sobre la cual se han apoyado otras revisiones taxonómicas recientes (Marín, 1992).

En 1977 Hoesse y Moore elaboran las claves para la identificación de peces del norte de Golfo de México, donde presentan las principales características taxonómicas que permiten diferenciar las 26 especies de tiburones en las costas de Texas y Louisiana, incluyendo a *C. limbatus*.

Por su parte Applegate *et al.* (1979) realizan una síntesis de la sistemática, biología, importancia comercial y distribución de 59 especies de tiburones de aguas mexicanas, mencionando información sobre *C. limbatus* y analizando las diferencias morfológicas entre esta especie y *C. brevipinna*.

Garrick (1982) realizó una profunda revisión de los tiburones pertenecientes al género *Carcharhinus*, donde menciona que *C. limbatus* y *C. brevipinna* se diferencian básicamente por la posición de la primera aleta dorsal con respecto al margen anterior de las aletas pectorales, siendo a la misma altura en el caso de *C. limbatus* y posterior para *C. brevipinna*, además de tomar en cuenta otras proporciones corporales, el tipo de dentición y fórmulas dentales. En este mismo año, Branstetter realizó también estudios comparativos entre *C. limbatus* y *C. brevipinna*, proporcionando otras diferencias morfométricas entre ambas especies, como la longitud preoral, el diámetro del ojo, entre otras.

Otro estudio que compara *C. limbatus* y *C. brevipinna* pero específicamente para las aguas mexicanas, es el de Siqueiros (1990), mediante un análisis morfométrico analiza además las diferencias entre las poblaciones de *C. limbatus* de la costa del Pacífico y la de la costa del Golfo de México, sugiriendo que existe una separación entre ambas poblaciones posiblemente a nivel subespecie.

En 1984 Compagno realizó la última revisión taxonómica de los tiburones de todo el mundo para la realización de los catálogos de pesca de la FAO, basándose en el estudio de Garrick en lo referente a las especies del género *Carcharhinus*.

### **Distribución**

Los primeros reportes de *Carcharhinus limbatus* en el Atlántico oeste datan de 1929, cuando Nichols establece que *C. limbatus* se distribuye a lo largo de la costa del Atlántico Americano (Baughman y Springer, 1950), llegando al Norte hasta Wood's Hole, Massachusetts. En 1936 Hildebrand lo reporta como una especie común en Brasil, Bahamas, el Sur de Florida, Golfo de México y la costa del Pacífico del Istmo de Panamá (Baughman y Springer, *op. cit.*).

Algunos de los estudios realizados en el Golfo de México que han ayudado a establecer la distribución de *C. limbatus* en esta región son los de Baughman y Springer (1950), Clark y von Schmidt (1965), Garrick (1982), Castro (1983), Compagno (1984), Montiel (1988), Marín (1992), Bonfil, (1992), Zavala (1993), Tovar (1995) y Rodríguez de la Cruz *et al.* (1996). Actualmente se considera que se distribuye en toda la costa del Golfo de México, donde se le captura frecuentemente, presentando fluctuaciones en su abundancia a lo largo del año debido a sus hábitos migratorios.

De acuerdo con Compagno (*op. cit.*), *C. limbatus* se distribuye en todas las aguas continentales tropicales y subtropicales del mundo e incluso en aguas templadas en algunas zonas y en ciertas estaciones del año que lo permiten (Garrick, *op. cit.*). En el oeste del océano Atlántico se encuentra desde Nueva Inglaterra al norte donde se considera ocasional y estacional, hasta el sur de Brasil, incluyendo los alrededores de todas las islas del Caribe, Centroamérica y por supuesto el Golfo de México; en la región oriental se encuentra en el mar Mediterráneo y alrededor de toda la costa africana siendo raro en algunas regiones como Madagascar; también en el Océano Indico se encuentra presente y en mares adenaños como el Mar Rojo; en el Océano Pacífico tanto en la parte oeste desde el sur de Japón hasta el norte de Australia y Nueva Zelanda en la parte este desde California hasta Ecuador y Perú incluyendo las islas Galápagos, ya que aunque no es una especie oceánica propiamente, se encuentra también alrededor de islas, como las Revillagigedo en México y Hawaii en el Pacífico central.

En México se encuentra en el Golfo de México, el Caribe y en el Pacífico (Kato y Hernández, 1967; Castro-Aguirre, 1978; Applegate *et al.* 1979; Montiel, 1988; Siqueiros, 1990; Bonfil, 1992; Castillo, 1992; Marín, 1992; Uribe, 1993; Zavala, 1993. Chávez, 1995); localizándose cerca o lejos de la costa, en desembocaduras de ríos, en lagunas costeras o estuarios, zonas que utiliza para alumbramiento y crianza (Clark y von Schmidt, 1965; Pratt y Casey, 1990), ya que puede tolerar bajas concentraciones salinas, sin llegar a penetrar en cuerpos de agua dulce ni río arriba hacia zonas de muy baja salinidad.

### **Biología y pesquería**

En 1950 Baughman y Springer proporcionan una guía sobre las diferentes especies de tiburón del Golfo de México, con especial énfasis en los de la costa de Texas, entre ellas *Carcharhinus limbatus*, proporcionando la primera información biológica sobre esta especie en aguas del Golfo de México.

En 1965 Clark y von Schmidt indican que *C. limbatus* forma parte de las cuatro especies más abundantes del oeste de Florida en el Golfo de México; realizan un análisis de los contenidos estomacales, donde encuentran una amplia variedad de presas como invertebrados, peces, tortugas, aves e incluso otros elasmobranchios. En cuanto al ciclo reproductivo determinan que para *C. limbatus* el período de gestación es de 11 meses, la talla máxima al nacer es de 60 cm y la talla media 145 cm, la talla máxima de los adultos 180 cm y la talla mínima de madurez de las hembras es de 155 cm (cuadro 4); determinan también un número máximo de 10 crías por hembra en cada ciclo reproductivo.

En 1981 Branstetter encuentra que *C. limbatus* es una de las especies más abundantes en la región norte del Golfo de México, haciendo estimaciones de su períodos de gestación y su ciclo reproductivo.

Cuadro 4.- Parámetros biológicos de *C. limbatus* establecidos por estudios previos (tallas en cm de longitud total).

	Springer (1940)		Clark y von Schmidt (1965)		Castro (1996)		Tovar (1995)	
	Atlántico norte		Florida		Atlántico norte		Golfo de México	
	hembras	machos	Hembras	machos	hembras	machos	Hembras	machos
talla máxima	200	190	191	175	195		200	190
talla de madurez	155-160	135	155	135	156	142.5	145 (desde los 135)	135 (desde los 125)
talla al nacer	50-60		50-60		55-60		55-62	
período de gestación	*		*		11-12 meses		11-12 meses	
ciclo reproductivo	*		*		Bianual		*	
temporada de nacimiento y reproducción	*		*		mayo-junio		abril-junio	

\*No se cuenta con la información.

Entre los estudios que han proporcionado información biológica y pesquera de esta especie en México destacan los de Applegate *et al.* (1979), Montiel (1988), Marin (1992), Castillo (1992), Zavala (1993), Cruz (1993), Galindo (1993), Tovar (1995), Rodríguez de la Cruz *et al.* (1996) y Castillo *et al.* (1998), quienes llevaron a cabo estudios relacionados con la pesquería en la costa mexicana del Golfo de México, aportando también información biológica como la duración del período de gestación, el número de crías por ciclo reproductivo, hábitos alimenticios, temporadas de captura, segregación por sexos y tallas, migración y los primeros índices de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE).

Castro (1996) publica un estudio de la biología general de *C. limbatus* en las aguas del Atlántico de los Estados Unidos.

### Edad y crecimiento

Branstetter publicó información sobre edad y crecimiento de *Carcharhinus limbatus* y otras tres especies de importancia comercial en el norte del Golfo de México (1987b), obtenida mediante lectura de anillos en vértebras, estimando un valor de la constante de crecimiento ( $k$ ) de 0.284. En este estudio determinó también los valores referentes a longitud, edad y crecimiento de esta especie (cuadro 5).



Killam y Parsons (1989) realizaron un estudio de edad y crecimiento en *C. limbatus* con organismos de la Bahía de Tampa, Florida, en que presentaron los parámetros de crecimiento para hembras y machos de esta zona, así como para los distintos grupos de edad (cuadro 5).

En 1996 Wintner y Cliff realizaron un estudio de edad y crecimiento de *C. limbatus* en la costa este de Sudáfrica, utilizando y comparando tres técnicas para la lectura de anillos, obteniendo los parámetros de crecimiento indicados en el cuadro 5.

**Cuadro 5.- Parámetros de crecimiento de *C. limbatus* obtenidos en estudios de lecturas de vértebras.**

	Killam y Parsons (1989)		Wintner y Cliff (1996)		Branstetter (1987)	
	Florida		Sudáfrica		Golfo de México norte	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
$L_{\infty}$	195*	166.5		193.6		171
$k$	0.1967	0.2758		0.21		0.248
$t_0$	-1.154	-0.8836		-1.2		-1.5
$r^2$	0.987	0.979		0.89		**
N	86	54	41	51		53
talla mínima	52.4	59.8	41 (LP)	42 (LP)	**	**
talla máxima	183	160.5 (9 años)	181 LP (8 años)	182 LP (9 años)	178 (125 LP)	160 (108 LP)
edad mínima de madurez	6 a 7	4 a 5	7	6	6 a 7	4 a 5
talla mínima de madurez	158-162	133-136	156 LP (7 años)	150 LP (6 años)	155-160	135
edad máxima observada	10 (180 cm)	9 (160.5 cm)	11 (179 cm LP)	10 (179 cm LP)	9 (171 cm)	5 (148 cm)
talla máxima teórica	195	166.5	**	**	**	**
tasa de crecimiento (cm/año)	21 - clase 0 (3.09 kg/año) 19 - clase I (3.29 kg/año)		24 de 1-3 años 11-13 subadulto 5-6 después de la madurez		**	
método.	Lectura directa, tinción con nitrito de plata y gráfita.		Cortes vertebrales y tinción con cristal violeta		Cortes vertebrales	

\*Las medidas de longitud son longitudes totales en cm excepto las que se señala LP (longitud Patrón). Las edades son en años.

\*\*No se cuenta con la información.

Bonfil (1994) fue el primero en realizar un estudio de edad y crecimiento mediante lectura de anillos de crecimiento en vértebras en México, trabajando con el tiburón sedoso, *C. falciformis*, en el estado de Yucatán.

Mendizabal (1995) realiza un estudio de edad y crecimiento de *C. limbatus* de la población del Pacífico mexicano, utilizando el método indirecto de análisis de frecuencias. En la actualidad se encuentran en proceso otros estudios sobre algunas de las especies más importantes de nuestro país como *C. leucas*.

### Marcaje

De acuerdo con los datos del programa de marcaje de los Estados Unidos, entre 1982 y 1993, 25 marcas del programa de marcaje a cargo del Laboratorio de Narrangasett del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) dependiente de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA) fueron recuperadas en México, en aguas de los Estados de Campeche, Tamaulipas y Veracruz (Casey y Kohler, 1991).

De las marcas recuperadas por el Programa Tiburón, en noviembre de 1993 se recapturó frente a Chachalacas, Veracruz, un *Carcharhinus limbatus* juvenil con longitud total (LT) de 55 cm (estimada) marcado en Texas 67 días antes, cuando midió 53 cm de LT, viajando 1,028 km.

Un segundo organismo de esta especie fué recapturado en Veracruz el mismo año, una hembra de 65 cm de longitud furcal (LF) al momento de ser recuperada y 54.6 cm de la misma longitud cuando fué marcada, cuatro meses y medio antes, 886 km al norte del lugar de recaptura, en Texas; el incremento en talla fué de 10.4 cm en cuatro meses, lo que demuestra el rápido crecimiento de los juveniles. Otro animal recapturado, un macho de 63 cm de LF y 3.5 kg de peso, fué marcado cuatro meses antes en Texas, cuando se registró una longitud furcal de 52.4 cm y un peso de 1.75 kg; presentando un incremento en la talla de 10.6 cm, el incremento en peso fué de 1.75 kg y la distancia recorrida 892 km.

Durante 1994 se recuperó otro *C. limbatus* frente a las costas de Campeche, cinco meses después de que fué marcado en Texas, viajando 994 km hacia el sureste, al igual que los del año anterior se trató de un organismo juvenil, una hembra que al momento de ser marcada midió 53 cm de LF y al ser recapturada 80 cm de LT (65 cm de longitud furcal), presentando un incremento de 12 cm; en cuanto a peso se registra un incremento de 2.25 kg.

Las capturas y recapturas de *C. limbatus* se han llevado a cabo cerca de la costa, lo que demuestra que *C. limbatus* es una especie típicamente costera. En algunos casos el tiburón es recuperado en la misma localidad después de algunos meses, lo que indica que pueden permanecer en una área (tal vez de crianza) durante algún tiempo. En otros casos las recapturas han sido después de varios años y a varios kilómetros de distancia.

Durante el mes de mayo de 1995 se llevó a cabo el primer marcado de tiburones juveniles por parte de investigadores del Instituto Nacional de la Pesca en colaboración con personal del Laboratorio Marino Mote de Florida, en la laguna de Yalahau, Quintana Roo, donde fueron marcados principalmente neonatos de *C. limbatus*, entre organismos de otras especies (Márquez, com. pers.), este programa de marcaje ha continuado durante los ultimos 5 años.

## OBJETIVOS

### *Objetivo General*

Determinar la estructura de edades y estimar la tasa de crecimiento del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* que habita las aguas del suroeste del Golfo de México.

### *Objetivos particulares*

#### 1.- EDAD

- 1.1.- Conocer la estructura de edades de la población mediante la lectura de anillos de crecimiento en vértebras.
- 1.2.- Obtener la relación entre la talla y la edad.
- 1.3.- Conocer la edad mínima de madurez sexual para hembras y machos.

#### 2.- CRECIMIENTO

- 2.1.- Obtener los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy ( $k$ ,  $L_{\infty}$  y  $t_0$ ) de las hembras, machos y sexos combinados de *C. limbatus*.
- 2.2.- Describir el crecimiento de *C. limbatus* mediante la ecuación de von Bertalanffy (1938).

#### 3.-VALIDACIÓN

- 3.1.- Validar la formación de los anillos de crecimiento mediante el método indirecto de Incremento Marginal.

#### 4.- LONGEVIDAD Y MORTALIDAD NATURAL

- 4.1.- Estimar los índices de longevidad y mortalidad natural para la especie.

## AREA DE ESTUDIO

El Golfo de México es una cuenca aislada del mar Caribe por un umbral de profundidad aproximada de 2,500 m, llamado también canal de Yucatán. Se extiende en un área total de 1,768,000 Km<sup>2</sup> con regiones muy profundas, mayores a 3,400 m (De la Lanza, 1991) (figura 4).

