



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

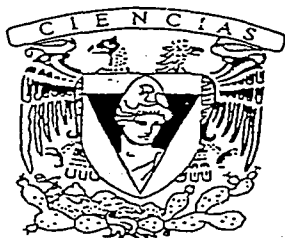
180

FACULTAD DE CIENCIAS

"DETERMINACIÓN DE LA EDAD DEL TIBURÓN MAKO,
ISURUS OXYRINCHUS, CAPTURADO EN LAS
COSTAS DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A:
MARIA CONSTANZA RIBOT CARBALLAL

DIRECTOR DE TESIS:
DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2002



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Determinación de la edad del tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*, capturado
en las costas de Baja California Sur, México".

realizado por Ribot Carballal María Constanza

con número de cuenta 9677081-2 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dr. Felipe Galván Magaña

Propietario

M. en C. Javier Tovar Avila

Propietario

Biólogo José Ignacio Fernández Méndez

Suplente

Bióloga Sandra Rita Soriano Velásquez

Suplente

M. en C. María del Pilar Torres García

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

DRA. PATRICIA RAMOS MORALES

DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA



A Reyna María Alvarado Castillo

por la dirección de esta tesis, por sus consejos y paciencia

Descansa en paz

In memoriam

*A mi Mamá Cristina Carballal Roman
por haber sido siempre un ejemplo para mi
y darme fuerzas para seguir adelante*

*A mi Papá Carlos Ribot Aguerri
porque a pesar de la distancia siempre
me apoyó a seguir con mis estudios*

AGRADECIMIENTOS

A Roberto López Espinosa de los Monteros por su amor incondicional, sobretodo por su **paciencia** y por apoyarme en la realización de este trabajo. Sinceramente, gracias por dedicar tu tiempo en esto.

Al Dr. Felipe Galván Magaña, Dr. Casimiro Quiñónez Velásquez, Dra. Guadalupe Carballal Román, M. en C. Roberto Félix Uruga, Biol. Antonio Sánchez de Ita, por sus valiosos consejos para la elaboración de esta tesis

A Teresa Sosa Rodríguez por su gran ayuda y por el tiempo que dedicó para la finalización de este trabajo.

A mis amigos Rodrigo Planter, Daniel Velásquez, Roberto Arreola y Diego Ruiz por haber estado siempre cuando los necesite, y por hacer más amena mi estancia en el DF.

A todas las personas que no menciono pero que contribuyeron de manera importante a la realización de este trabajo

A los que fueron y siguen siendo mis sinceros amigos

RESUMEN

Para determinar la edad en el tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*, se analizaron 48 muestras de vértebras de 89 organismos capturados en dos campos pesqueros en la costa occidental de Baja California Sur, durante los años 2000 y 2001. Se encontró una relación lineal entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos, lo que indicó una proporcionalidad en el crecimiento de ambas variables justificando la utilización de la vértebra para la determinación de la edad. Para la lectura de las bandas de crecimiento, las vértebras se seccionaron en cortes desde 0.3 a 0.5 mm. La formación de éstas bandas se validó a través del seguimiento del borde de la vértebra (hialino u opaco), encontrando que las bandas de crecimiento se forman de manera periódica y anual, y son representadas por un anillo opaco y otro hialino. La estructura de tallas para el tiburón mako en Baja California Sur abarcó desde los 89 cm a los 267 cm de longitud total (LT). La estructura de edades, estuvo representada por 14 grupos de edad siendo los grupos 3 y 4 los que se presentaron con mayor frecuencia con un intervalo de talla de 91-130 cm LT. El tiburón mako capturado en las costas de Baja California Sur incluyó sólo organismos juveniles.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	5
Estudios realizados sobre edad y crecimiento en elasmobranquios.	5
Descripción de <i>Isurus oxyrinchus</i> (Mako).....	6
Distribución de <i>Isurus oxyrinchus</i>	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	11
OBJETIVOS.....	14
Objetivo general.....	14
Objetivos particulares.....	14
MATERIAL Y MÉTODO.....	15
Trabajo de campo.	15
Trabajo de laboratorio.	16
Procesamiento de datos.	18
<i>Relación entre las medidas morfométricas.</i>	18
<i>Relación del radio de la vértebra vs longitud total de los organismos.</i>	18
<i>Validación.</i>	19
<i>Estructura de tallas y edades.</i>	20
RESULTADOS.....	21
<i>Estructura de tallas.</i>	21
<i>Relación entre las medidas morfométricas.</i>	22
<i>Relación del radio de la vértebra vs longitud total de los organismos.</i>	25

<i>Validación</i>	26
<i>Lecturas de bandas de crecimiento en las vértebras</i>	27
<i>Estructura de edades</i>	28
DISCUSIÓN.....	31
<i>Relación entre las medidas morfométricas</i>	31
<i>Relación del radio de la vértebra vs. longitud total de los organismos</i>	31
<i>Validación</i>	31
<i>Lectura de bandas de crecimiento en las vértebras</i>	32
<i>Estructura de tallas y edades</i>	33
CONCLUSIONES.....	36
RECOMENDACIONES	37
LITERATURA CITADA.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Tiburón mako, <i>Isurus oxyrinchus</i>	8
Figura 2.- Distribución del tiburón mako, <i>Isurus oxyrinchus</i>	10
Figura 3.- Mapa de las localidades de muestreo.....	12
Figura 4.- Medidas morfométricas obtenidas del tiburón mako.....	15
Figura 5.- Corte longitudinal de vértebra de <i>Isurus oxyrinchus</i>	17
Figura 6.- Distribución de frecuencias de tallas de los organismos registrados.....	22
Figura 7.- Distribución mensual de frecuencias de tallas de los organismos.....	23
Figura 8.- Relación entre las medidas morfométricas.....	24
Figura 9.- Relación entre el radio de la vértebra y la LT.	25
Figura 10.- Frecuencia de aparición de bordes opacos-hialinos y su relación con al temperatura superficial del mar.....	27
Figura 11.- Distribución de frecuencias de grupos de edades de organismos de tiburón mako, <i>Isurus oxyrinchus</i> , en Baja California Sur.....	29
Figura 12.- Distribución mensual de frecuencias de grupos de edades.....	30

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Prueba para dos pendientes de la relación.....	26
Tabla II. Prueba para dos elevaciones de la relación.....	26
Tabla III. Tabla edad-longitud para asignar edades.....	28

INTRODUCCIÓN

De las 350 especies de elasmobranquios existentes en el mundo, alrededor de 100 se han observado en aguas de México (Applegate *et al.*, 1979). Con base en las capturas comerciales de tiburón se ha determinado que 40 especies son explotadas comúnmente en ambos litorales. La pesca del tiburón en las costas de México constituye fundamentalmente una pesquería artesanal ribereña multiespecífica, la cual opera de acuerdo a la disponibilidad estacional del recurso (Castillo, 1992). La captura nacional se ha mantenido relativamente estable en los litorales del Atlántico y Pacífico durante los últimos años en alrededor de 35 mil toneladas anuales (Castillo, 1990).

La captura de elasmobranquios representa el 0.8 % de la producción mundial, y para México el 2.4 % de la captura nacional. En proporción para el estado de Baja California Sur, las capturas representan el 3.5 % de la producción estatal (Villavicencio, 1996).

La mejor época de pesca de elasmobranquios en Baja California Sur se presenta en primavera y verano, principalmente por tres razones: a) Es la temporada en que las condiciones climáticas son menos extremas y permiten la operación de embarcaciones fuera de las áreas protegidas del océano Pacífico y Golfo de California; b) Durante primavera y verano las especies se aproximan y concentran en la zona costera con fines reproductivos, y c) Durante esas temporadas disminuyen las capturas de langosta y abulón, y los pescadores del sector cooperativista se dedican a la pesca de tiburón (Villavicencio, 1996).

Actualmente existe una creciente preocupación acerca de las capturas de tiburones pelágicos alrededor del mundo. A nivel mundial se ha registrado una disminución de las capturas de elasmobranquios debido a la sobre-pesca de organismos adultos y juveniles (Bonfil, 1994); situación que ha preocupado a pescadores, sector gubernamental, investigadores y grupos no gubernamentales (Villavicencio, 1996).

Los tiburones son fácilmente sobre-explotados ya que se caracterizan por poseer un crecimiento lento, madurez tardía y fecundidad baja (Castro *et al.*, 1999; Villavicencio, 1996). Esto puede tener significantes implicaciones en el rendimiento reproductivo ya que no permite que los tiburones alcancen la talla para su reproducción. Los efectos directos de la pesca pueden resultar en cambios en la abundancia, estructura de talla, parámetros de la historia de vida (ej.: fecundidad) y pueden llevar hasta la extinción. Los efectos indirectos involucran las interacciones tróficas a nivel de comunidad produciendo un efecto sobre el ecosistema debido a que los tiburones son los reguladores de las poblaciones pelágicas (Stevens *et al.*, 2000).

En México existe poco conocimiento sobre la situación pesquera y biológica (edad, crecimiento, reproducción y alimentación) de las especies de tiburones (Villavicencio, 1997), debido a que muchas especies son difíciles de muestrear por su gran tamaño, presentan mucha movilidad, son estacionales, o de poco valor comercial. Una de las especies más importantes de tiburones en la pesca recreacional y comercial es el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) (Heist *et al.*, 1996), el cual también es capturado incidentalmente en la pesquería de pez espada y de atún. Sin embargo, existe muy poca información sobre

esta especie y los escasos datos disponibles sugieren una disminución sustancial de la población (Mollet *et al.*, 2000). La falta de datos precisos sobre edad y crecimiento de los organismos contribuye a que no sea posible aplicar medidas de manejo en la pesquería del tiburón (Hoff y Musick, 1990).

Muchos de los métodos de determinación de edad usados en peces óseos no son aplicables a elasmobranquios. Existen evidencias de que las zonas de crecimiento depositadas en las vértebras son adecuadas para la determinación de la edad de estos organismos y los patrones de calcificación pueden variar considerablemente entre las especies (Applegate, 1967).

En un análisis de vértebras de varios elasmobranquios de las costas de California, que incluye al tiburón mako, Cailliet *et al.* (1983a) encontraron que las zonas de crecimiento son el resultado de dos tipos de marcas concéntricas en las vértebras. Definieron como “anillos” las marcas concéntricas más angostas, y usaron el término “banda” para referirse a las marcas concéntricas anchas compuestas por grupos de anillos.

Para asumir que las vértebras son buenos indicadores de la edad hay tres supuestos que deben cumplirse: a) Que el crecimiento del esqueleto cartilaginoso calcificado ocurra por un proceso de depositación, y no haya indicaciones de remoción o reabsorción; b) Que el incremento corporal este acompañado de un aumento en el tamaño de las vértebras, y c) Que los patrones de bandas visibles con rayos X y con otras técnicas sean el resultado de distintas densidades, las cuales se deban a diferencias en la mineralización que ocurre

durante distintas fases del crecimiento (Cailliet *et al.*, 1983a). Al existir alternancia de anillos hialinos y opacos en las vértebras durante el crecimiento (Radtke y Cailliet, 1984), y al presentarse una periodicidad regular que puede ser demostrada para la formación de estos anillos a través de la vida del individuo, las vértebras pueden ser utilizadas para determinar la edad de estos organismos (Beamish y McFarlane, 1983). La correcta interpretación de los registros de depositación depende del entendimiento de los factores y procesos fisiológicos que influyen en el crecimiento y la formación de las bandas de crecimiento en las vértebras de los organismos (Casselman, 1983).

ANTECEDENTES

Estudios realizados sobre edad y crecimiento en elasmobranquios.

La determinación de edad en peces óseos comenzó en 1759 analizando las bandas de crecimiento en una variedad de estructuras esqueléticas como escamas, espinas, otolitos, huesos de la cabeza, o vértebras (Schwartz, 1983). Los elasmobranquios presentan pocas partes duras por lo cual resulta difícil determinar la edad.

Estudios sobre edad y crecimiento en tiburones indican que un anillo opaco (calcificado) y uno hialino (menos calcificado) se forman anualmente en la vértebra (Branstetter *et al.*, 1987). Contrario a esto, ciertos lámnidos pueden producir dos pares de anillos anualmente (Pratt y Casey, 1983).

Se ha sugerido que la formación de las bandas de crecimiento está directa o indirectamente influenciada por cambios estacionales en luz y/o temperatura y pueden ser factores controladores importantes en su formación. Las fluctuaciones estacionales, lunares y diurnas en los niveles de calcio corresponden a los tiempos de formación de anillos en escamas y otolitos de muchos teleósteos. Así, los estímulos estacionales pueden variar las tasas de incorporación de calcio y fósforo en los elasmobranquios (Branstetter, 1987a). También se considera que las variaciones en los patrones de crecimiento en las especies dependen de factores como la disponibilidad de alimento, la densidad de la población, el estado general de salud, entre otros (Thorson y Lacy, 1982).

Pratt y Casey (1983) estimaron la edad de tiburones mako del Atlántico Norte y reportaron los parámetros de crecimiento a través de experimentos de marcado, análisis de frecuencia-longitud y conteo de bandas en las vértebras. La hembra de mayor edad en la muestra fue de 11.5 años con 328 cm longitud furcal. El macho de mayor edad fue de 4.5 años con 225 cm longitud furcal. Estos autores consideraron que dos bandas de crecimiento se formaban anualmente. Otro estudio fue realizado por Cailliet *et al.* (1983b) con tiburón mako del Pacífico en el cual utilizaron rayos X para ver los anillos de crecimiento en las vértebras y encontraron una relación lineal significativa entre la longitud total de los organismos y el diámetro de las vértebras. Ellos consideraron cada banda de crecimiento como un evento anual, estimando una edad de 17 años al organismo más grande de la muestra (321 cm LT).

Descripción de *Isurus oxyrinchus* (Mako).

El tiburón *Isurus oxyrinchus*, llamado comúnmente mako (Fig. 1), tiene aletas pectorales moderadamente cortas y el origen de la primera aleta dorsal es posterior al extremo libre posterior de las aletas pectorales (Castro, 1983). Presenta cinco aberturas branquiales largas, todas por delante del origen de las aletas pectorales; espiráculos muy pequeños; y boca ampliamente redondeada y notoriamente larga. Dos aletas dorsales muy desiguales, la primera comparativamente grande, su origen situado por detrás de los ángulos internos de las aletas pectorales, con el ápice obtusamente redondeado en juveniles y puntiagudo en adultos. Las aletas pectorales son moderadamente largas y la aleta anal tiene su origen aproximadamente por debajo del punto medio de la base de la segunda dorsal. La aleta caudal es semilunar con el lóbulo ventral fuertemente desarrollado (Fischer *et al.*, 1995).

Los dientes tienen cúspides largas, lisas, delgadas y filosas. Los primeros dos dientes de cada mandíbula son mucho más largos y filosos que el resto (Fig. 1a y b). El color de los especímenes vivos es azul oscuro metálico en la parte dorsal y blanco en la parte ventral. La parte inferior del hocico o morro y el área alrededor de la boca son blancas. El tamaño y peso promedio es 180-250 cm de longitud total y 60-135 Kg. Las hembras pueden alcanzar 380 cm de longitud total y un peso de 570 Kg (Castro, 1983). La longitud máxima reportada es de 396 cm longitud total (Bigelow y Schroeder, 1948; Roedel y Ripley, 1950).