Geográficamente se extiende entre los 98° y 80° de longitud oeste y los 18° y 30° de latitud norte, la parte norte del Golfo de México pertenece a la Zona Económica Exclusiva de Estados Unidos; en esta parte la plataforma está ampliamente desarrollada sobre todo frente a la Península de Florida, formando el límite geológico de la cuenca al norte; la parte sur pertenece a la Zona Económica Exclusiva de México, siendo muy estrecha la plataforma continental en esta zona, con excepción de la Península de Yucatán, donde se constituye el límite geológico sur de la cuenca.

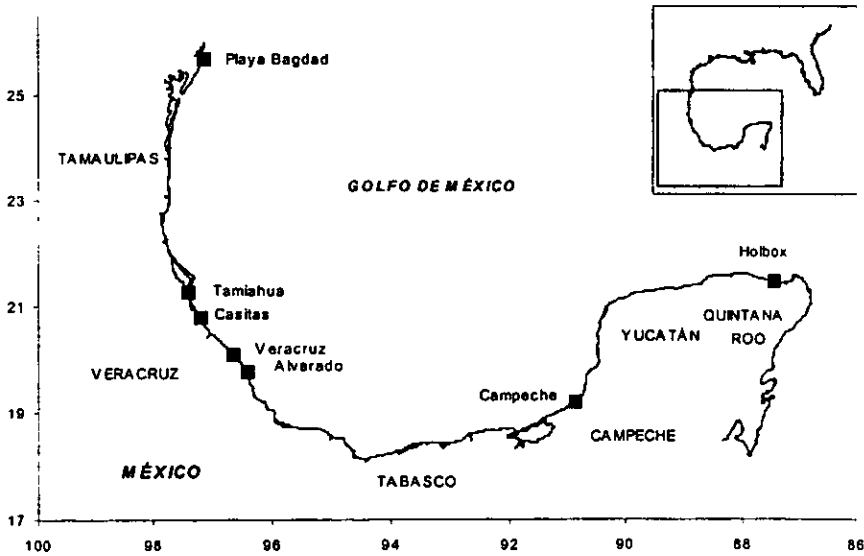


Figura 4.- Área de estudio y principales localidades de muestreo.

De los aproximadamente 235,000 Km<sup>2</sup> con que cuenta la plataforma continental en el Golfo de México, al Estado de Tamaulipas le corresponden 29,000 km<sup>2</sup> y a Veracruz 23,500 km<sup>2</sup>, en la parte norte la plataforma tiene una amplitud de 70 a 82 km y al extenderse hacia el sur se va haciendo más angosta, hasta alcanzar 33-37 km en el paralelo 23°, formando una ladera de poca disección con pendiente media de 1° a 2° (Lugo, 1985, *En*: De la Lanza, 1991).

Los sedimentos de esta zona están dominados por lodos terrígenos (Bouma, 1972; Campos, 1981; Lecuanda y Ramos, 1985, *En*: De la Lanza, 1991) cuya presencia se debe principalmente a la gran cantidad de ríos que desembocan en el área.

Nowlin (1971, *En*: De la Lanza, 1991) estableció la existencia de varias capas o masas de agua en el Golfo de México. La capa superficial es conocida como capa de mezcla, ocupa los primeros 100 a 150 m de profundidad, por lo que se ve muy afectada por los fenómenos atmosféricos (vientos) y por el flujo de aguas cálidas y salinas como la corriente de Lazo, que penetra al Golfo de México a través del canal de Yucatán proveniente del mar Caribe. En invierno y verano se presentan las condiciones más extremas en el patrón de circulación superficial. En invierno las temperaturas más bajas resultado de los frentes polares y vientos fríos (nortes) se distribuyen latitudinalmente, contrastando los 26 grados del Caribe con los 19-20 grados de Florida.

Los "Nortes" son vientos formados por masas de aire polar que se desplazan hacia el sur por Estados Unidos, con vientos boreales cuya intensidad alcanza frecuentemente rachas fuertes, violentas o huracanadas. Se presentan generalmente de noviembre a marzo causando cambios en la temperatura y fuertes precipitaciones pluviales.

El patrón de salinidad es semejante al de temperatura, existiendo un gradiente latitudinal que va de las menores concentraciones en el norte (32.16 ppm) y una mayor cantidad de sales disueltas en el sur (36.4-36.6 ppm en Campeche).

La circulación en el Golfo de México está relacionada estrechamente con las aguas cálidas y salinas que entran a través del canal de Yucatán provenientes del Caribe y que salen por Florida formando la corriente de Lazo en sentido de las manecillas del reloj, parte de esta agua es regresada por contracorrientes (Armstrong y Grady, 1967, *En*: De la Lanza, 1991). En su paso por el Golfo de México forman anillos de circulación anticiclónica que influyen en las aguas adyacentes generando remolinos ciclónicos.

Los fenómenos de afloramiento de nutrientes en el Golfo de México ocurre con los giros ciclónicos y con mayor fuerza en la plataforma oriental de la Península de Yucatán durante invierno y primavera (Ruiz, 1979, *En*: De la Lanza, 1991).

Las mareas en la mayor parte del Golfo de México son diurnas, ocurriendo una sola en cada día lunar, siendo mixtas en el noreste y noroeste (Texas a Florida) y semidiurnas en Campeche. El promedio de marea es de 30 a 60 cm (De la Lanza, 1991).

A lo largo de la costa del Golfo de México se hayan numerosos ríos y afluentes, que provienen de las regiones montañosas y que a su paso arrastran una gran cantidad de materiales, entre los que se encuentran el Río Bravo (que sirve de frontera natural con los EU), San Fernando, Carrizal, Soto la Marina y Tamesí; en el Estado de Veracruz: el Cuzco, Pánuco, Tuxpan, Cazonas, Tecolutla, Nautla, Misantla, Actopan, de la Antigua y Papaloapan (que desemboca en la Laguna de Alvarado), el Estado de Tabasco por su parte cuenta con el río mas caudaloso del sur del Golfo de México, el río Usumacinta, entre otros no menos importantes, como el Río San Pedro.

Numerosas lagunas costeras y estuarios se encuentran en esta zona, en el Golfo de México destacan la Laguna Madre y de Altamira en Tamaulipas, de Tamiahua, de Tampamachoco y de Alvarado en Veracruz y la de Términos en Campeche, y en el Caribe la de Yalahau en Quintana Roo.

Existen varios tipos de clima en la zona que van cambiando de manera gradual a lo largo de la costa. El patrón de temperaturas presenta de igual manera un cambio gradual latitudinal de norte a que van de una temperatura media anual de 22-24° C hasta los 26-28°C.

La precipitación aumenta a medida que nos aproximamos al ecuador desde los 600 a 700 mm anuales promedio en el norte a los mas de 2,000 mm en el sur de Veracruz.

La gran variación de los factores climáticos a lo largo de la costa permite la existencia de diferentes formas de vegetación y fauna, que van desde el matorral rosetófilo costero y vegetación halófila en las partes mas secas y de menor precipitación al norte, hasta selva baja en las partes más cálidas y de abundante precipitación, que en la mayoría de los casos ha sido sustituida por el hombre por pastizales para la ganadería. Existen además a lo largo de la costa, en desembocaduras de ríos y lagunas costeras, abundantes manglares que se constituyen como importantes zonas de productividad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos de edad y crecimiento en el presente trabajo se obtuvieron mediante el conteo de anillos de crecimiento en vértebras, extraídas de ejemplares de tallas conocidas capturados por pescadores artesanales de varias localidades pesqueras ubicadas a lo largo del litoral del Golfo de México, principalmente al norte de Veracruz (Tamiagua, Tuxpan y Casitas) y de Tamaulipas (Playa Bagdad), también se obtuvieron algunas muestras pero en menor número de la zona central de Veracruz (Alvarado), de Campeche y de la laguna de Yalahau, Quintana Roo (figura 4).

La colecta de vértebras se realizó también en el mercado de la "Nueva Viga" en la Ciudad de México, centro de recepción de la captura de tiburón más importante del país, donde se recibe y distribuye la mayor parte de la captura del Golfo de México así como también del litoral del Pacífico, principalmente la zona sur. En este lugar se llevaron a cabo muestreos durante los meses en que no se pudo realizar la colecta en el campo, ubicándose las bodegas del mercado en las cuales se recibe la pesca de los puertos ubicados en la zona de estudio, estableciéndose el contacto con el comprador en la Ciudad de México e identificando los vehículos y conductores que transportan el producto de las localidades al mercado.

Los muestreos realizados en el mercado de la "Nueva Viga" permitieron obtener muestras principalmente de animales juveniles, ya que estos son transportados completos hasta el mercado (con cabeza y aletas) pudiendo ser medidos y obtener las muestras correspondientes.

Con base en los estudios realizados sobre esta especie en el área de estudio (Tovar, 1995) referentes a la distribución espacial y temporal a lo largo de la costa mexicana del Golfo de México, mediante el análisis de abundancias estacionales, así como los resultados del programa de marcaje de los E.U. que han demostrado la migración de juveniles del norte del Golfo de México hacia el sur, permitiendo parte de la ruta migratoria de estos organismos (Casey *et al.*, 1993), se asume que existe una sola población de *Carcharhinus limbatus* en el suroeste del Golfo de México con constantes movimientos migratorios, y que por tanto los organismos capturados en cualquier punto pertenecen a la misma población, debido a lo anterior los datos fueron analizados de manera conjunta.

### *Trabajo de campo y laboratorio*

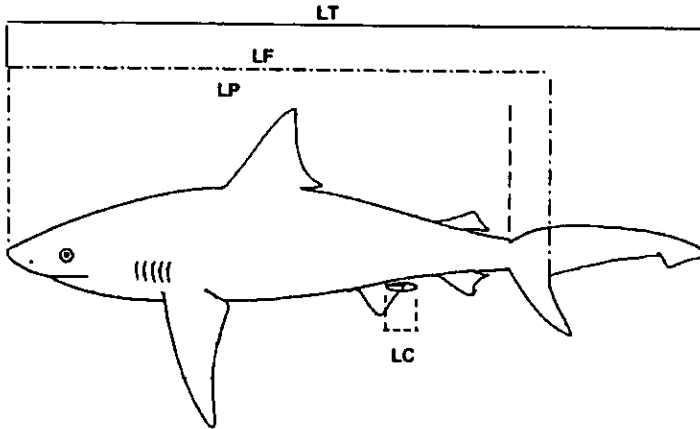
Para la identificación de los organismos de la especie en estudio se utilizaron diversas claves de identificación, siendo las de mayor utilidad para este trabajo las "Claves para la determinación de tiburones del Golfo de México" (Marín, 1994), "Field guide to the



*Material y métodos*

sharks commonly caught in comercial fisheries of the southeastern United States" (Castro, 1993), "FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlántic" (Fischer, 1978) y las "Claves para la identificación de especies de tiburones y cazones en la Sonda de Campeche" (Uribe, 1990); identificándose a los organismos hasta el nivel de especie.

Una vez identificados los organismos pertenecientes a la especie *Carcharhinus limbatus*, se tomaron las siguientes medidas morfométricas (Compagno, 1984) (figura 5):



**Figura 5.- Principales medidas morfométricas obtenidas.**

(LT) Longitud Total: distancia en línea recta entre la punta de la cabeza o morro hasta la punta del lóbulo superior de la aleta caudal.

(LF) Longitud Furcal: distancia entre la punta de la cabeza o morro y la muesca posterior de la aleta caudal.

(LP) Longitud Precaudal: distancia entre la punta de la cabeza o morro y la muesca precaudal dorsal.

(LC) Longitud del clasper (en el caso de los machos): de la base del clasper a la punta distal del mismo.

Las medidas fueron tomadas colocando al organismo en posición horizontal y extendiéndolo en posición natural, utilizando una cinta métrica de plástico graduada en mm, en el caso del peso se utilizó una balanza romana metálica.

Se tomaron además los siguientes datos:

**Sexo:** tomando en cuenta las características sexuales secundarias que se encuentran a simple vista, como son la presencia en los machos de los gonopterigios o claspers y la ausencia de estos en las hembras.

**Condición sexual:** determinándose el estado de madurez sexual; en los machos por el grado de calcificación, vascularización y expansión del clasper, tomándose como machos maduros cuando el clasper está completamente calcificado (endurecido) y la base puede girar libremente en cualquier ángulo (Clark y von Schmidt, 1965; Castro, 1993) coincidiendo además con la longitud del clasper excediendo la punta posterior de la aleta pélvica (Bonfil, 1990); los machos subadultos cumplen también con esta condición, sin embargo no se presenta una completa calcificación, vascularización y rotación libre.

En el caso de las hembras por la dificultad para determinar el grado de madurez sexual a simple vista, excepto cuando presentan marcas en las aletas o el dorso que indican la reciente cópula, y por la dificultad de observar estructuras internas como el himen, únicamente se consideraron como maduras cuando se encontraron en estado de gravidez, cuando el tamaño y condición del oviducto y útero indiquen un estado de gravidez reciente o por la presencia de embriones u óvulos maduros (Castro, 1993).

Con base en las anteriores características, todos los ejemplares se clasificaron según la etapa de desarrollo y madurez sexual en: neonatos, juveniles, adultos o hembras preñadas

Mediante el procesamiento de la columna vertebral completa de tres organismos se determinó la conveniencia de utilizar las vértebras dorsales, ubicadas debajo de la primera aleta dorsal, comparándose si existían diferencias entre el número de anillos observados en las vértebras cervicales, las dorsales, las precaudales y las caudales. Desafortunadamente solo se contó con tres columnas vertebrales completas, dos de ellas pertenecientes a organismos de menos de un año de edad, pero que si presentaban marca de nacimiento.

Las vértebras se obtuvieron realizando un corte en la base de la primera aleta dorsal desde el interior de la cavidad corporal, una vez que el animal había sido eviscerado, con la ayuda de un cuchillo se extrajeron de 5 a 10 vértebras, siendo las vértebras de esta región las más recomendadas por ser las que presentan mayor diámetro, haciendo la lectura de los anillos más confiable y disminuyendo el error de las lecturas (Officer, 1995).

Las vértebras se guardaron en bolsas de plástico con los datos de colecta respectivos, manteniéndose en congelación cuando no podían ser procesadas inmediatamente o en alcohol al 70%. Posteriormente fueron limpiadas, removiéndose el arco neural, las apófisis y el tejido conectivo circundante de manera mecánica y con una solución de hipoclorito de sodio al 5.0%, manteniéndose en esta solución desde 5 minutos hasta 2 horas y hasta con 2 cambios de solución de cloro dependiendo del tamaño de la vértebra y la cantidad de tejido residual. Las vértebras ya limpias se preservaron en frascos con alcohol al 70% (Killam y Parsons, 1989; Bonfil, 1990).