Esta especie se encuentra en el nivel superior de la cadena alimenticia, consumiendo otros peces como pez espada, atún y otros tiburones. Se sabe que mantiene una temperatura muscular elevada, 7-10 °C por encima de la temperatura del agua. Su desarrollo es vivíparo aplacentado. Muy poco se sabe acerca de su reproducción, porque aparentemente las hembras abortan a los embriones durante la captura (Castro, 1983). El tiburón mako macho madura al alcanzar una longitud total de 180 cm, lo cual corresponde a una edad estimada de 7-8 años (Cailliet *et al.*, 1983b; Pratt y Casey, 1983; Mollet *et al.*, 2000). Aparentemente, las hembras maduran a un mayor tamaño que los machos (270-280 cm longitud total) (Cliff *et al.*, 1990). El periodo de gestación probablemente dura entre 15 a 18 meses (Mollet *et al.*, 2000) y las crías tienen una longitud total de 70 cm aproximadamente al momento de nacer (Stevens, 1983). Se cree que el tiburón mako presenta un ciclo reproductivo de 2 a 3 años lo que significa un periodo de descanso de 18 meses (Mollet *et al.*, 2000) y sólo de 2 a 3 periodos de gravidez en toda la vida de la hembra (Pratt y Casey, 1983). La época en la que este tiburón tiene a sus crías abarca desde invierno hasta mediados de primavera en ambos hemisferios (Mollet *et al.*, 2000). Como muchas otras

especies de tiburones, la baja fecundidad de este tiburón lo hace susceptible a la sobrepesca (Mollet *et al.*, 2000) ya que el mako tiene un descendencia de aproximadamente 2 a 4 crías (máximo 16) en una estación, y el reemplazo de los organismos capturados es muy lento (Heist *et al.*, 1996).

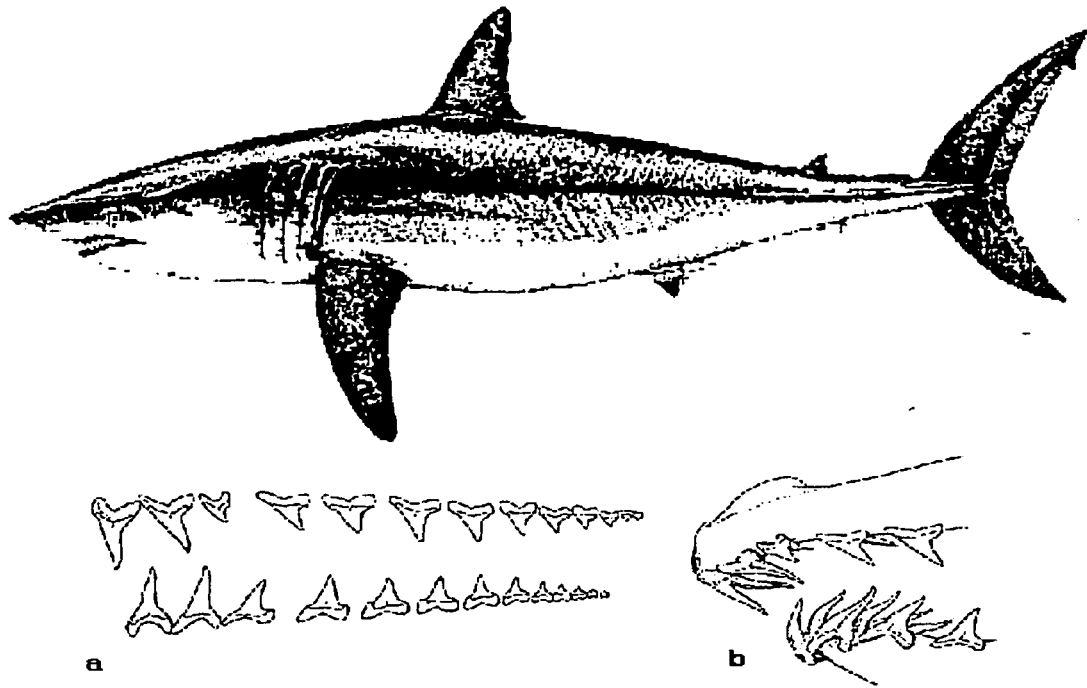


Figura 1.- Tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*. a) dientes de la mandíbula superior e inferior; b) mandíbula (Garrick, 1967).

El mako es importante para las pesquerías de palangres, especialmente debido a la calidad de su carne; también es una de las especies más apreciadas por los pescadores deportivos. Se captura con redes de enmalle, palangres flotantes y con líneas y anzuelos. Su carne es comercializada en fresco, congelada, ahumada y seca-salada para el consumo humano. Además, del hígado se extrae aceite, rico en vitaminas, y la piel se utiliza para la producción de cuero; las aletas se aprovechan para sopas y las mandíbulas como objetos ornamentales (Fischer *et al.*, 1995).

Distribución de *Isurus oxyrinchus*.

Isurus oxyrinchus es una especie pelágica con una distribución mundial en mares tropicales y templados (Fig. 2) (Garrick, 1967). En América del norte se distribuye desde California en el océano Pacífico y los Grandes Bancos en el océano Atlántico hasta el Trópico, incluyendo el Golfo de México (Castro, 1983). Los estudios de marcado en esta especie han documentado movimientos mayores a 1000 Km. Compagno (1984) reportó que el mako tiende a migrar hacia latitudes altas durante los meses cálidos. Casey y Kohler (1992) propusieron que algunos organismos pueden hacer un circuito completo en el Atlántico Norte, desde las costas del Atlántico medio en la primavera, al centro del Atlántico Norte en verano, y hacia el Caribe y Golfo de México en invierno. Esta ruta corresponde con la abundancia de comida y preferencias en la temperatura del agua para la especie.

Ciertos estudios demostraron que el tiburón mako prefiere aguas entre 14 y 22 °C. La complejidad de la estructura termal que presenta el Océano Pacífico permite que este

tiburón realice movimientos transecuatoriales los cuales no realiza en el Océano Atlántico donde se presenta una estructura termal menos dinámica (Heist *et al.*, 1996).

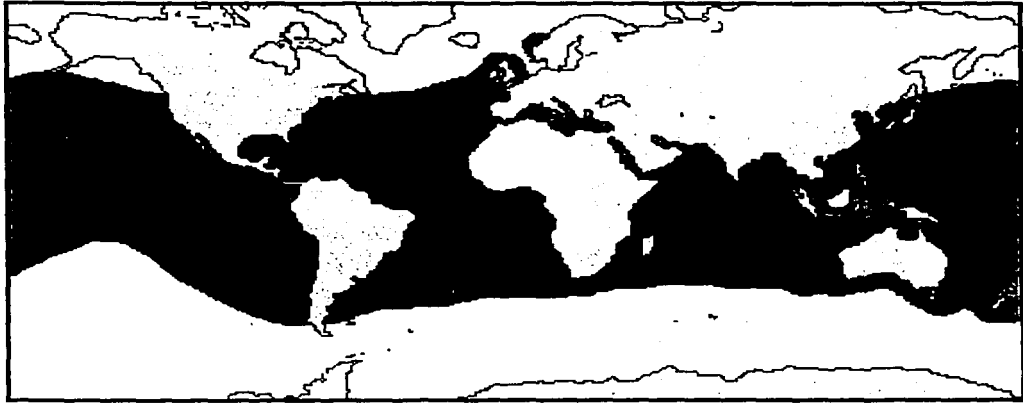


Figura 2.- Distribución del tiburón mako, *Isurus oxyrinchus* (Compagno, 1984).