Para la verificación de las lecturas de anillos, se probaron distintos métodos de tinción y observación de las vértebras, a fin de encontrar el más adecuado para el tipo de vértebra. Entre los métodos empleados en estudios anteriores se encuentran:

- Rojo de Alizarina y NaOH 0.1% en proporción 1:9 (Gruber y Stout; 1983; Bonfil 1990).
- Cristal violeta 0.01% e Isopropanol 50% (Wintner y Cliff, 1996).
- Nitrato de Plata 1% (Stevens, 1975; Cailliet *et al*; 1983a)

También se realizaron pruebas con rayos X, tratando de resaltar los anillos en las muestras en las que fue difícil su observación y medición, ya que esta técnica se considera de una mayor resolución (Kwang-Ming *et al*; 1998). Se utilizó el equipo de rayos X de la Unidad de Imagenología del Departamento de Medicina, Cirugía y Zootecnia para Pequeñas Especies de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM y del Departamento de Imagen del Centro Médico Universitario, UNAM, la película usada fue la Kodak estándar para uso médico. Se realizaron diversas pruebas variando la intensidad y el tiempo de exposición, a fin de encontrar la más adecuada para la observación de los anillos.

Las vértebras ya limpias fueron montadas en una pequeña madera para poder sujetarse a la sierra cortadora y realizar el corte, adhiriéndose mediante la resina de poliéster Araldite GY-6010 (laboratorios CIBA) con el endurecedor de resina HY-956, habiéndose probado distintos pegamentos que permitiesen la adhesión de la vértebra sin causar ningún efecto o reacción en la misma.

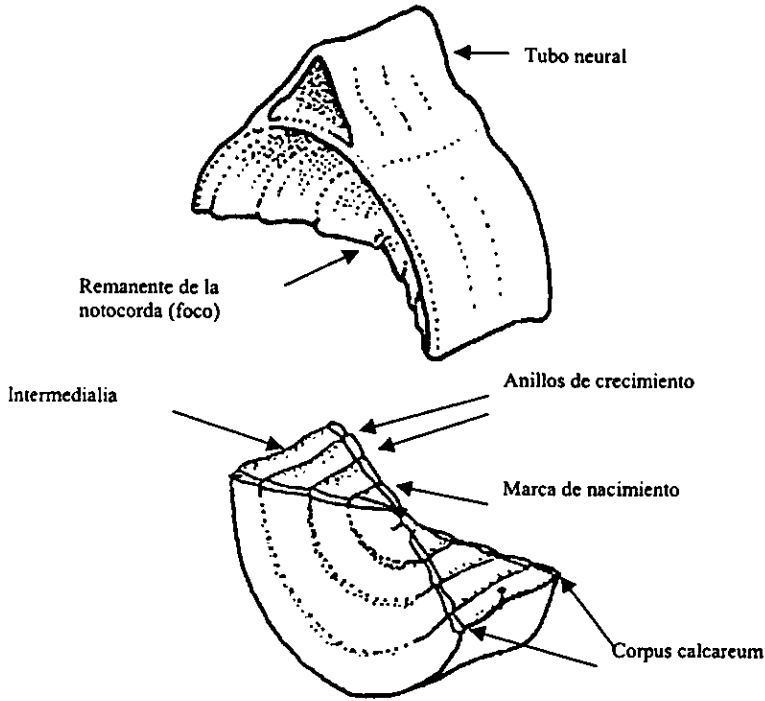
Las muestras ya montadas fueron seccionadas mediante una cortadora Isomet con cuchilla de borde de diamante (figura 6), para obtener láminas delgadas que facilitase la lectura de los anillos al microscopio. Se realizaron cortes de distinto grosor (1-0.1 mm) para encontrar el grosor más adecuado.



**Figura 6.- cortadora Isomet y cuchilla de borde de diamante.**

Ya que en muchos casos las marcas son solo una depositación imperfecta, se debió distinguir entre marcas verdaderas y falsas, realizándose previamente un proceso de aprendizaje. Las marcas falsas son generalmente anillos incompletos que se encuentran solo en una parte de la estructura (Casselman, 1983).

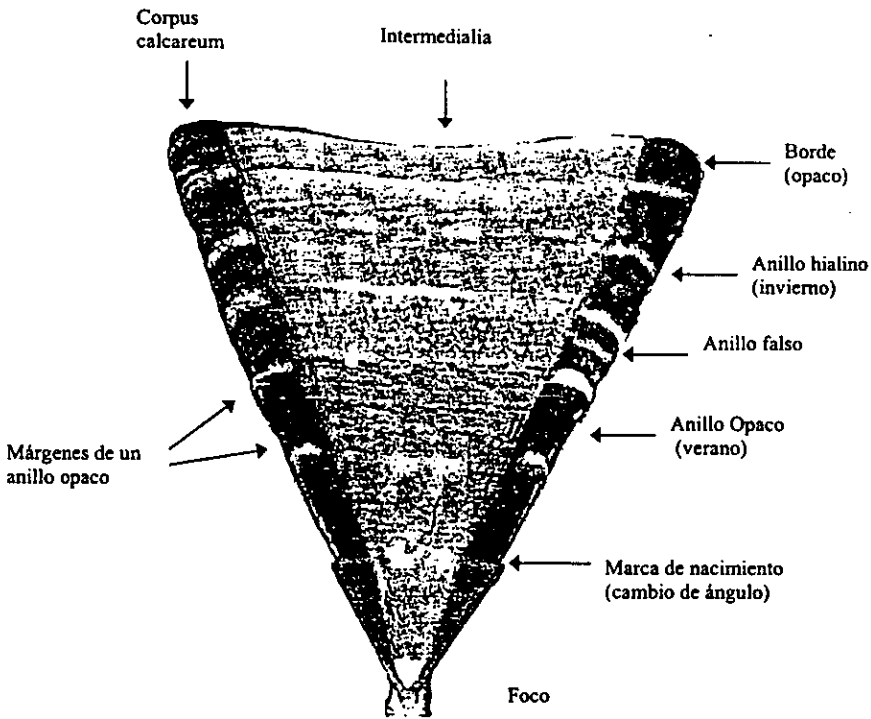
Se contó el número de anillos en un microscopio estereoscópico con luz transmitida y en uno con luz reflejada, a fin de comparar las ventajas de cada uno; se tomaron las medidas del radio vertebral (distancia entre el foco y el límite exterior de la vértebra) y la distancia entre el foco de la vértebra y el borde exterior de cada anillo (figura 7 y 8) mediante una reglilla graduada en el micrómetro del microscopio con luz transmitida.



**Figura 7.- Partes de una vértebra y corte longitudinal.**

Se realizaron tres conteos ciegos como mínimo por cada vértebra, con la medición respectiva de los radios de los anillos. En cada lectura se desconocían los datos de longitud de los organismos de los cuales provenía el corte a fin de evitar prejuicios al momento de las lecturas. La primera lectura fue desechada considerándose que fue un proceso de aprendizaje e identificación de los anillos verdaderos y los falsos. La segunda lectura se realizó varios meses después de la primera; una tercera y cuarta lectura se llevaron a cabo con un periodo de tiempo intermedio entre cada una.

Las vértebras que presentaron diferentes resultados en las tres lecturas fueron descartadas del análisis, para las muestras en las que se presentó una sola de las lecturas diferente, se consideró como resultado verdadero la moda de las tres lecturas.



La precisión de las lecturas se estimó calculándose el Índice del Error Promedio Porcentual (*APE*) (Beamish y Fournier, 1981) entre las tres lecturas de las vértebras.

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

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

Se realizó también una comparación de precisión entre distintos lectores mediante el cálculo del APE entre el autor y dos lectores más, uno de ellos con experiencia en la lectura de anillos de crecimiento. Estas lecturas se realizaron de igual manera sin conocer la edad y longitud del organismo del cual provenía la muestra.

Una prueba de  $t$  pareada fue utilizada para calcular el sesgo en las lecturas entre lectores, con la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que las lecturas entre dos de los lectores fueron similares y la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) de que las lecturas fueron diferentes.

### Trabajo de gabinete

Para calcular el crecimiento se utilizó la ecuación de von Bertalanffy (1938), considerado el modelo que mejor describe el crecimiento en peces y tiburones:

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

donde  $L_t$  es la longitud a la edad  $t$  en años,  $L_\infty$  es la longitud asintótica o la longitud máxima teórica,  $k$  es la tasa de crecimiento y  $t_0$  la edad teórica a la longitud cero.

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy se obtuvieron mediante el programa FISHPARM (Prager *et al*; 1987) versión 3.0 (1989).

Como actividad anexa se realizó también el cálculo de los parámetros con los métodos de Ford-Walford (1933 y 1946) y Gulland y Holt (1959)(En: Sparre y Venema, 1992), comparándose los resultados obtenidos por los tres métodos.

De acuerdo a Ford y Walford:

$$k = -Ln(b)$$

$$L_\infty = \frac{a}{(1 - e^{(-k)})}$$

donde  $a$  y  $b$  son la pendiente y ordenada al origen de la regresión lineal de  $LT$  vs.  $LT+1$ .

Para Gulland y Holt:

$$k = -(b)$$

$$t_0 = \frac{(a - \text{Ln}[L_\infty])}{k}$$

donde  $a$  y  $b$  son la pendiente y ordenada al origen de la regresión lineal de la edad ( $t$ ) vs.  $\text{Ln}(L_\infty - Lt)$

Los parámetros de crecimiento se calcularon por separado para hembras y machos, y se compararon mediante una prueba de análisis multivariado,  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981).

$$T^2 = \frac{N_1 \times N_2}{N_1 + N_2} \times (P_1 - P_2)' S^{-1} (P_1 - P_2)$$

donde  $N_1$  y  $N_2$  son el número de datos de las hembras y machos,  $(P_1 - P_2)$  es la matriz formada por las diferencias de los parámetros de crecimiento de cada sexo,  $(P_1 - P_2)'$  es la matriz transpuesta y  $S^{-1}$  es el inverso de la matriz de varianza-covarianza.

Se estableció como Hipótesis nula ( $H_0$ ) que el crecimiento entre machos y hembras es similar, y como hipótesis alternativa ( $H_a$ ) que el crecimiento entre los dos sexos es diferente, comparándose el valor de  $T^2$  calculado contra el valor de tablas:

$$T_0^2 = \frac{3(N_1 + N_2 - 2)}{N_1 \times N_2 - 4} \quad F\alpha; 3, N_1 + N_2 - 4$$

Obteniéndose  $F$  de las tablas estándar con 3 y  $N_1 + N_2 - 4$  grados de libertad



Se calcularon además los valores críticos de  $F$  ( $F_o$ ) para cada parámetro, con el fin de determinar que parámetro presenta mayor diferencia entre los dos sexos:

$$F_o = \frac{N_1 \times N_2 (N_1 - 4) (P_{1j} - P_{2j})^2}{3(N_1 + N_2) (N_1 + N_2 - 2) S_{ij}}$$

donde  $P_{ij}$  es el parámetro  $j$  del grupo  $i$  y  $S_{ij}$  es el valor correspondientes de la matriz de varianza-covarianza para dicho parámetro.

Para validar la formación anual de los anillos de crecimiento se utilizó el método indirecto de Incremento Marginal ( $IM$ ) (Gallucci *et al*; 1996), mediante la formula:

$$IM = \frac{(R - r_i)}{(r_i - r_{i-1})}$$

donde  $R$  es el radio total de la vértebra,  $r_i$  y  $r_{i-1}$  son los radios del ultimo y el penúltimo anillo respectivamente.

Para la validación de la formación anual de los anillos se realizó también la gráfica de borde final en el tiempo (Kusher *et al*; 1992), observándose si el borde de la vértebra era hialino u opaco en cada mes del año del cual se contó con información.

Se calcularon la mortalidad natural ( $M$ ) y el índice de longevidad ( $A_{0.95}$ ) para hembras, machos y sexos combinados, de acuerdo al método de Taylor (1959):

$$A_{0.95} = \frac{2.996}{k} + t_0$$

$$M = \frac{2.996}{A_{0.95}}$$

donde  $k$  y  $t_0$  son los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy. Estos índices también fueron calculados utilizando los parámetros de crecimiento de Killam y Parsons (1989), Branstetter (1987) y de Wintner y Cliff (1996).

## RESULTADOS

### *Muestreo y obtención de datos de campo*

Se colectaron un total de 119 muestras, en el periodo de julio de 1994 a diciembre de 1998, realizándose 3 salidas de campo a Matamoros, Tamaulipas (junio y noviembre de 1995, junio de 1996), una salida a Tuxpan, Veracruz (Abril de 1996) y cuatro muestreos en el mercado de "La Viga" (abril, noviembre y diciembre de 1997, diciembre de 1998) (cuadro 6).

También se obtuvieron algunas muestras pero en menor proporción en Alvarado y Casitas, Ver; Campeche, Camp. y Holbox, Quintana Roo (cuadro 6).

**Cuadro 6.-Muestras colectadas durante el estudio**

Fecha	Localidad	Hembras	Machos	Indeterminados	Número de muestras
jul-94	Holbox, Q. Roó	1	1		2
oct-94	Casitas, Ver.	1	2		3
nov-94	Casitas, Ver.		3		3
jun-95	Matamoros, Tamps.	16	13		29
oct-nov 95	Matamoros, Tamps.	17	10	2	29
abr-96	Tuxpan, Ver.		3		3
may-96	Holbox, Q. Roó	1		4	5
jun-96	Matamoros, Tamps.	2	10		12
abr-97	Matamoros, Tamps. (La Viga)	7	3		10
nov-97	Matamoros, Tamps. (La Viga)	5	6		11
dic-97	Matamoros, Tamps. (La Viga)	3	3		6
nov-98	Matamoros, Tamps.		1		1
dic-98	Matamoros, Tamps. (La Viga)	1	1		2
sin fecha	Alvarado, Ver.		2		2
sin fecha	Campeche, Camp.		1		1
	<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>59</b>	<b>6</b>	<b>119</b>

El total de meses del año en los cuales se obtuvieron muestras fueron siete, de abril a julio y octubre a diciembre; no contándose con muestras de los meses de enero a marzo y de agosto y septiembre, ya que en estos últimos meses la captura de *Carcharhinus limbatus* en el Golfo de México es escasa y esporádica (Tovar, 1995).

Para el análisis de los datos se descartaron 17 muestras (14% del total de muestras) por carecer de alguno de los datos, como la longitud total (LT) y el sexo, ya sea por errores durante el muestreo o posteriores; algunas de ella no fueron consideradas en el análisis por presentar una marcada diferencia entre las lecturas realizadas a cada una.