ÁREA DE ESTUDIO

Las muestras (vértebras) se obtuvieron en dos campos pesqueros, Punta Belcher y Punta Lobos (Fig. 3), en la costa occidental de Baja California Sur, ubicado en la península de Baja California (PBC). Esta península se localiza en el noroeste de México y se extiende entre los paralelos 32° y 22° 30' N. El estado de Baja California Sur ocupa la porción sur de la península en una extensión de 750 Km, con una anchura promedio de 100 Km y 2,200 Km de litoral (De la Cruz Agüero, 1997).

Punta Belcher se localiza en Isla Magdalena entre los 24° 15' y 24° 20' N y los 111° 30' y los 112° 15' O. Esta isla se ubica dentro de un sistema lagunar dividido en tres áreas perfectamente diferenciadas: zona noroeste o zona de canales; zona central, propiamente Bahía Magdalena; y zona sureste o Bahía Almejas. Este complejo comprende un total de 114,600 hectáreas y se encuentra protegido por una serie de islas, entre ellas Isla Magdalena, y barras de arena paralelas a la costa. En general, el clima en esta área es seco y desértico, con un régimen de lluvias entre verano y otoño, que presenta máximos durante verano (De la Cruz-Agüero, 1997). La temperatura promedio anual es de 18-22 °C. En Bahía Magdalena predominan la corriente Norecuatorial y la corriente de California (Arriaga *et al.*, 1998) y se presentan condiciones de surgencias en los primeros meses del año (De la Lanza-Espino, 1991).

Punta Lobos se ubica en los $23^{\circ} 25' N$ y $110^{\circ} 14' O$, en la costa occidental de la PBC la cual presenta características oceanográficas muy particulares originadas por la presencia de la corriente de California, la contracorriente Meridional e intensas surgencias a lo largo de la costa (Gómez y Vélez, 1982).

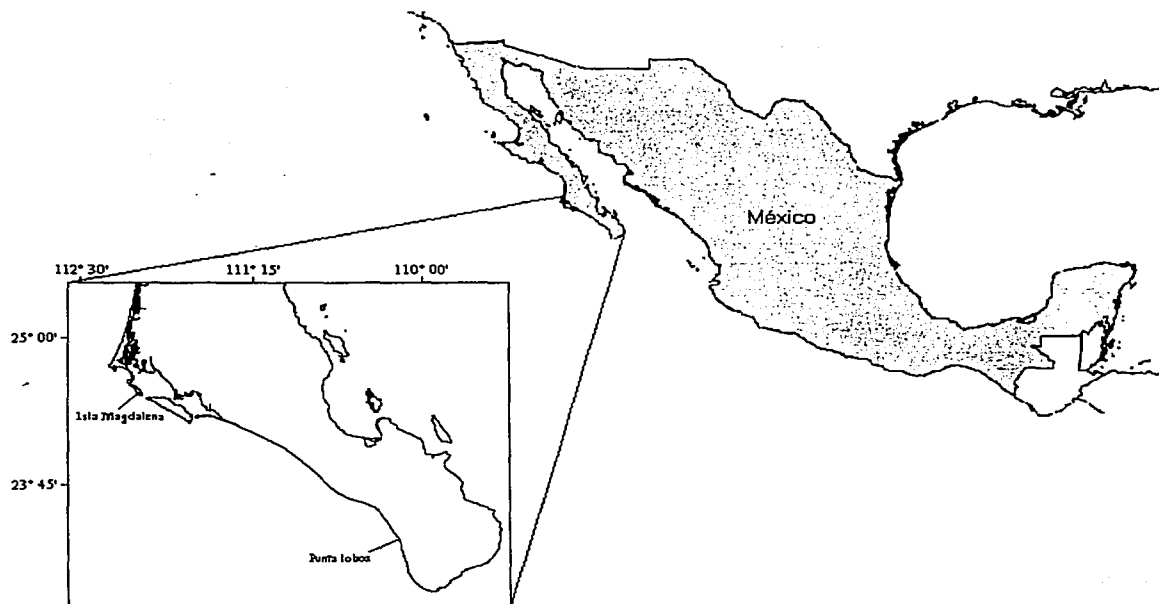


Figura 3.- Mapa de las localidades de muestreo.

Las características de la corriente de California (de baja salinidad y baja temperatura) predominan en la zona de estudio. Sin embargo, cerca de la costa pueden alterarse debido a surgencias y contraflujos (Gómez y Vélez, 1982). La corriente de California, que es débil y lenta, alcanza la parte extrema de la PBC, donde se mezcla con masas de agua del océano Pacífico Ecuatorial y es desviada hacia el oeste. A medida que esta corriente fluye hacia el sur, es calentada y la salinidad se incrementa por evaporación. Finalmente, se mezcla con el agua Ecuatorial, transformándose en parte de las aguas de la corriente Norecuatorial. En la frontera sur de la corriente de California se involucra la influencia del Golfo de California con aguas más cálidas y densas (Parés Sierra *et al.*, 1997).

En la costa occidental de Baja California Sur predomina la corriente de California durante invierno-primavera, mientras que en verano-otoño, predomina la Corriente Norecuatorial (Casas *et al.*, 1996). De acuerdo a Gómez y Vélez (1982), la corriente de California se puede dividir en tres zonas: zona de dominio de la masa de agua subártica, zona de transición y zona de dominio de masa de agua ecuatorial, esta última ubicada frente a Baja California Sur desde Punta Eugenia hasta Cabo San Lucas (Parés Sierra *et al.*, 1997).

Las surgencias son eventos frecuentes en las costas de la PBC. En la zona de dominio Ecuatorial el máximo desarrollo de surgencias se presenta en primavera, asociado a temperaturas y salinidades menores con respecto al promedio anual (Gómez y Vélez, 1982).

OBJETIVOS

Objetivo general.

Determinar la edad del tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*, capturado en las costas de Baja California Sur, México.

Objetivos particulares.

- Describir la estructura de tallas.
- Obtener la relación entre el radio de la vértebra y longitud total del organismo.
- Validar la formación de bandas de crecimiento en las vértebras a través del seguimiento mensual del tipo de borde (opaco o hialino).
- Realizar la asignación de edad mediante la lectura de bandas de crecimiento en los cortes longitudinales de las vértebras.
- Describir la estructura de edades.

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo.

Las vértebras fueron obtenidas de los organismos capturados en dos campos pesqueros (Punta Belcher y Punta Lobos) en Baja California Sur en el año 2000 y 2001. En estas dos localidades es donde se tiene un mayor registro de capturas de la especie y la pesca ribereña se realiza a través de palangres que son colocados utilizando embarcaciones menores (pangas).

De los organismos desembarcados se tomaron medidas de longitud precaudal (LP), furcal (LF), y total (LT) (Fig. 4), usando una cinta métrica graduada en milímetros. También se

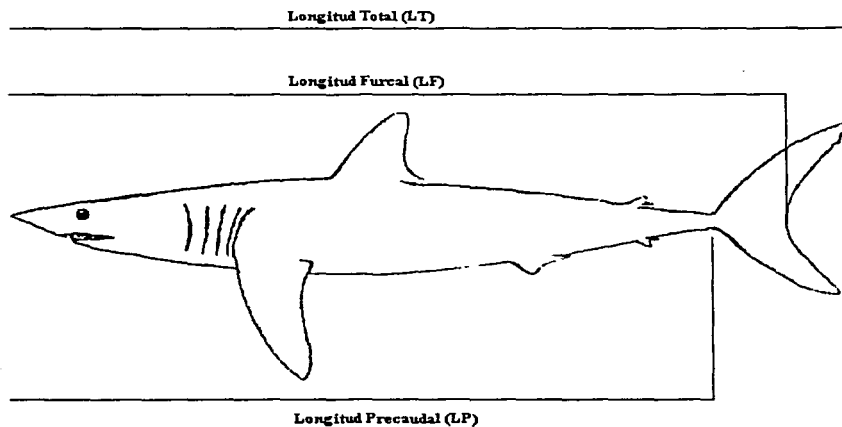


Figura 4.- Medidas morfométricas obtenidas del tiburón mako.

registró el sexo del individuo y estado de madurez, este último se hizo en los machos considerando el grado de calcificación del clasper, presencia de semen y flexibilidad; mientras que en las hembras se observó el tamaño de los ovocitos, la presencia de embriones o marcas de apareamiento que indicaran que ya había alcanzado la madurez sexual.