La proporción de sexos del total de los organismos muestreados durante el estudio fue de 1:1, 55 hembras y 57 machos. Para el cálculo de los parámetros de crecimiento se utilizaron los datos de 45 hembras y 52 machos, mientras que para los sexos combinados se utilizaron todos los datos disponibles (102 organismos).

La hembra más pequeña observada midió 61 cm y la mayor 178 cm de LT, por su parte, el macho más pequeño midió 70 cm y el mayor 178 cm de LT, aunque el número de organismos de tallas grandes fue relativamente bajo, se consideró cubierto el rango de tallas de la especie tanto para hembras como para los machos. La talla promedio fue de 116.28 cm de LT para ambos sexos, 111.76 cm de LT para las hembras y 120 cm de LT para los machos (figura 5).

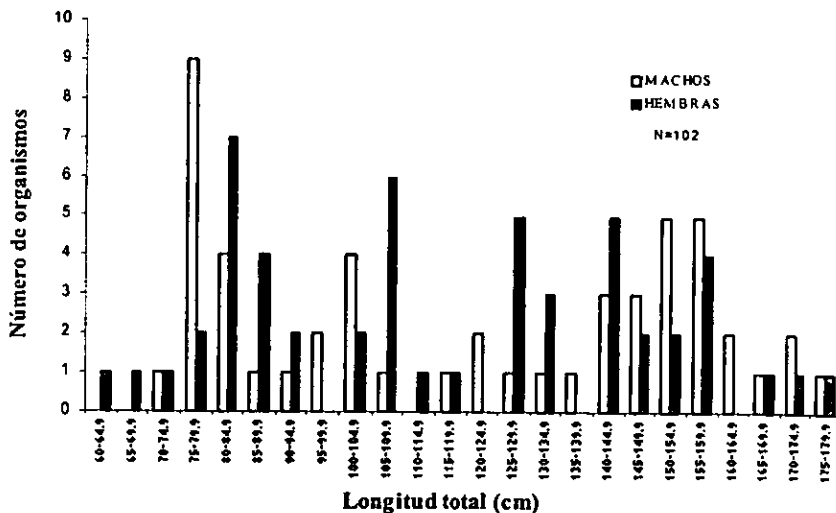


Figura 9.-Distribución de frecuencia de tallas de los organismos utilizados en el estudio.

Se obtuvo un mayor número de muestras de organismos juveniles debido a las facilidades para conseguir las, sin embargo, la captura de *C. limbatus* por la pesquería artesanal del suroeste del Golfo de México abarca todas las tallas (Tovar, 1995; Rodríguez de la Cruz *et al*; 1996; Castillo *et al*; 1998).

Se compararon de manera cualitativa las ventajas y desventajas de usar vértebras de distintas regiones de la columna vertebral de cuatro organismos para la determinación de la edad, encontrándose que por su mayor tamaño y forma las vértebras dorsales son más convenientes para la observación de las bandas de crecimiento, siendo su único inconveniente la obtención de las muestras. Las vértebras caudales fueron descartadas como posibles para realizar la lectura, debido a su pequeño tamaño.

El número de vértebras encontradas en las columnas vertebrales completas fue en promedio 190, 100 precaudales y 90 caudales aproximadamente, este número concuerda con los intervalos establecidos por Garrick (1992) y Compagno (1984).

El número de anillos leídos entre las vértebras cervicales y precaudales con respecto a las dorsales fue el mismo, siendo la limitante de usar las primeras el tamaño pequeño, que dificulta la lectura; así mismo, la medición del incremento marginal debe realizarse en las vértebras de una misma región a fin de evitar diferencias en la medición por la forma de las vértebras.

#### **Relación entre la talla del organismo y el diámetro vertebral**

Se estableció el tipo de relación entre la talla de los organismos y el diámetro máximo de la vértebra (Cuadro 7, figura 10), encontrándose que existe una relación lineal para las hembras, los machos y los sexos combinados ( $r^2= 0.98$  en todos los casos); esto permitió asumir que el crecimiento en la longitud del organismo es proporcional al crecimiento vertebral, pudiendo estimar uno a partir del otro (longitud corporal o diámetro vertebral).

**Cuadro 7.- Parámetros de la ecuación que describe la relación entre la longitud total del organismo y el diámetro vertebral.**

	Hembras	Machos	Sexos Combinados
a	-1,640	-1,280	-1,383
b	0,127	0,122	0,124
$r^2$	0,98	0,98	0,98
N	50	52	102

tronco

cola

cabeza



Radiografía de un ejemplar de *C. limbatus* completo (120 cm de Longitud Total)

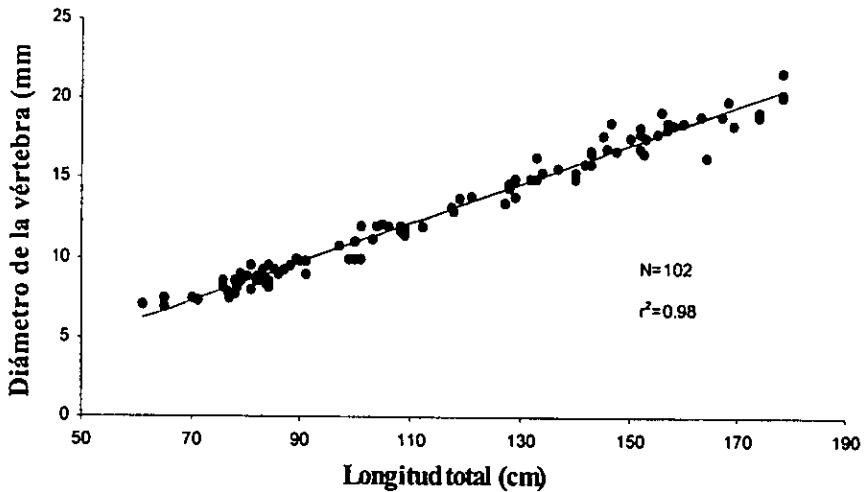


Figura 10.- Relación entre la longitud total y el diámetro de la vértebra para machos y hembras de *C. limbatus*.

El valor de la pendiente del ajuste obtenido mediante el modelo potencial fue 3.04, lo que indica un crecimiento de tipo isométrico entre la talla del organismo y sus vértebras.

#### **Tinción y resaltamiento de los anillos**

La tinción con nitrato de plata no resultó adecuada para esta especie, ya que únicamente resaltan los anillos en las vértebras de organismos jóvenes y los primeros anillos de las vértebras de los adultos (figura 11), siendo difícil observar los últimos anillos en organismos de edades mayores. Al igual que el nitrato de plata, la técnica de tinción con rojo de alizarina no resultó ser muy conveniente para las vértebras de *Carcharhinus limbatus*.

Las pruebas realizadas con rayos X resultaron ineficientes en la identificación de los anillos, esto se debió a que la película utilizada para estas pruebas no fue de la resolución adecuada para resaltar este tipo de marcas en estructuras como las vértebras, contándose únicamente con película de uso médico común.

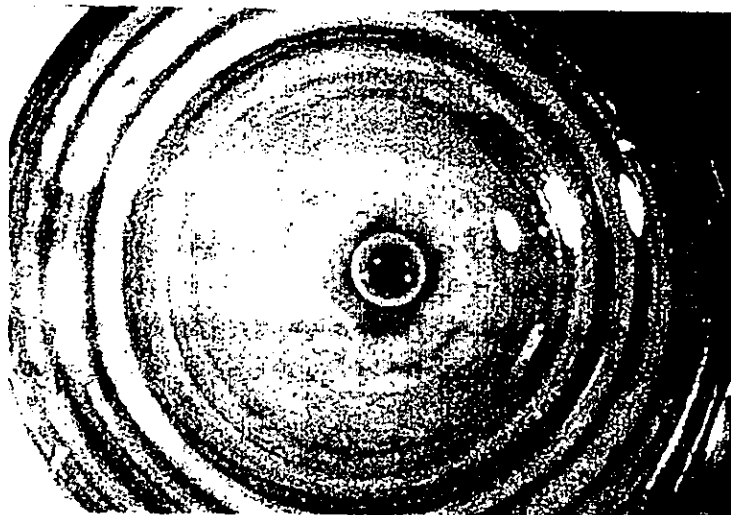


Figura 11.- Vértebra de *C. limbatus* teñida con la técnica de nitrato de plata.

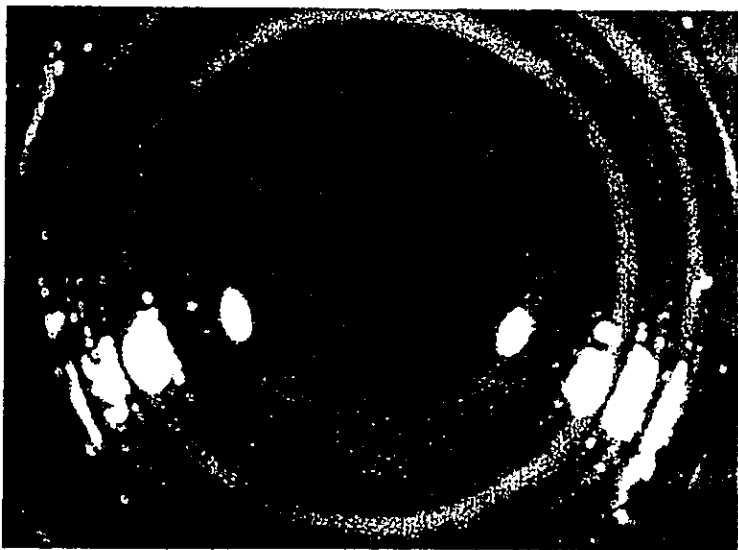


Figura 12.- Vértebra de *C. limbatus* teñida con la técnica de cristal violeta.

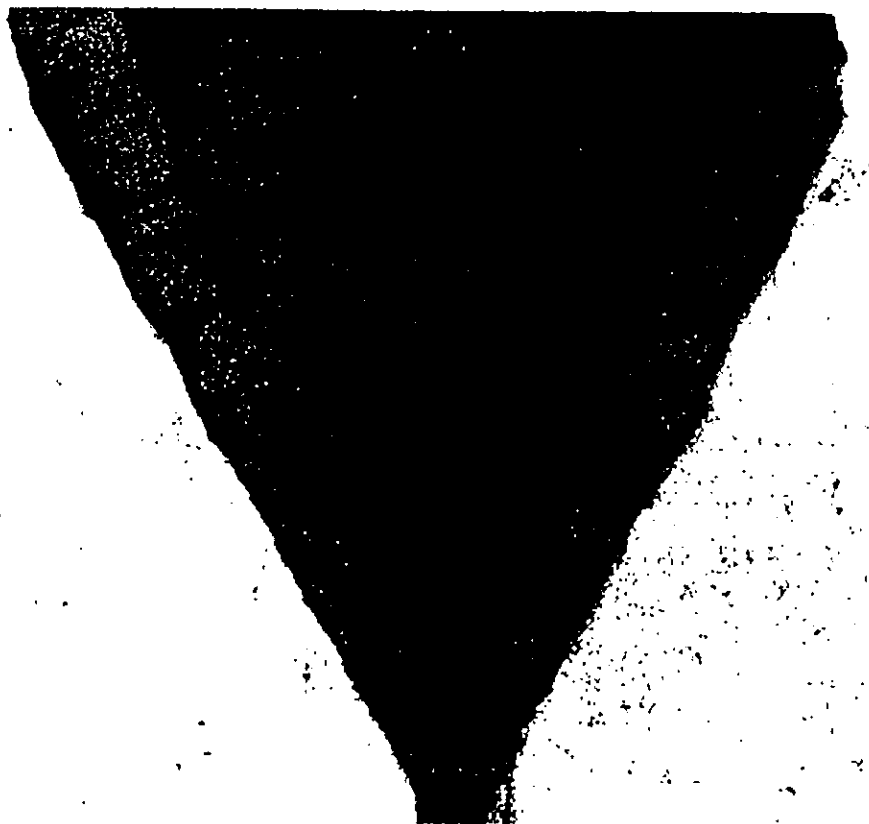
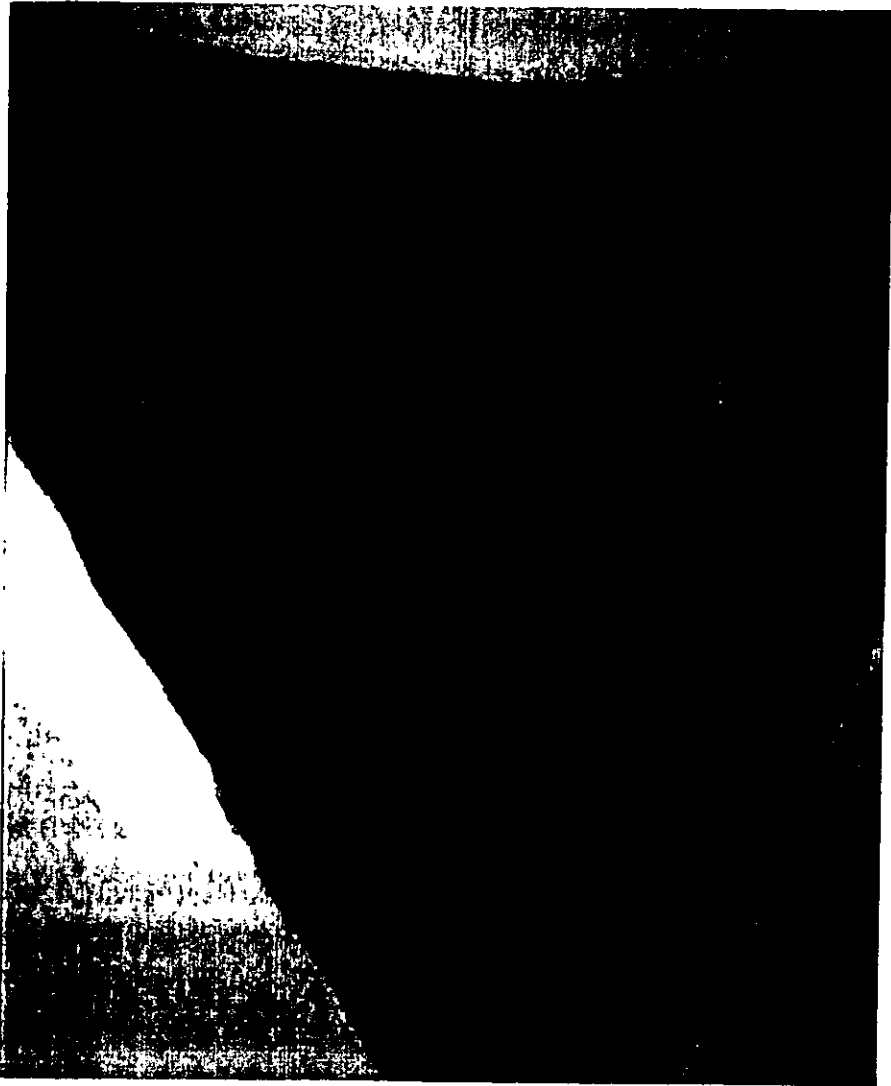


Figura 13.- Cortes de vértebras de *C. limbatus* teñida con rojo de alizarina





**Figura 14.- Detalle de un corte de una vértebra de *C. limbatus* teñida con cristal violeta.**

El cristal violeta fue el colorante determinado como el más conveniente para resaltar los anillos de crecimiento de esta especie, permitiendo un mayor contraste entre las bandas opacas y hialinas, lo que facilita su observación en los cortes vistos al microscopio y en las vértebras completas teñidas y observadas de manera directa (figuras 12 y 13).

La observación de los anillos en vértebras completas teñidas con cristal violeta se realizó fácilmente en vértebras de organismos de poca edad (< 5 años), no así en organismo de mayor edad, ya que a medida que aumenta el tamaño de la vértebra y el número de anillos presentes, su observación y medición se dificulta, siendo en estos casos de gran utilidad la realización de cortes. De igual manera la medición de los radios de cada anillo (distancia del foco de la vértebra al borde externo del anillo) son más precisos si se toman en un corte.

Se determinó que el corte ideal se encuentra entre los 0.5 y 0.3 mm de espesor, encontrándose que cortes demasiado gruesos (1 mm de espesor) no permiten el paso de la luz en el microscopio, impidiendo observar los anillos por transparencia, por otro lado, en los cortes demasiado delgados (< 0.3 mm) los anillos no se diferencian claramente por un exceso de luminosidad, además de que fácilmente se rompen o maltratan.

#### *Identificación de las marcas de nacimiento y crecimiento*

Se estableció como la marca de nacimiento la primera banda hialina encontrada, la cual coincidió en mas de un 91% de las muestras con el cambio de ángulo que se presenta en el corpus calcareum (cuadro 8, figuras 8 y 14), tomado como una marca característica del nacimiento (Bonfil, 1992; Wintner y Cliff, 1996). En los casos en los que la primera banda no coincidió se debió a varios factores, como el hecho de no contar aún con la marca de nacimiento, debido a que las marcas no se distinguieron claramente o que la banda hialina se encontraba presente pero ligeramente anterior o posterior al cambio del ángulo.

**Cuadro 8.- Coincidencia del primer anillo y el cambio de ángulo en el *corpus calcareum*.**

	Número de Organismos	%
Coincidentes	92	91,1
No coincidentes	5	5,0
No distinguibles	1	1,0
Sin marcas aún	3	3,0
Total	101	100

Se encontró que el 27% de las vértebras, particularmente las vértebras de organismos de menos de un año de edad, presentaban una banda hialina claramente definida muy cercana e inmediata a la marca de nacimiento (figura 13), esta banda intermedia no fue considerada como la marca correspondiente al invierno siguiente, sino atribuida a algún otro factor que interviene en el metabolismo del organismo y se registra en las vértebras, posiblemente un cambio de ambiente, como la salida de las áreas de crianza o el inicio de la migración. después de los primeros meses de edad, como lo han demostrado los estudios de marcaje en el norte del Golfo de México (Tovar, 1995) y en la Laguna de Yalahau, Qhintana Roo que es un área de crianza (Leonardo Castillo, *com. pers.*),

**Precisión de las lecturas**

El 71% de las muestras leídas concordaron en las tres lecturas realizadas, 20% concordaron en dos de las tres y el 9% no concordaron, estas últimas no fueron incluidas en el análisis. La precisión de todas las lecturas se presenta en la figura 15.

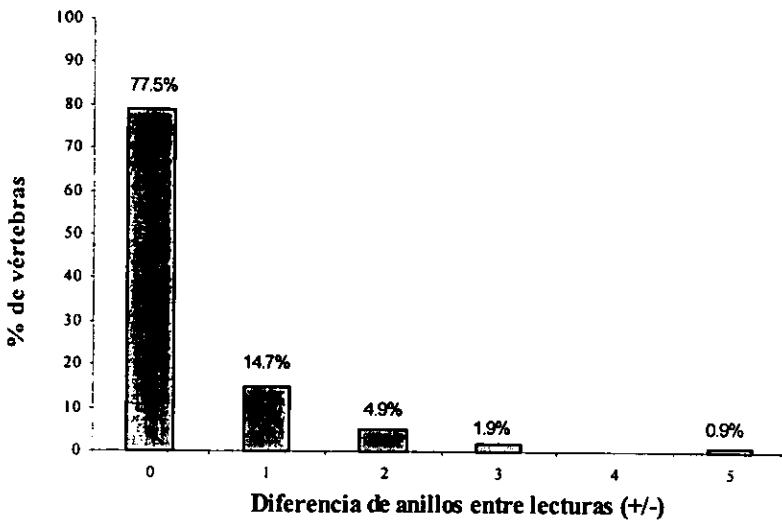


Figura 15.-Precisión de las lecturas de vértebras de *C. limbatus*.

El Índice de Error Promedio Porcentual (*APE*) estimado para las lecturas del autor fue de 7.5%, mientras que para el segundo lector con las mismas muestras el error promedio fue menor, 5.6%. El error promedio interlectores (tres lectores, uno de ellos con experiencia en la lectura de anillos de crecimiento) fue de 8.3%. Los valores del *APE* encontrados son más bajos o similares a los presentados en otros trabajos, para los estudios de edad y crecimiento de *Carcharhinus limbatus* únicamente Wintner y Cliff (1996) determinaron el *APE*, con un valor de 8%.

Existen diferencias significativas entre las estimaciones de edad realizadas por dos de los lectores ( $t \text{ pareada}=0.926 \text{ } p=0.36, \alpha=0.05$ ), esto se debe probablemente a la experiencia en la lectura de anillos y la dificultad para leer las vértebras de esta especie.

### Validación

De acuerdo a la formación consecutiva del borde hialino y opaco en los bordes de las vértebras (cuadro 9), existen dos periodos importantes en la formación del anillo hialino, el primero a principios de verano únicamente en los organismos recién nacidos y el segundo para todos los organismos durante los meses de invierno (figura 16).

**Cuadro 9.- Proporción de bordes vertebrales opacos y hialinos a lo largo del año.**

Mes	N	% de bordes opacos	% de bordes hialinos
junio		27	73
julio		50	50
octubre		100	0
noviembre		60	40
diciembre		17	83
abril		33	67
mayo		100	0

La aparición del primer anillo hialino a principios de verano en juveniles coincide con el periodo de nacimiento (Tovar, 1995; Castro 1996), atribuyéndose por lo tanto a una marca debida a este evento. La formación del anillo de invierno se atribuye al cambio estacional y con ello los parámetros ambientales, el cual provoca una disminución en el crecimiento del organismo, resultando en un evento anual.

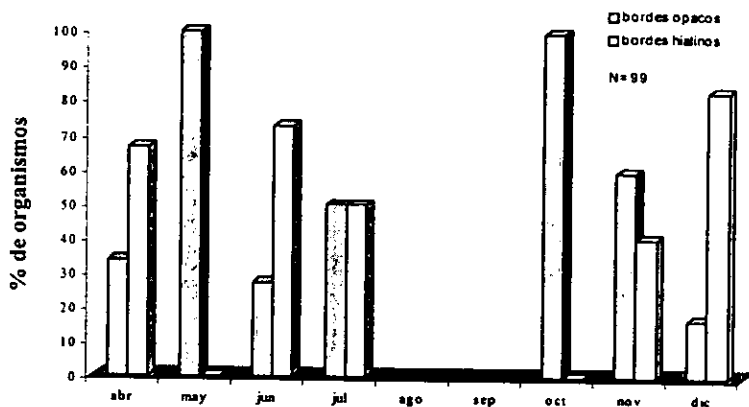


Figura 16.- Formación del borde hialino y opaco a lo largo del año para *C. limbatus* (%).

La gráfica del Incremento Marginal (*IM*) para los organismos de menos de un año (figura 17) permite observar un rápido crecimiento vertebral después del nacimiento (mayo-junio) hasta el comienzo del invierno (diciembre). No se tienen sin embargo cubiertos todos los meses del año, calculándose de manera indirecta que el crecimiento en los meses de invierno (enero-marzo) es mas lento.

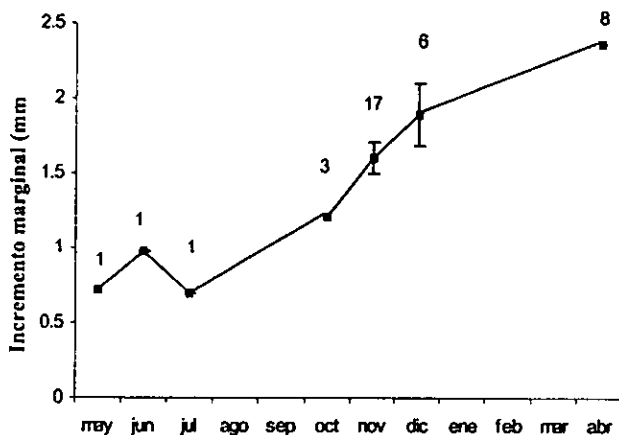


Figura 17.- Incremento Marginal de *C. limbatus* para los organismos de menos de un año de edad (se señala el número de muestras por mes).

Para los organismos mayores a un año de edad se tienen datos solamente de tres meses, lo que impide la observación clara del crecimiento anual de la vértebra y formación del anillo opaco, pudiéndose notar únicamente un aumento en el crecimiento a partir de abril, un máximo en junio (verano) y disminución en noviembre (invierno) (figura 18).

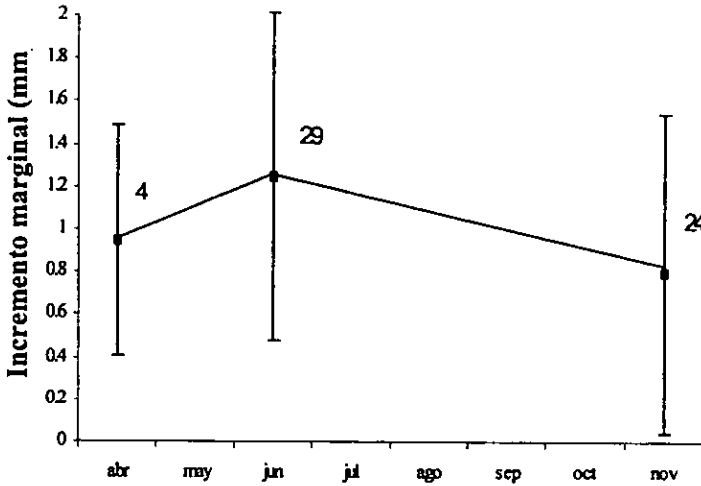


Figura 18.- Incremento Marginal de *C. limbatus* para organismos de mas de un año de edad se señala el número de muestras por mes).

**Estimación de edades**

Se observó una variación importante en el número de anillos para cada longitud, la relación entre la longitud total y el número de anillos en los cuerpos vertebrales de *C. limbatus* se observa en la figura 19.

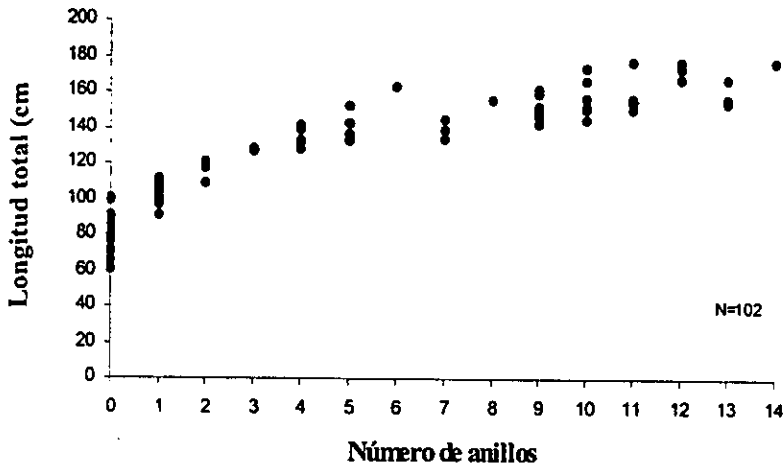
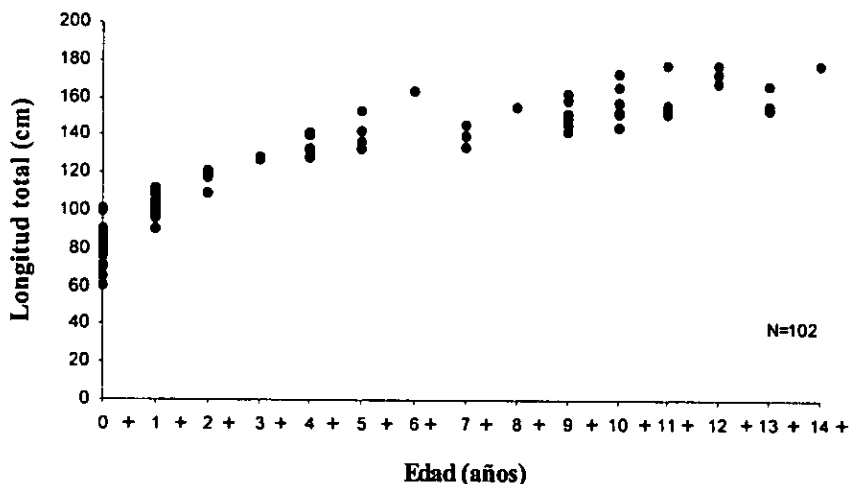


Figura 19.- Relación entre el número de anillos (hialinos) y la longitud total para *C. limbatus* (hembras y machos)

Bajo el supuesto de que la formación de los anillos hialinos es un evento anual para esta especie, excepto en el primer año de vida, en los cuales se presenta un anillo hialino mas (la marca de nacimiento), se determinó como la edad de cada organismo el número de anillos hialinos presentes en sus cuerpos vertebrales, considerándose siempre que la primera banda corresponde a la marca de nacimiento.

Aunque el nacimiento de *Carcharhinus limbatus* en el Golfo de México se lleva a cabo de finales de abril a finales de junio, momento en el que se forma el primer anillos hialino o marca de nacimiento, y que la banda hialina inmediata a esta se forma en el siguiente invierno (6-9 meses después), la presencia de este anillo se consideró como un año completo de edad si estaba precedida por una banda opaca. La presencia del borde hialino por si solo no se tomó como un año de edad completo ya que en realidad representaría únicamente seis meses si se toma en cuenta que esta empieza a formarse a partir de noviembre.