Las vértebras se extrajeron de la parte anterior de la columna del organismo, con ayuda de un cuchillo y se colocaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas, se mantuvieron en hielo y una vez en el laboratorio se congelaron a -20°C .

Trabajo de laboratorio.

Las vértebras se descongelaron y se limpiaron removiendo el arco neural y el tejido conjuntivo con ayuda de un cuchillo y pinzas. Una vez limpias se dejaron secar al aire libre durante 24 hrs. aproximadamente, evitando que las vértebras se deformaran por deshidratación. Posteriormente fueron incluidas en resina sintética industrial (8224) y se montaron en una pequeña madera para fijarla y realizar los cortes con una cortadora Buehler, modelo Isomet, variando el grosor entre 0.3 mm y 0.5 mm para obtener una buena visualización de las bandas de crecimiento. Los cortes se montaron en portaobjetos de vidrio y se cubrieron con resina Cytoseal XYL (Cailliet *et al.* 1983a).

La lectura de las bandas de crecimiento se realizó a través de un equipo video digitalizador que consta de un estereoscopio, una cámara Sony modelo CCD-IRIS que transmite la

imagen a un monitor y a una computadora. El radio de las vértebras se midió con la ayuda del programa Sigma Scan Pro 4.0.

La lectura de las bandas de crecimiento se inició con el grupo de edad cero, contando desde el foco hacia el borde de la estructura calcárea, siendo el primer anillo hialino la marca de nacimiento según Cailliet *et al.* (1983b) (Fig. 5). Los conteos de las bandas de crecimiento



Figura 5.- Corte longitudinal de vértebra de *Isurus oxyrinchus*.

se efectuaron entre dos personas para reducir el sesgo en las lecturas, en caso de no llegar a un acuerdo entre los dos lectores las muestras fueron desechadas. También se registró el tipo de borde (opaco o hialino).

Se identificaron anillos falsos, similares a los anillos de crecimiento, pero asociados a bandas incompletas o irregulares encontrándose sólo en una parte de la estructura. Aunque estos anillos son a veces prominentes, no están asociados con bandas que se forman durante la principal reducción o suspensión anual en el crecimiento (Casselman, 1983) por lo que no se consideraron en la determinación de la edad de los organismos.

Procesamiento de datos.

Relación entre las medidas morfométricas.

Durante los muestreos, en algunos casos, no fue posible obtener todas las medidas morfométricas de los organismos (LT, LF y LP). Con el fin de completar la información, se realizaron regresiones lineales ($y=a+bx$) entre las medidas morfométricas y se obtuvieron los coeficientes de determinación (r^2), para cada regresión.

Relación del radio de la vértebra vs longitud total de los organismos.

Los datos del radio de la vértebra y la longitud total de los organismos se ajustaron a una regresión de tipo lineal:

$$LT = bR+a$$

Donde LT es la longitud total del organismo, R el radio de la vértebra, a y b son la ordenada al origen y la pendiente respectivamente. A partir de la cual se calculó el coeficiente r^2 .

Con el fin de encontrar posibles diferencias entre hembras y machos para esta relación (radio vertebral vs LT) se realizó una prueba de elevaciones y pendientes (Zar, 1984).

Comparación de dos pendientes:

$$t = \frac{(\sum x_1 y_1 / \sum x_1^2) - (\sum x_2 y_2 / \sum x_2^2)}{\sqrt{\sum ((s^2_{y,x})_p / \sum x_1^2) + ((s^2_{y,x})_p / \sum x_2^2)}}$$

Comparación de dos elevaciones:

$$t = \frac{(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2) - b_c (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{(s^2_{y,x})_c \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{A_c} \right]}}$$

Validación.

Para determinar la periodicidad de la formación de las bandas de crecimiento se calculó para cada mes el porcentaje de vértebras con borde hialino y opaco (Fitch, 1951) y se analizó la relación entre el tipo de borde y la temperatura superficial del mar utilizando un promedio de las temperaturas registradas para la zona de estudio (Reynolds, 1994).

Estructura de tallas y edades.

Se elaboró una tabla de edad-longitud (Holden y Raitt, 1975) para asignar una edad a los organismos que fueron medidos pero que no se pudo obtener una muestra de las vértebras.

Para obtener la estructura de tallas y edades se realizaron histogramas mensuales de frecuencia de aparición. Las tallas se agruparon por intervalos de 10 cm.

RESULTADOS

Los muestreos se realizaron mensualmente desde agosto del 2000 hasta septiembre del 2001, registrándose 89 organismos y obteniendo vértebras sólo de 48 de ellos debido a que en algunos casos no se pudo tener acceso a las mismas. Todas las vértebras utilizadas para la realización de este trabajo fueron cervicales debido a que sólo se logró extraer éstas en la mayoría de los casos.

Estructura de tallas.

En los datos obtenidos se encontró que el macho más pequeño capturado fue de 89 cm LT y el más grande de 207 cm LT, mientras que la hembra más pequeña fue de 95 cm LT y la más grande de 181 cm LT. El organismo más grande registrado fue de 267 cm LT sin embargo, no se determinó el sexo debido a las condiciones en las que se presentaba el individuo. La talla promedio fue de 135 LT para ambos sexos (Fig. 6).

Durante los 14 meses de muestreo, en el mes de Julio se registró el mayor número de organismos en las capturas (Fig. 7). Sin embargo, se observó que en todos los meses los organismos capturados fueron juveniles ya que, por un lado, los machos presentaban ausencia de semen, el clasper no calcificado ni flexible, mientras que en el caso de las hembras no se observó la presencia de embriones o marcas de apareamiento, además de que presentaron una talla mucho menor a la reportada para el mako hembra adulto (270-280 cm LT) (Cailliet *et al.*, 1983b; Pratt y Casey, 1983; Mollet *et al.*, 2000). Durante Noviembre, Abril y Junio no se registraron capturas de esta especie. El organismo más pequeño (89 cm

LT) se capturó en el mes de Septiembre del 2001, mientras que el más grande (267 cm LT) fue capturado en el mes de Agosto en el mismo año.

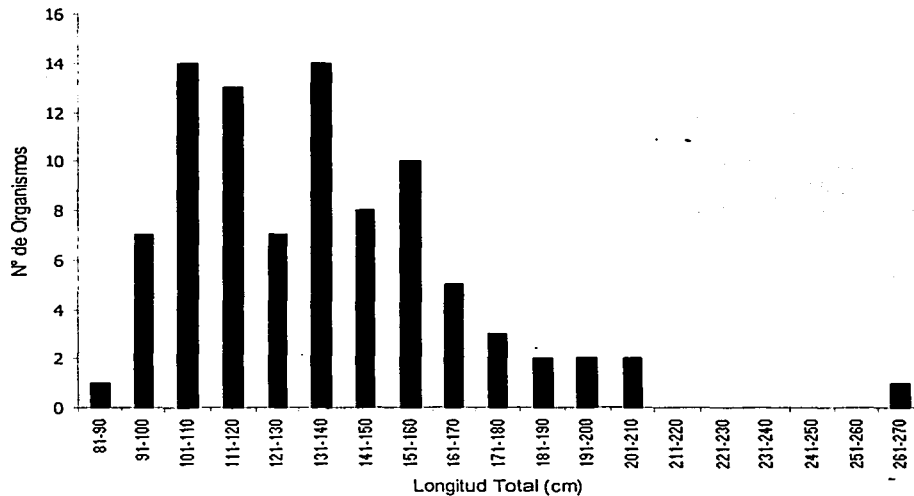


Figura 6.- Distribución de frecuencias de tallas de los organismos registrados (n = 89).