Al transformar el número de anillos a edades y correlacionarlo con la longitud de los organismos se obtiene la curva de crecimiento de esta especie (figura 20).



**Figura 20.- Relación entre el número de años y la longitud total para *C. limbatus* (hembras y machos)**

La mayor edad estimada fue de 14 años para un macho de 178 cm de LT; la hembra de mayor edad fue de 12 años, con 178 cm de LT.

Las edades máximas encontradas sobrepasaron las reportadas por los estudios previos, 11 y 10 según Killam y Parsons (1989) y 9 y 5 según Bransteter y McEarchran (1986) para hembras y machos respectivamente, no así las longitudes.

Se estimó la edad de primera madurez sexual entre 5 a 6 años para las hembras y 4 a 5 años para los machos, ya que de acuerdo a los estudios sobre madurez sexual (Tovar, 1995; Castro, 1996) se estima que esta da inicio a los 125 cm de longitud total en los machos y se encuentran completamente maduros después de los 135 cm y en el caso de las hembras desde los 135 cm hasta los 145 cm de longitud total. Killam y Parsons (1989) reportan como edades de primera madurez de 6 a 7 años para las hembras y 4 a 5 años para los machos, mientras que Wintner y Cliff (1996) para 7 y 6 años respectivamente para la población de Sudáfrica.



**Parámetros de crecimiento**

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados para la especie (sexos combinados) fueron:  $L_{\infty} = 178.4$ ,  $k = 0.19$  y  $t_0 = -3.39$ .

Los parámetros de crecimiento estimados para las hembras fueron significativamente diferentes de los estimados para los machos (cuadro 10) de acuerdo a la prueba de  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981), en la cual el valor de la  $T^2$  calculada (204.68) fue mayor a la  $T^2_{\alpha}$  de tablas (12.19) rechazándose la hipótesis nula en la cual el crecimiento en ambos sexos es igual, aceptándose la hipótesis alternativa en la cual el crecimiento es diferente ( $p < 0.01$ ).

La longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) de las hembras (179.9 cm) fue menor a la de los machos (187.8 cm), por el contrario, el valor de  $k$  fue mayor para las hembras (0.19) que para los machos (0.14). Para sexos combinados se obtuvo una  $L_{\infty}$  de 178.4 cm y una  $k$  de 0.19.

**Cuadro 10.- Parámetros de crecimiento estimados para *C. limbatus* mediante el programa FISHPARM (Prager *et al*; 1987).**

	Hembras	Machos	Sexos Combinados
$L_{\infty}$	179.9	187.8	178.4
Error Std.	6.07	12.58	5.69
C.V.	0.034	0.067	0.03
$K$	0.19	0.14	0.19
Error Std.	0.029	0.40	0.03
C.V.	0.15	0.29	0.17
$t_0$	-0.31	-4.51	-3.39
Error Std.	0.44	1.16	0.62
C.V.	-0.14	-0.26	-0.18
$N$	45	48	93

De acuerdo al valor crítico de  $F$  ( $F_{\alpha}$ ) obtenido para cada parámetro, a partir del análisis multivariado de la prueba de  $T^2$  de Hotelling, el parámetro que mayor significancia tuvo en la diferencia del crecimiento entre hembras y machos fue la  $k$  ( $F_{\alpha} = 20.63$ ) seguida de la  $t_0$  ( $F_{\alpha} = 17.82$ ) y al final la  $L_{\infty}$  ( $F_{\alpha} = 4.48$ ). La diferencia de  $L_{\infty}$  entre las hembras y machos se debe a las edades máximas calculadas para los machos, aunque teóricamente se las hembras alcanzan mayores tallas que los machos.

Como se aprecia en las figuras 21-23, las curvas de crecimiento para los dos sexos son ligeramente diferentes.

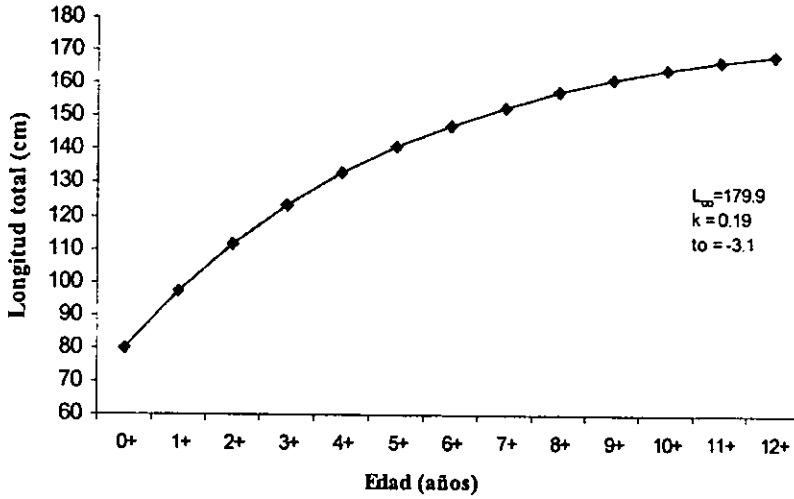


Figura 21.- Curva de crecimiento para hembras de *C. limbatus*.

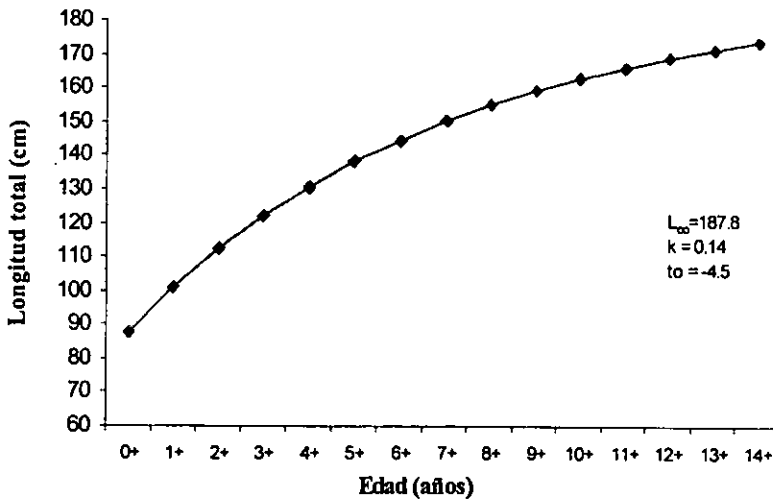


Figura 22.- Curva de crecimiento para los machos de *C. limbatus*.

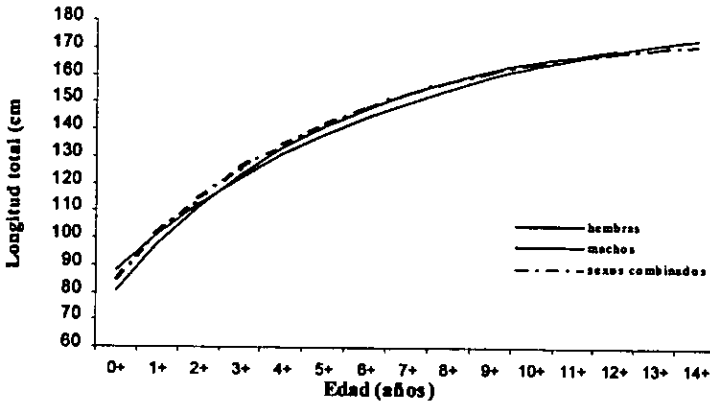


Figura 23.- Curvas de crecimiento para hembras, machos y sexos combinados de *C. limbatus*.

Killam y Parsons (1989) reportaron una  $L_{\infty}$  de 195 cm de LT para las hembras y 166.5 cm para los machos, por el contrario, durante el presente estudio la  $L_{\infty}$  de las hembras fue menor y la de los machos mayor. Bransteter y McEarchran (1986) reportaron para sexos combinados una  $L_{\infty}$  de 182 cm, cercana a la calculada para sexos combinados en el presente estudio, sin embargo se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas ente los parámetros de crecimiento de las hembras y los de los machos.

El valor de  $k$  fue diferente en algunos casos a la estimada en otros trabajos, 0.284 para sexos combinados según Bransteter y McEarchran (*op. cit.*), 0.19 en el presente estudio. De acuerdo con Killam y Parsons (1989) 0.1967 para hembras y 0.276 para machos, comparado con 0.19 para las hembras y 0.14 para machos en el presente trabajo.

Los parámetros de crecimiento obtenidos mediante los modelos de Ford-Walford y Gulland y Holt (anexo I) fueron diferentes a los calculados mediante el programa estadístico FISHPARM, de igual manera las curvas de crecimiento obtenidas con estos parámetros (anexo I). Sin embargo se consideraron de mayor confiabilidad los obtenidos mediante el programa FISHPARM por los ajustes que el programa hace sobre los datos.

**Longevidad y mortalidad natural**

La longevidad estimada para sexos combinados fue 12.4 años, siendo menor que para los sexos separados; para los machos (16.9 años) fue mayor que para las hembras (15.5 años). La mortalidad natural por su parte, fue menor para las hembras y machos, 0.19 y 0.18 respectivamente, que para sexos combinados, 0.24 (cuadro 11).

**Cuadro 11.- Longevidad ( $A_{0.95}$ ) y mortalidad estimada para *C. limbatus*.**

	Longevidad (años) $A_{0.95}$	Mortalidad natural
Hembras	15.5	0.19
Machos	16.9	0.18
Sexos combinados	12.4	0.24

Las longevidad calculada para los machos y hembras en el presente trabajo fue mayor que las estimadas con base en los parámetros de crecimiento de Killam y Parsons (1989) (cuadro 12); la mortalidad por su parte, fue menor en el caso de las hembras y machos en el presente estudio que la calculada con base en los resultados de los mismos autores.

**Cuadro 12.- Longevidad ( $A_{0.95}$ ) y mortalidad estimada para *C. limbatus* con base en los parámetros de crecimiento de otros trabajos.**

	Longevidad (años)	Mortalidad	Autor
Hembras	14.07	0.214	Killam y Parsons (1989)
Machos	9.98	0.30	Killam y Parsons (1989)
Sexos combinados	13	0.23	Wintner y Cliff (1996)
Sexos combinados	10.58	0.28	Branstetter (1987)

Para los sexos combinados la longevidad al igual que la mortalidad fue menor que la estimada con base en los resultados de Branstetter (1987) y que con los datos de Wintner y Cliff (1996).

## DISCUSIÓN

### *Muestreo y obtención de datos de campo*

Debido a que *Carcharhinus limbatus* es un organismo altamente migratorio, durante el presente estudio se tuvieron algunas dificultades para conseguir las muestras, no contándose con muestras de todos los meses del año, ya que la captura de *C. limbatus* varía de acuerdo a su patrón migratorio (Tovar, 1995).

El muestreo de este tiburón en el campo se dificulta debido a que los pescadores no permiten la extracción de las vértebras por un maltrato de los organismos que disminuya el precio del producto. Al mercado llegan con aletas y cabeza solo los organismos de talla pequeña. Debido a lo anterior, se contó con un mayor número de muestras de organismos juveniles que de adultos, debido a las facilidades para conseguirlos. Sin embargo, todas las tallas de ambos sexos de *C. limbatus* son capturadas en México (Tovar, 1995; Rodríguez de la Cruz *et al*; 1996; Castillo *et al*; 1998) y esto debe ser tomado en cuenta para un posible manejo de la pesquería.

Hoening y Gruber (1990) mencionan que los estudios de edad y crecimiento en tiburones se dificultan debido a los hábitos migratorios y su tendencia a segregarse por sexo y talla, estando disponibles a la captura por pesca únicamente partes de la población por periodos cortos, además de estas dificultades, la extracción de las vértebras y su preparación requiere un mayor tiempo y esfuerzo (Casselman, 1983).

### *Observación de los anillos de crecimiento*

La observación de los anillos en *C. limbatus* es difícil, ya que no están claramente definidos, probablemente debido a una calcificación deficiente o a que la variación de los factores que influyen en la diferente incorporación de minerales durante el crecimiento a lo largo del año no es tan marcada, o la migración atenúa esos cambios.

Algunas de las técnicas de tinción como el rojo de alizarina y nitrato de plata no resultaron adecuadas para esta especie, esta última es además cara y peligrosa si no se toman las precauciones debidas, por la exposición a la luz ultravioleta. En otros estudios y para algunas especies en particular se ha considerado esta técnica no adecuada, como para el tiburón zorro *Alopias superciliosus* (Kwang-Ming *et al*; 1998) e incluso para *C. limbatus* (Wintner y Cliff, 1996).

Se requiere mejorar la técnica de rayos X mediante el empleo de una película fotográfica adecuada. Esta técnica es ampliamente recomendada por su alta definición, siendo necesario únicamente contar con la película de grano fino y alto contraste (Kwang-Ming *et al.*; 1998). En México se cuenta con el equipo necesario para llevarla a cabo, su uso permitiría verificar en un futuro la asignación de edades hecha con la técnica utilizada en este estudio y los resultados obtenidos.

Otras técnicas utilizadas para observar anillos de crecimiento en tiburones son la espectrometría por rayos X (Jones y Geen, 1977), las técnicas histológicas (Natanson *et al.*; 1995) y los rayos X para tejidos blandos (Seki *et al.*; 1998), sin embargo, estas son técnicas que requieren un mayor tiempo de procesamiento y en algunos casos equipos especializados, costosos o con los que no se cuenta en México, como son los rayos X para tejidos blandos.

La técnica de cortes de los cuerpos vertebrales, tinción en cristal violeta y observación en el microscopio estereoscópico con luz transmitida fue la más conveniente para la observación, cuantificación y medición de los anillos de crecimiento en las vértebras de esta especie, permitiendo un mayor contraste entre las bandas opacas y hialinas que facilitan su observación en los cortes vistos al microscopio y en las vértebras completas teñidas y observadas de manera directa, además de ser un colorante económico, fácil y seguro de usar.

Es necesario, sin embargo investigar nuevas técnicas que faciliten la lectura de los anillos y permitan una automatización del proceso, disminuyendo el sesgo y error en la estimación de las edades, avanzando hacia una automatización de la estimación de edad que sea rápida, confiable y accesible.

### **Precisión de las lecturas**

A pesar de las dificultades para identificar y cuantificar los anillos de crecimiento en *Carcharhinus limbatus*, las lecturas presentaron un buen grado de precisión, con un APE relativamente bajo, similar al de otros estudios de crecimiento en tiburones y a otro realizado con la misma especie (Wintner y Cliff, 1996).

Las diferencias entre las estimaciones de edad realizadas por dos lectores se debe probablemente a la experiencia en la lectura de anillos de crecimiento de cada lector, como ha ocurrido en otros estudios (Tanaka *et al.*, 1990), ya que en algunas especies de tiburones los anillos de crecimiento aunque numerosos son fáciles de identificar, como es el caso de *C. leucas*, mientras que en *C. limbatus* los anillos son relativamente pocos, pero difíciles de identificar debido a una posible calcificación deficiente o con pocos cambios entre cada estación.