Relación entre las medidas morfométricas.

La relación entre la longitud total y precaudal, longitud total y furcal, longitud precaudal y furcal fue de tipo lineal en los tres casos (Fig. 8).

El coeficiente de determinación (r^2) fue significativo ($P < 0.05$) en las tres relaciones, por lo que cualquiera de éstas puede ser utilizada para obtener información confiable. El coeficiente más alto (0.984) se obtuvo en la relación lineal encontrada para LF vs LP, sin embargo la diferencia con los coeficientes para las otras dos relaciones fue mínima.

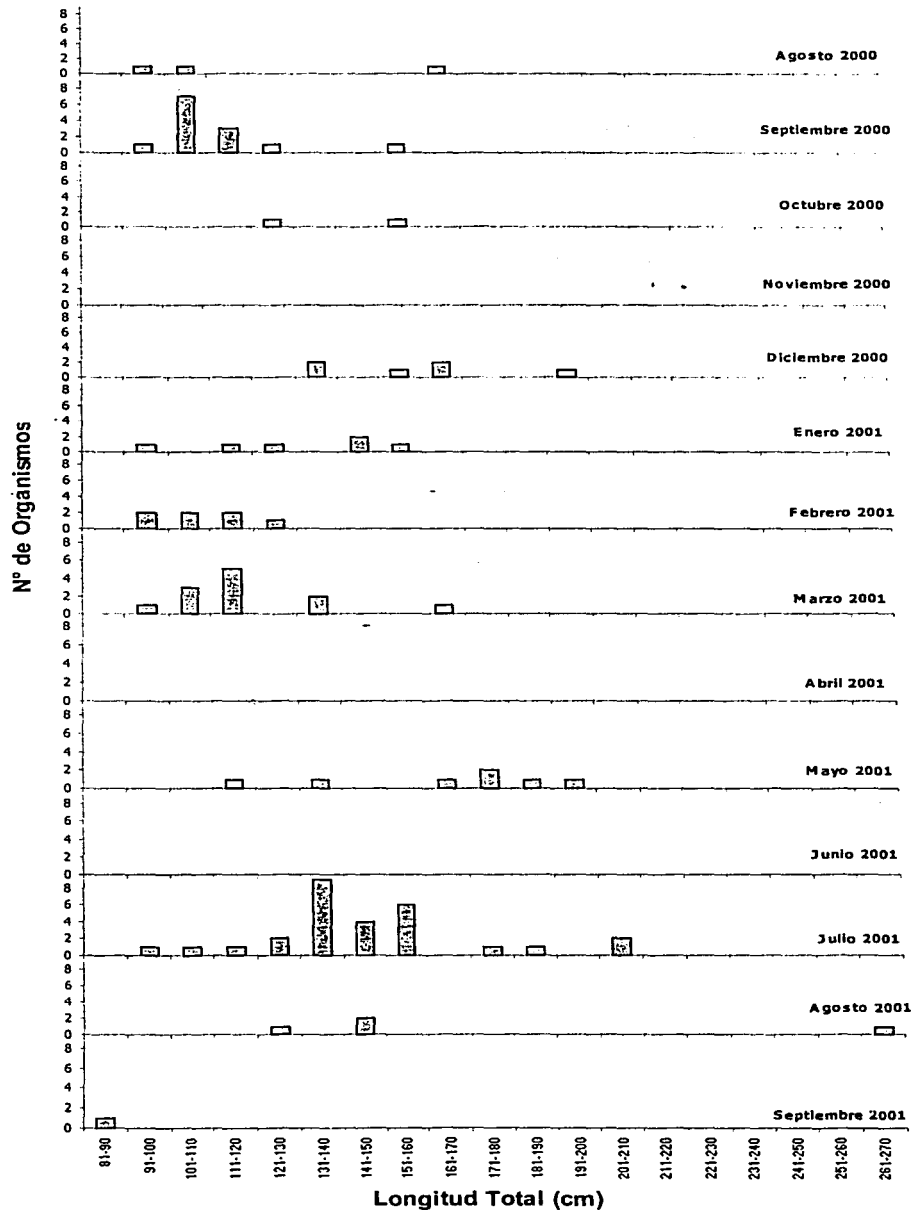


Figura 7.- Distribución mensual de frecuencias de tallas de los organismos (n=89).

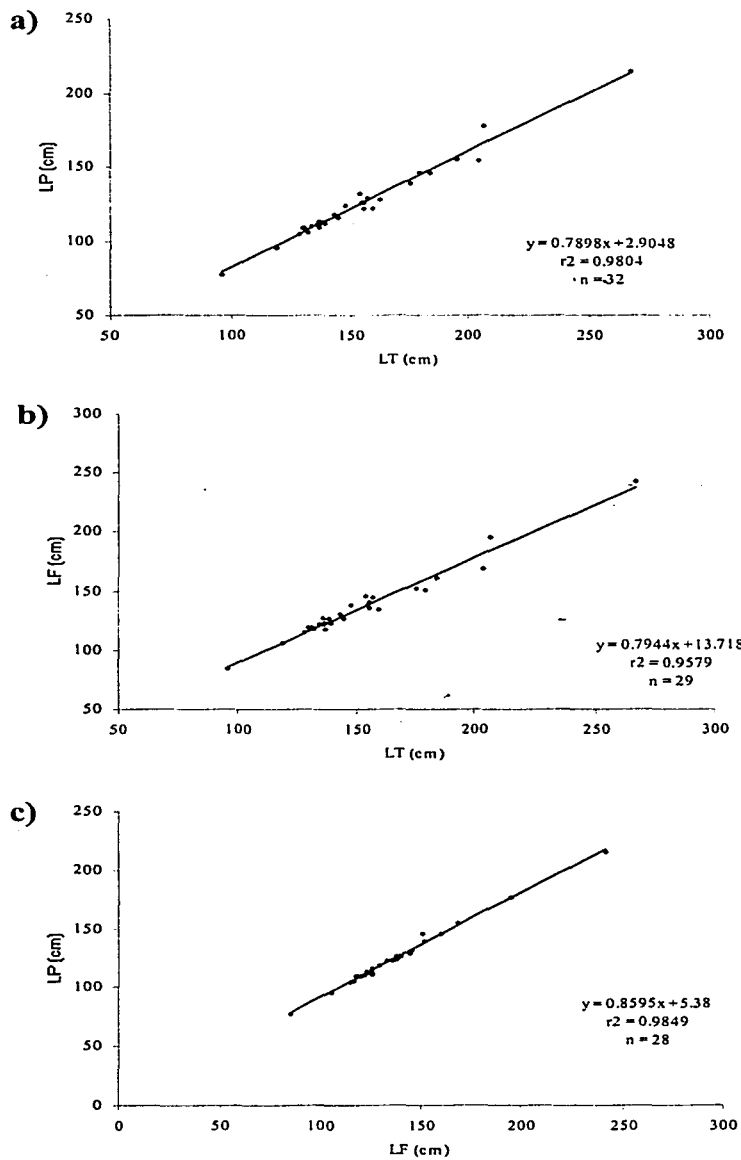


Figura 8.- Relación entre las medidas morfométricas. a)LT vs LP; b)LT vs LF y c) LF vs LP.