Lo anterior muestra que puede existir un sesgo en las edades asignadas, debido a la experiencia de cada lector en la observación, identificación y conteo de anillos de crecimiento, este error podría ser corregido mediante la automatización del proceso en futuros estudios y aumentando el tamaño de muestra, numerosos autores se han enfrentado a este tipo de problemas y sugerido la necesidad de este tipo de correcciones (Cailliet, 1990; Officer, 1995).

### Validación

La formación de anillos de crecimiento en las vértebras de *Carcharhinus limbatus* es un evento periódico y anual, de acuerdo a los resultados de la medición del Incremento Marginal y de la distribución temporal de bordes hialinos u opacos en las vértebras. Los cuerpos vertebrales presentan una primera marca hialina inmediata al nacimiento y se desarrolla un anillo hialino anual en la temporada de invierno o en los periodos de "Nortes" y cuando hay cambios en las corrientes oceánicas. La formación anual de los anillos permite por lo tanto estimar la edad de los organismos.

La formación de un anillo pocos meses después del nacimiento puede deberse a algún evento externo, como la posible salida de las áreas de crianza o el inicio de migraciones, como lo han demostrado los estudios de marcaje en el norte del Golfo de México (Tovar, 1995), en los cuales, organismos juveniles marcados en Texas han sido recapturados meses después en las costas de Veracruz y Campeche, México (Casey *et al.*, 1993).

### Crecimiento

Se encontró un mayor número de grupos de edad a los reportados en trabajos anteriores del norte del Golfo de México y Florida, mientras que las edades de madurez sexual son cercanas a las reportadas por Killam y Parsons (1989) para Florida. Las diferencias de las longitudes asintóticas y tasas de crecimiento pueden deberse a las tallas muestreadas, a la técnica utilizada o a la posible existencias de subpoblaciones o razas geográficas en el área del Golfo de México y zonas cercanas.

La posibilidad de cambios en las tasas de crecimiento entre áreas cercanas del Golfo de México y a través de los últimos años, debido al fenómeno de cambio aparente en el crecimiento, como el demostrado por Moulton *et al.* (1992) y Walker *et al.* (1998) en el crecimiento de los tiburones *Galeorhinus galeus* y *Mustelus antarcticus* en Australia, inducido por cambios en la selectividad de las artes de pesca y en la mortalidad por pesca, también debe ser considerada en este caso para explicar las diferencias entre los parámetros de crecimiento de esta especie con las reportadas por otros autores.



Se sabe que las hembras alcanzan mayores tallas que los machos, sin embargo, debido a las tallas muestradas y las edades estimadas, se calculo una mayor longitud asintótica para los machos que para las hembras.

Se observó una gran variación de tallas para cada grupo de edad. El amplio rango de tallas para cada grupo de edad es un fenómeno relativamente común en los tiburones (Stevens, 1975), encontrándose en ocasiones que los organismos de mayor edad no son siempre los de mayor longitud (Kusher *et al*; 1992). Algunas de las causas que pueden influir en esta gran variación son las diferencias de crecimiento individual, o aquellas debidas a problemas con el método, por ejemplo la subrepresentación de grupos de edad por el tamaño de la muestra, la precisión intra e interlectores, el sesgo en las artes de captura o la misma técnica utilizada (Casey *et al*;1992; Tanaka, 1990; Moulton *et al*; 1992; Kusher *et al*; 1992) o la existencia de subpoblaciones o razas geográficas.

En el caso de *C. limbatus*, como en otros organismos en los que se ha comprobado (Barbieri *et al.*, 1994) existe una gran variación en el incremento marginal de organismos pertenecientes a un mismo grupo de edad, debido a que los organismos no nacen al mismo tiempo, sino a lo largo de un periodo que es de varios meses, desde finales de abril hasta finales de junio (Tovar, 1995; Castro, 1996).

Sin embargo, la similitud en algunos parámetros de su historia de vida y particularmente las evidencias de migración, sugieren la existencia de una solo población de *C. limbatus* o un intercambio constante entre las subpoblaciones que pudieran llegar a existir.

### **Longevidad y mortalidad natural**

Debido a los parámetros de crecimiento obtenidos, se estimó una mayor longevidad para los machos, que para las hembras, y esta fue mayor a su vez que para los sexos combinados. Las longevidades también fueron mayores que las calculadas con base en los datos de Killam y Parsons (1989) por sexos separados, pero menor a la calculada con los datos por especie de Branstetter (1987) y Wintner y Cliff (1996).

La mortalidad natural por su parte, fue menor para las hembras y machos que para sexos combinados, y menor en el presente estudio que la calculada con base en los resultados de los mismos autores para sexos separados, y de igual manera para sexos combinados.

Es necesario dar continuidad a este estudio, incrementando el número de muestras utilizadas para la estimación de las edades, particularmente de organismos de tallas grandes. Es conveniente también complementar la verificación por medio del uso de otras técnicas, como los rayos X, que permitan comparar y corroborar las edades asignadas.

Realizar en un futuro un proceso de validación de la formación anual de los anillos de manera directa es de gran importancia, ya sea por medio de marcaje con oxytetraciclina y recaptura o con mantenimiento de organismos en cautiverio, así como estudios que permitan conocer los patrones de calcificación en esta especie.

La realización de este estudio de edad y crecimiento y su validación, entre otro tipo de estudios, como la identificación a nivel genético de las poblaciones y subpoblaciones será de gran utilidad para el entendimiento de la dinámica poblacional de esta especie y evaluación de su pesquería, ya que la incorporación de datos de edad a modelos demográficos y de producción permitirán conocer con mayor exactitud el grado en el que la población se encuentra. La toma de medidas de manejo de este importante grupo de organismos marinos deberá basarse en datos reales que permitan tener una mayor certidumbre y asegure el aprovechamiento sostenido del recurso.

## CONCLUSIONES

Las vértebras de *Carcharhinus limbatus* son estructuras que permiten la determinación de la edad de este tiburón. Existiendo una depositación periódica y anual de los anillos de crecimiento.

La primera marca hialina se forma en el cuerpo vertebral durante el nacimiento. La segunda hialina se forma pocos meses después del nacimiento y antes del primer invierno, relacionándose con la salida de las áreas de crianza o el inicio de migraciones.

La técnica de cortes de los cuerpos vertebrales, tinción en cristal violeta y observación en el microscopio estereoscópico con luz transmitida es la más conveniente para la observación, cuantificación y medición de los anillos de crecimiento en las vértebras de *C. limbatus*.

Existe una gran variación de tallas para cada grupo de edad y en el incremento marginal de organismos pertenecientes a un mismo grupo de edad.

Los parámetros de crecimiento y mortalidad para la especie fueron los siguientes:

$$\begin{aligned}L_{\infty} &= 178.4 \text{ cm} \\k &= 0.19 \\t_0 &= -3.39 \\A_{0.95} &= 12.4 \text{ años} \\M &= 0.24\end{aligned}$$

Existen diferencias significativas entre los parámetros de crecimiento de ambos sexos. La longitud asintótica calculada para los machos (187.8 cm) fue mayor que la de las hembras (179.9 cm); la  $k$  por su parte fue mayor para las hembras (0.19) que para los machos (0.14). La longevidad fue mayor para los machos (16.9 años) y menor para las hembras (15.5 años), mientras que la mortalidad natural fue ligeramente mayor para las hembras (0.19) que para los machos (0.18).

El número de grupos de edad fue mayor a los reportados para el norte del Golfo de México y Florida, mientras que las edades de madurez sexual y el valor de  $k$  para las hembras son cercanas a las reportadas para las mismas zonas.

Las longevidades calculadas en el presente estudio fueron mayores a las calculadas con los datos de trabajos de otros autores en el Norte del Golfo de México y Florida. Por lo tanto las mortalidades fueron menores respecto a las calculadas con los datos de estos mismos autores.

## *Conclusiones*

---

Las diferencias de los parámetros de crecimiento encontrados en el suroeste de Golfo de México con los reportados para el Norte del Golfo y Florida, pueden deberse a las tallas muestreadas, a la técnica utilizada o a la posible existencia de subpoblaciones o razas geográficas en el área del Golfo de México y zonas cercanas.

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

REFERENCIAS

- Anderson, E.D. 1990. Fishery models applied to elasmobranch fisheries. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi, (eds.) *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. U. S. Dep.Commer. NOAA Tech.Rep. NMFS 90: 427-443.
- Applegate, S.P. 1967. A survey of shark hard parts. In: Gilbert P.W; Mathewson R.F. and Rall D.P. (eds.) *Sharks, skates and rays*. John Hopkins Press, Baltimore, Maryland, USA. pp: 37-67.
- Applegate, S.P; L. Espinoza-Arrubarrena; L.B. Menchaca-López y F. Sotelo-Macias. 1979. Tiburones Mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. México. 147 p.
- Applegate, S.P; L. Espinoza-Arrubarrena y F. Sotelo-Macias. 1994. An overview of Mexican Shark Fisheries, with suggestions for Shark conservation in Mexico. In: Branstetter, S. (ed.) *Conservation Biology of Sharks*. U.S. Dept. Commerce. NOAA Technical Report NMFS 115: 31-37.
- Bartoo, N.V. and K.R. Parker. 1983. Reduction of bias generated by age-frequency estimation using the von Bertalanffy growth equation. In: D. Prince and L. M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks* Miami, Florida, U.S. pp. 25-28.
- Baughman, J.S. y S. Springer. 1950. Biological and Economic notes on the sharks of the Gulf of Mexico, with special reference to those of Texas, and with a key for their identification. *The American Midland Naturalist* 44(1): 96-152.
- Beamish, R.J. and D.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:982-983.
- Beamish, R.J. and G.A. McFarlane. 1983. Validation of age determination estimates the forgotten requirement. In: D. Prince and L.M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks* Miami, Florida, U.S. pp. 29-34.
- Bernard, D.R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing Growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:233-236.
- Bonfil-Sanders, R. 1990. Contribution to the Fisheries Biology of the Silky Shark *Carcharhinus falciformis* (Bibron 1839) From Yucatán, México. Magister in Scientia Thesis. School of Biological Sciences. U.C.N.W. Bangor. U.K. 77 pp.
- Bonfil, S.R; D. de Anda, R. Mena A. 1990. Shark Fisheries in Mexico: The case of Yucatan as an example. En: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi, (eds.) *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. U. S. Dep.Commer. NOAA Tech.Rep. NMFS 90: 427-443.
- Bonfil, S.R. 1990. Contribution to the fisheries biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Bibron 1839) from Yucatan, Mexico. Masters Thesis. School of Biological Sciences, U.C.N.W. Bangor. 76 pp.
- Bonfil, R. 1994. Overview of World Elasmobranch Fisheries. FAO Technical Paper 341, FAO, Rome. 119 pags.

## Referencias

---

- Bonfil, R. 1997. Status of shark resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Research* 29:101-117.
- Branstetter, S. 1981. Biological notes on the sharks of the north central Gulf of Mexico. *Contributions in Marine Science* 24:13-34.
- Branstetter, S. 1982. Problems associated with the identification and separation of spinner shark, *Carcharhinus brevipinna*, and the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*. *Copeia* (2): 461-465.
- Branstetter, S. 1987a. Age and growth validation of newborn sharks held in laboratory aquaria, with comments on the life history of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *Copeia* 2: 291-300.
- Branstetter, S. 1987b. Age and growth estimates for blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and spinner, *C. brevipinna*, sharks from the northwestern Gulf of Mexico. *Copeia* 4: 964-974.
- Branstetter, S. 1990. Early life-history implication of selected carcharhinoid and lamnoid sharks of the Northwest Atlantic. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi, (Eds.) *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. U. S. Dep.Commer. NOAA Tech.Rep. NMFS 90. p. 17-28..
- Branstetter, S. and J.D. McEachran. 1986. Age and growth of four Carcharhinid sharks common to the Gulf of Mexico: a summary paper. In: T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura (eds.). *Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes*. Tokyo, Japan. pp. 361-371.
- Cailliet, G.M. 1990. Elasmobranch age determination and verification an updated review. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi, (eds.) *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. U.S. Dep. Commerce. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 157-166.
- Cailliet, G.M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 183-193.
- Cailliet, G.M; L.K. Martin; D. Kusher; P. Wolf and B.A. Welden. 1983a. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs. In: D. Prince and L.M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. Miami, Florida, U.S. pp. 157-166.
- Cailliet, G.M; L.K. Martin; J.T. Harvey; D. Kusher and B.A. Welden. 1983b. Preliminary studies on the age and growth of blue, *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus* and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. In: D. Prince and L.M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. Miami, Florida, U.S. pp. 179-188.
- Cailliet, G.M; L.J. Natanson; B.A. Welden and 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 T. Taniuchi. 1990. Growth characteristics of two populations of *Mustelus manazo* from Japan based upon cross-readings 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.

## Referencias

---

- Casey, J.G. 1964. Angler's Guide to sharks of the northeastern U. S. Maine to Cheseapeake Bay. Bureau of sport fisheries and wildlife. Circ. 179. Washington, U.S. 32 p.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, CH. Stillwell, 1982. The shark tagger 1982 summary. Cooperative Shark Tagging Program. U.S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 10p.
- Casey, J.G. and H.L. Pratt, 1983. Age and growth of shortfin mako. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 1946-1957.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, N. E. Kohler, CH. Stillwell, 1984. The shark tagger 1984 summary. Cooperative Shark Tagging Program. U. S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 10 p.
- Casey, J.G; H. L. Pratt, Jr. and Ch.E. Stillwell. 1985 Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, from the Western North Atlantic. MARMAP contribution MED/NEFC 82-1.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, N. E. Kohler, CH. Stillwell, 1988. The shark tagger 1988 summary. Cooperative Shark Tagging Program. U. S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 12 p.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, N. E. Kohler, CH. Stillwell, 1989. The shark tagger 1989 summary. Cooperative Shark Tagging Program. U. S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 12 p.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, N. E. Kohler, CH. Stillwell, 1990. The shark tagger 1990 summary. Cooperative Shark Tagging Program. U. S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 12 p.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, N. E. Kohler, CH. Stillwell, P. Turner, R. Briggs, 1991. The shark tagger 1991 summary. Cooperative Shark Tagging Program. U. S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 14 p.
- Casey, J. G. and N. E. Kohler, 1991. Long distance movements of Atlantic sharks. From the NMFS cooperative shark tagging program. Discovering sharks. American Littoral Society, special publication no. 14: 87-91.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, N. E. Kohler, CH. Stillwell, L. J. Natanson, P. Turner, R. Briggs, 1992. The shark tagger 1992 summary. Cooperative Shark Tagging Program. U. S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 16 p.
- Casey, J. G. H. W. Pratt, N. E. Kohler, L. J. Natanson, P. Turner, R. Briggs, 1993. The shark tagger 1993 summary. U. S. Dept. commerce, NOAA/NMFS/NEFSC. 18 p.
- Casselman, J.M. 1983. Age and growth assesment of fish from their calcified structures-techniques and tools. In: D. Prince and L. M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. Miami, Florida, U.S. pp. 1-17.
- Castillo-Géniz, J.L. 1992. Diagnóstico de la pesca de tiburón en México. INP, Secretaria de Pesca. 76 pp.
- Castillo-Géniz, J.L y J.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, INP. México. 24pp.
- Castillo-Geniz, J.L; J.F. Márquez-Farías, M.C. Rodríguez de la Cruz, E. Cortés and A. Cid del Prado. 1998. The mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. Mar. Freshwater Res. 49:611-620.
- Castro, J.I. 1983. The sharks of north american waters. Texas A&M University Press, College Station. Texas. U.S. 180 p.