Relación del radio de la vértebra vs longitud total de los organismos.

Al relacionar el radio de la vértebra con la longitud total de los organismos se observó que existe una tendencia lineal (Fig. 9). El coeficiente de determinación (r^2) obtenido fue de 0.884 indicando una relación directamente proporcional entre las dos variables.

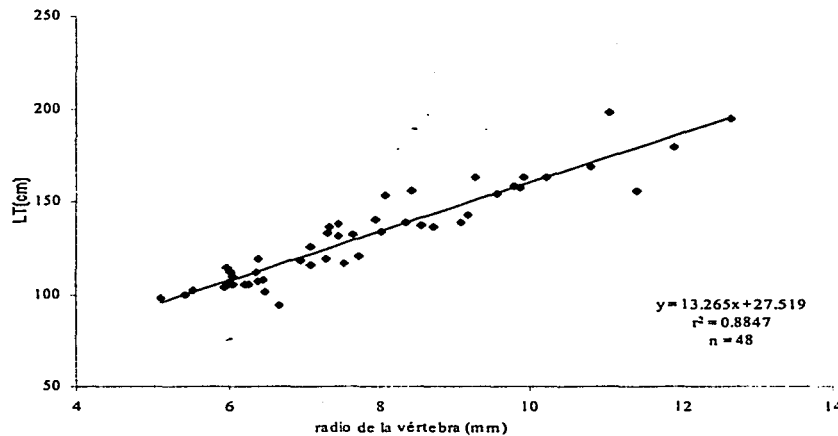


Figura 9.- Relación entre el radio de la vértebra y la LT.

Las relaciones LT vs radio vertebral para las hembras y machos no presentan diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), entre ambas por lo que todos los análisis en este trabajo se realizaron combinando los sexos (Tablas I y II).

Tabla I. Prueba para dos pendientes de la relación
radio de la vértebra vs LT.

Hembras	Machos	t calculada	t teórica
b = 12.234	b = 13.855	-1.031	2.016
n = 20	n = 27		

Al ser la t calculada menor que la t teórica ($-1.031 < 2.016$) no existe evidencia estadística para rechazar la H_0 (ambas relaciones con la misma pendiente y ordenada) por lo tanto se considera que las pendientes de la relación radio de la vértebra vs LT para hembras y machos son iguales.

Tabla II. Prueba para dos elevaciones de la relación
radio de la vértebra vs LT.

Hembras	Machos	t calculada	t teórica
a = 33.424	a = 24.407	-0.9367	2.016
n = 20	n = 27		

La prueba de elevaciones también mostró que no había evidencia significativa ($P > 0.05$) para rechazar la H_0 por lo que se asume que las elevaciones son iguales.

Validación.

Se observó que los bordes opacos predominaron en los meses de Agosto a Diciembre mientras que en los meses de Enero a Julio se presentó un aumento en la frecuencia de bordes hialinos, lo cual sugiere que la formación de las bandas de crecimiento es anual. Cabe mencionar que la aparición de los borde hialinos coincide con las bajas temperaturas

del mar, mientras que la aparición de los bordes opacos corresponde a los meses donde la temperatura es mayor (Fig. 10).

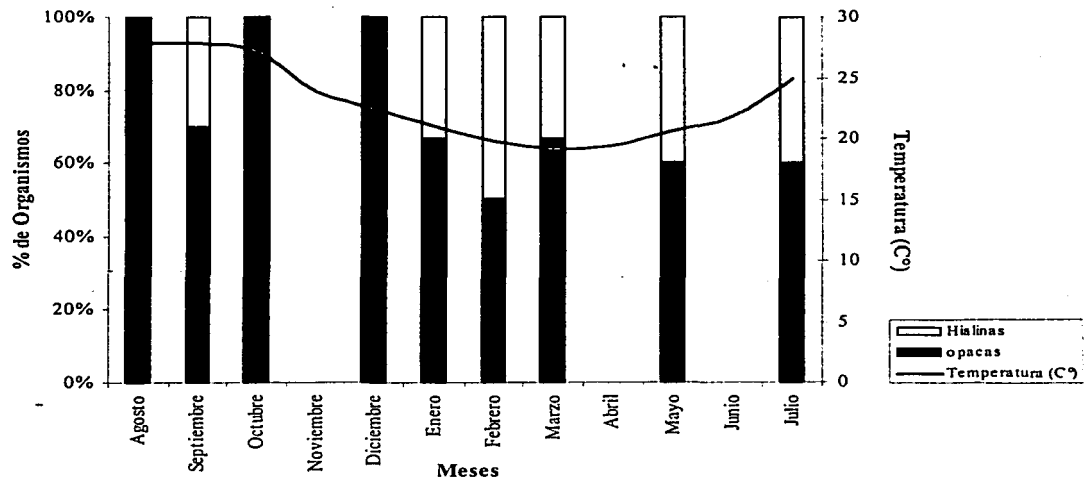


Figura 10.- Frecuencia de aparición de bordes opacos-hialinos y su relación con al temperatura superficial del mar.

Lecturas de bandas de crecimiento en las vértebras.

Con base en los estudios de edad y crecimiento realizados por Cailliet *et al.* (1983b), se identificó el primer anillo hialino como la marca de nacimiento y en el 100% de los casos coincidió con el cambio de ángulo en la estructura calcárea. Esta anillo hialino se contabilizó como grupo de edad cero.

Estructura de edades.

Se determinó la edad de los 48 organismos, y a través de la tabla de edad-longitud (Tabla III) se pudo asignar una edad a 35 de los organismos registrados. Se estimó la edad de 83 organismos en total.

Tabla III. Tabla edad-longitud para asignar edades.

Intervalos de tallas (cm)	Total de organismos n = 48	Grupos de edad													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
91-100	3		0.7	0.3											
101-110	10	0.4	0.4	0.2											
111-120	8		0.3	0.4	0.4										
121-130	2			0.5		0.5									
131-140	11				0.4	0.5		0.1		0.1					
141-150	1								1						
151-160	6						0.2	0.3		0.2	0.3				
161-170	4							0.3	0.3			0.5			
171-180	1											1			
181-190															
191-200	2												0.5	0.5	

Proporciones de cada grupo de edad para cada intervalo de talla

Se definieron 14 grupos de edad, siendo los más frecuentes los grupos 3 y 4, mientras que los grupos 13 y 14 fueron los que se presentaron con menor frecuencia seguidos por el grupo 7 (Fig. 11).

En el mes de Julio es cuando se presentaron organismos de diferentes grupos de edad, abarcando un mayor intervalo que en otros meses. El organismo de mayor edad se encontró en el mes de mayo del 2001 siendo de una talla de 195 cm LT con una edad estimada de 14

años. En los meses de Septiembre del 2000 y Febrero del 2001 se registraron los organismos más pequeños los cuales representaron al grupo de edad 2 (Fig. 12).