## Referencias

---

- Castro, J.I. 1993. A field guide to the sharks commonly caught in comercial fisheries of the southeastern United States. NOAA Technical memorandum NMFS 338. 47 p.
- Castro, J.I. 1996. Biology of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus* off the southeastern United States. Bulletin of Marine Sciences 59 (3): 508-522.
- CITES, 1996. An overview of the impacts on the biological status of sharks. Draft animals committee discusion paper, pursuant to CITES resolution conf. 9.17. Pruhonice, República Checa.
- CITES. 1997. Biological and trade status of sharks. Report of the CITES Animals Committee. 42 p.
- Clark, E. y K. von Schmidt. 1965. Sharks of the central Gulf of coast Florida. Bulletin of Marine Sciences. 15:13-83.
- Clement, J.G; R.A. Officer and E. Dykes. 1992. Three-dimensional reconstruction of shark vertebrae: a technique with applications to age and growth studies. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43: 923-933.
- Compagno, L.J.V. 1984. Sharks of the world. An annotated and ilustrated catalogue of shark species known to date. Part 1 and 2. FAO Fish Synop. Rome.
- Compagno, L.J.V. 1990. Shark explotation and conservation. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber, and T. Taniuchi (Eds.) *Elasmobranchs as a living resources: advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the status of Fisheries*. U. S. Dept. Commerce, NOAA Technical Report NMFS 90. pp. 391-414.
- Cortés, E. 1998. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. Fisheries Research 39:199-208.
- Cruz, P.M.J. 1993. Descripción de la pesquería de tiburón del Golfo de México. Informe final de Servicio Social. UAM-Xochimilco. México.
- Davenport, S. and J.D. Stevens. 1988. Age and growth of two commercially important sharks (*Carcharhinus tilstoni* and *C. sorrah*) from norther Australia. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 39:417-433.
- De la Lanza, G. E. 1992. Oceanografía de mares mexicanos. 1ª edición. AGT editores, México D.F. 569 p.
- Fisher, W. 1978. FAO species identification sheets for fishery purposes. Vol. 5 sharks. FAO, Rome.
- Francis, M.P. 1981. Von Bertalanffy growth rates in species of *Mustelus* (Elasmobranchii Triakidae). *Copeia* 1: 189-192.
- Francis, R.I.C.C. 1990. Back calculation of fish length: a critical review. *J. Fish Biol.* 36:883-902.
- FAO. 1999. FAOSTAT.
- Galindo, L.A.S. 1993. Descripción de la pesquería de tiburón en el Golfo de México. Relacionadio a capturas, esfuerzo, artes de pesca, aprovechamiento y comercialización del tiburón. Informe final de Servicio Social. UAM-Xochimilco. México. 40 pp.
- Gallucci, V F; S B. Saila; D.J. Gustafson and B.J. Rothschild (eds.). 1996. Stock assessment, quantitative methods and applications for small scale fisheries. CRC Lewis Publishers.



## Referencias

---

- Garrick, J.A.F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA Technical Report NMFS 445. U.S. Dept. of Commerce. 194 p.
- Gómez-Márquez, J.L. Métodos para determinar la edad de los organismos acuáticos. FES-Zaragoza. UNAM. México D.F. 85 pp
- Gruber, S.H. and R.G. Stout. 1983. Biological materials for the study of age and growth in a tropical marine elasmobranch, the lemon shark, *Negrapion brevirostris*. In: D. Prince and L.M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. Miami, Florida, U.S. pp. 193-206.
- Gulland, J.A. 1983. El porqué de la evaluación de las poblaciones pesqueras. FAO, Roma. Circ. de Pesc. 759. 20 p.
- Hoening, J.M. and S.H. Gruber. 1990. Life History patterns in the elasmobranchs: Implications for fisheries management. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber, and T. Taniuchi (Eds.) *Elasmobranchs as a living resources: advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the status of Fisheries*. U. S. Dept. Commerce, NOAA Technical Report NMFS 90: 1-16.
- Holden, M.J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: Marden-Jones F.R. (ed.) *Sea Fisheries Research*. John Wiley and Jones, N.Y. USA, pp. 117-137.
- Holden, M.J. 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2.-Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *Doc. Téc. FAO. Pesca*. (115), Rev. 1:211 p.
- Jones, B.C. and G.H. Geen. 1977. Age determination of an elasmobranch (*Squalus acanthias*) by x-ray spectrometry. *Journal of the fisheries Research Board of Canada* 34:44-48.
- Killam, K.A. and G.Parsons. 1989. Age and growth of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, near Tampa bay, Florida. *Fishery Bulletin* 87(4): 845-857.
- Kusher, D.I; S.E. Smith and G.M. Cailliet. 1992. Validated age and growth of the leopard shark, *Triakis semifasciata*, with comments on reproduction. *Environmental Biology of Fishes* 35: 187-203.
- Kwang-Ming, L; Ch. Po-Jen and Che-Tsung Ch. 1998. Age and growth estimates of the bigeye thresher shark, *Alopias superciliosus*, in northeastern taiwan waters. *Fishery Bulletin* 96:482-491
- Marín-Osorno, R. 1992. Aspectos biológicos de los tiburones capturados en las costas de Tamaulipas y Veracruz, México. Tesis profesional, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, México. 146 p.
- Marin, O.R. 1994. Clave para la identificación de los tiburones del Golfo de México. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 31 p.
- Mendizabal, D. 1995.
- Miranda, V.L.A. 1996. Análisis biológico-pesquero del tiburón azul (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758) en Ensenada, Baja California. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, B.C. México. 115 pp.
- Montiel, B.H. 1988. Contribución al conocimiento de los elasmobranquios de la zona costera de Tuxpan, Veracruz, México. Tesis Profesional, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Ver; México. 111 pp

## Referencias

---

- Moulton, P.L.; T.I. Walker and S.R. Saddler. 1992. Age and growth studies of gummy shark, *Mustelus antarcticus* Günther, and school shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus), from southern Australian waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43:1241-1267.
- Natanson, L.J. and G.M. Cailliet. 1990. Vertebral growth zone deposition in Pacific angel sharks. *Copeia* 4: 1133-1145.
- Natanson, L.J.; J.G. Casey and N.E. Kohler. 1995. Age and growth estimates for the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 93: 116-126.
- Officer, R.A. 1995. Vertebral mineralisation patterns in gummy and school sharks and their utility for age determination. Doctoral Thesis. The University of Melbourne, Australia. 300 pp.
- Officer, R.A.; J.G. Clement and D.K. Rowler. 1995. Vertebral deformities in a school shark, *Galeorhinus galeus*: circumstantial evidence for endoskeletal resorption?. *Journal of Fish Biology* 46: 85-98.
- Officer, R.A.; A.S. Gason; T.I. Walker and J.G. Clement. 1996. Sources of variation in counts of growth increments in vertebrae from gummy shark *Mustelus antarcticus*, and school shark, *Galeorhinus galeus*: implications for age determination. *Can. J. Aquat. Sci.* 53: 1765-1777.
- Parsons, R.G. 1983. The reproductive biology of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, (Richardson). *Fishery Bulletin* 81: 61-73.
- Parson, G.R. 1985. Growth and age estimation of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *Copeia* 80-85.
- Powers, J.E. 1983. Some statistical characteristics of ageing data and their ramifications in population analysis of oceanic pelagic fishes. In: D. Prince and L. M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. Miami, Florida, U.S. pp. 19-24.
- Prager, M.H.; S.B. Saila and C.W. Recksick. 1987. FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. Dept. Oceanogra; Old Dominion Univ. Norfolk, VA, Tech. Rep. 87-10:1-37.
- Pratt, H.L. and J.G. Casey. 1983. Age and growth of shortfin mako. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: -1956.
- Pratt, H.L. and J.G. Casey. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi (eds.). *Elasmobranch as living resource: advances in the biology, ecology, systematics and the status of fisheries*. U.S. Dept. Commerce, NOAA Technical Report NMFS 90. pp. 97-108.
- Taylor, C.C. 1958. Temperature and growth-The Pacific razor clam. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 25:93-101.
- Rodriguez de la Cruz, M.C. 1996. Evaluación de la pesquería de tiburón del Golfo de México. Informe final del proyecto de investigación INP-CONACyT. 198 p.
- 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: D. Prince and L. M. Pulos (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. Miami, Florida, U.S. pp. 167-174.

## Referencias

---

- Secretaría de Industria y Comercio. 1976. Catálogo de peces marinos mexicanos. Subsecretaría de Pesca. INP. 462 p.
- Seki, T. T. Taniuchi, H. Nakano and M. Shimizu. 1998. Age, growth and reproduction of the oceanic whitetip shark from the Pacific ocean. *Fisheries Science* 64 (1): 14-20.
- SEMARNAP. 1999. Anuario estadístico de pesca 1998.
- Simpfendorfer, C.A. 1992. Reproductive strategy of the australian sharpnose shark *Rhizoprionodon taylori* (Elasmobranchii, Carcharhinidae) from Cleveland Bay, Northern Queensland. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 67-75.
- Simpfendorfer, C.A. 1993. Age and growth of the australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from north Queensland, Australia. *Environmental Biology of Fishes* 36: 233-421.
- Siqueiros, B.D.A. 1990. Análisis morfométrico de dos especies de tiburones del género *Carcharhinus* (Blainville, 1816): *C. limbatus* y *C. brevipinna*. En litorales mexicanos. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Smith, S.E. 1984. Timing of vertebral-band deposition in tetracycline-injected leopard sharks. *Transactions of the American Fisheries Society* 113: 308-313.
- Sparre, P. and S.C. Venema. 1992. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte I. Valparaíso, Chile. 250 p.
- SPP. 1981. Atlas nacional físico de México.
- Stevens, J.D. 1975. Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca* L.). *J. Mar. Biol. Ass.* 55: 657-665.
- Tanaka, S; G.M. Cailliet and K.G. Yudin. 1990. Differences in growth of the blue shark, *Prionace glauca*: Technique or population? In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber, and T. Taniuchi (Eds.) *Elasmobranchs as a living resources: advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the status of Fisheries*. U. S. Dept. Commerce, NOAA Technical Report NMFS 90: 1-16.
- Tolentino, V.A. 1995. Determinación de la edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), (Elasmobranchii, Sphyrnidae) en el Pacífico central mexicano. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Tovar, A.J. 1995. Biología y pesquería del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) de las aguas de Veracruz y Tamaulipas, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 95 p.
- Uribe, M.J.A. 1990. Guía de campo para la identificación de especies de tiburones y cazones de la Sonda de Campeche. INP, Doc. de Trabajo 23. 48 p.
- Walker, T.I; R.A. Officer; J.G. Clement and L.P. Brown. 1995a. Project overview, vertebral structure and formation of growth-increment bands used for age determination. Southern shark age validation: Part 1, final report, FRDC. Dept. of conservation and natural resources. Australia.

## Referencias

---

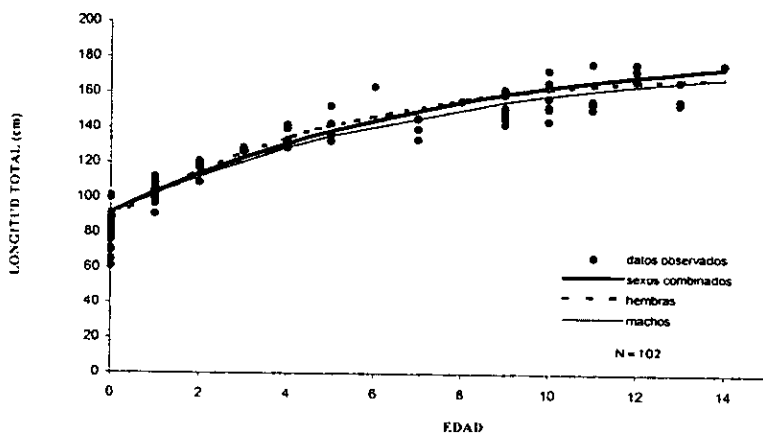
Walker, T.I.; B.L. Taylor; R.J. Hudson and J.P. Cottier. 1995b. Phenomenon of apparent change of growth rate in gummy shark (*Mustelus antarcticus*) harvested by gill-nets and hooks off southern Australia. Southern shark age validation: Part 3, final report, FRDC. Dept. of conservation and natural resources. Australia. 78 pp.

Wintner, S. P. and G. Cliff. 1996. Age and growth determination of the blacktip shark *Carcharhinus limbatus*, from the east coast of South Africa. Fishery Bulletin 94(1): 135-144.

Zavala, G. 1993. Descripción de la pesquería del tiburón, durante la temporada de Pampanillo de 1992-1993, en Chachalacas, Veracruz, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 60 p.

Zeiner, S.J. and P. Wolf. 1993. Growth characteristics and estimates of age at maturity of two species of skates (*Raja binoculata* and *R. rhina*) from Monterey Bay, California. In: S. Branstetter (de.) Conservation Biology of elasmobranchs. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 115.

CURVAS DE CRECIMIENTO ESTIMADAS PARA *Carcharhinus limbatus* MEDIANTE EL METODO DE FORD WALFORD



PARAMETROS DE CRECIMIENTO ESTIMADOS PARA *C. limbatus* MEDIANTE EL METODO DE FORD-WALFORD<sup>1</sup> Y GULLAND Y HOLT<sup>2</sup> (PROMEDIOS)

	$L_{\infty}^1$	$k^1$	$k^2$	$t_0^2$	N
HEMBRAS	176.47	0.24	0.19	-3.6	49
MACHOS	184.96	0.22	0.13	-5.1	52
COMBINADOS	193.85	0.18	0.12	-5.1	102