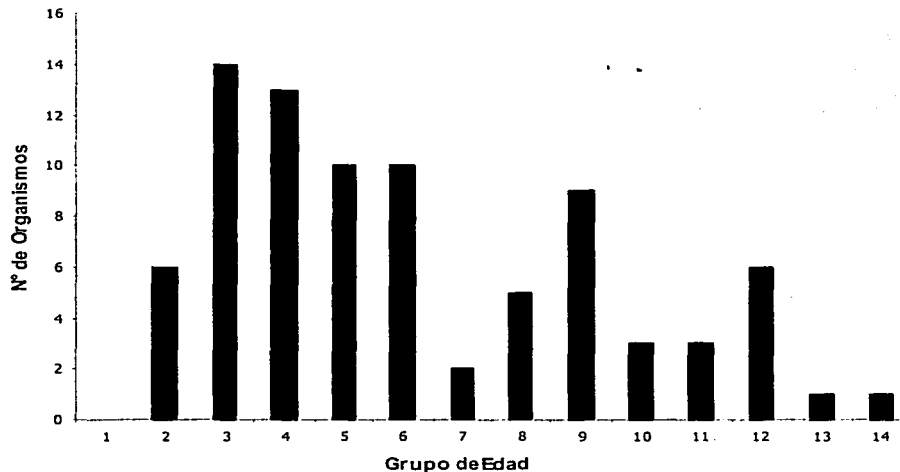


Figura 11.- Distribución de frecuencias de grupos de edades de organismos de tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*, en Baja California Sur (n=83).

Las muestras utilizadas en este trabajo fueron de organismos con tallas entre los 94 y 198 cm LT, debido a esto, sólo se pudo asignar una edad a los organismos que se encontraron dentro de este intervalo a través de una tabla edad-longitud, siendo la causa de que el organismo de mayor talla (267 cm LT) capturado en el mes de Agosto del 2001, no fuera incluido en las estimaciones de edad, además de 2 organismos con tallas de 204 y 207 cm LT. Por las mismas razones el organismo más pequeño (89 cm LT) tampoco fue incluido en estos análisis. Dos individuos que presentaron una talla de 181 y 184 cm LT no se les asignó una edad ya que tampoco se obtuvo una muestra dentro del intervalo 181-190.

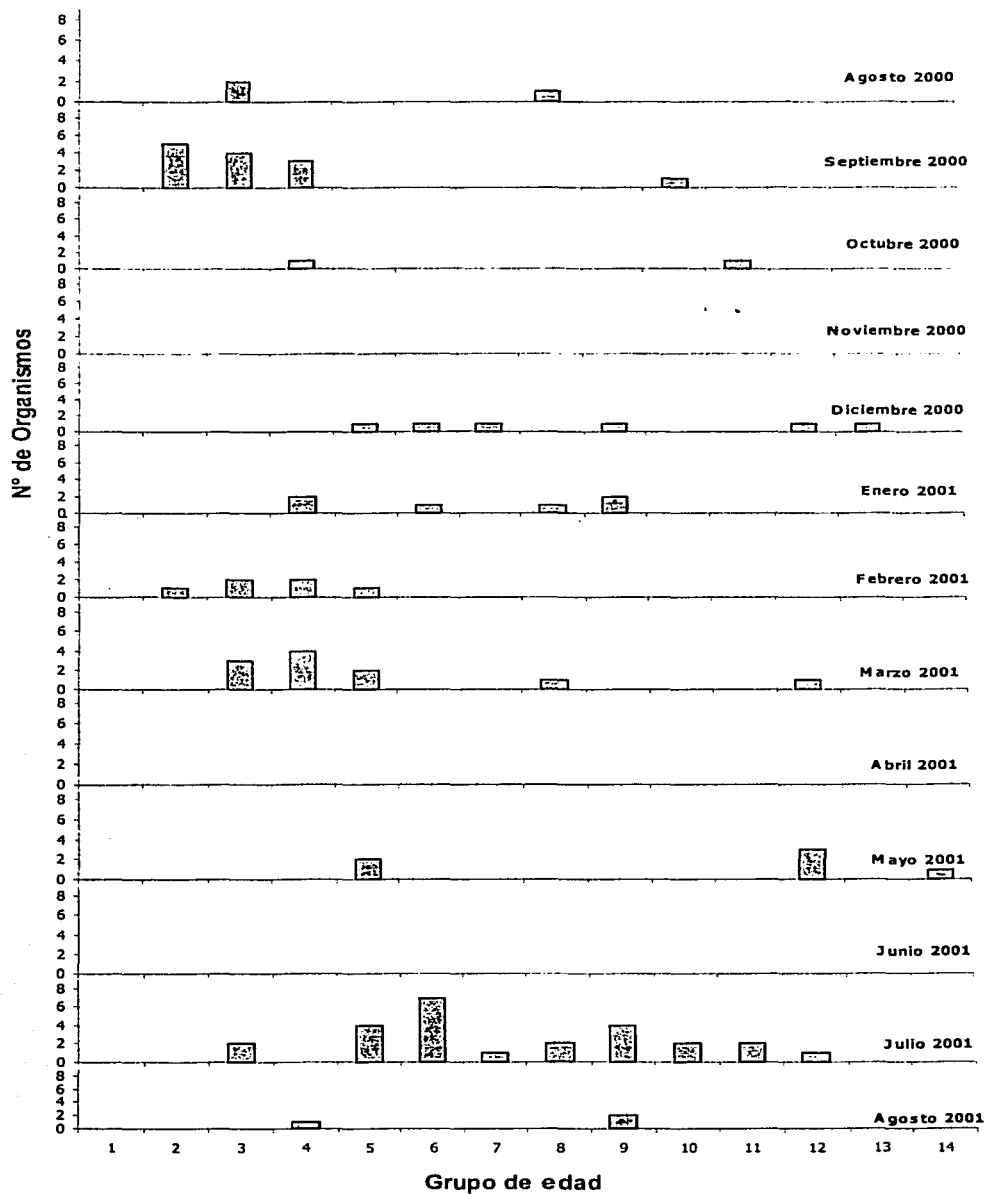


Figura 12.- Distribución mensual de frecuencias de grupos de edades de los organismos (n=83).

DISCUSIÓN

Relación entre las medidas morfométricas.

El propósito de obtener las relaciones entre las longitudes medidas (LT, LF y LP) fue poder calcular la LT cuando no se contaba con la información completa de los organismos, pudiendo incorporar así datos que de otra manera se hubiesen perdido, siendo esta información valiosa para la realización de este trabajo. Además, los factores de conversión permiten las transformaciones adecuadas de tallas para así poder comparar con otros estudios realizados para *Isurus oxyrinchus*.

Relación del radio de la vértebra vs. longitud total de los organismos.

Para los 48 organismos analizados se encontró que existe una relación lineal entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos, lo que significa que cuando el organismo crece en talla, en la vértebra también hay depósito de material y ésta crece proporcionalmente a la longitud (Sminkey y Musick, 1995), lo cual indica que esta estructura es adecuada para hacer estimaciones de edad. Caillet *et al.* (1983b) encontraron este mismo tipo de relación entre el diámetro de la vértebra y la longitud total, para tiburones mako capturados en las costas de California, demostrando la existencia de un crecimiento directamente proporcional entre ambas variables.

Validación.

Algunos factores ambientales como la temperatura superficial del mar influyen en la formación de los bordes ya que al disminuir provoca que la incorporación de minerales en

el tejido sea mínima, y como resultado de esto los anillos que se forman en esta época son hialinos. Branstetter *et al.* (1987b) menciona que la formación de los anillos de crecimiento está directa o indirectamente influenciada por cambios estacionales en la luz y/o temperatura y que los estímulos estacionales pueden variar las tasas de incorporación de calcio y fósforo en los elasmobranquios.

Con base en los resultados de la distribución temporal de bordes hialinos y opacos en las vértebras, la formación de las bandas de crecimiento en *Isurus oxyrinchus* es un evento periódico, formándose una banda anualmente. Esto coincide con lo reportado por Caillet *et al.* (1983b) para el tiburón mako de California. Contrario a esto, Pratt y Casey (1983), quienes trabajaron con tiburón mako del océano Atlántico, realizaron la lectura de bandas de crecimiento considerando que dos bandas de crecimiento representaban un año de edad.

Lectura de bandas de crecimiento en las vértebras.

Para la lectura de las bandas de crecimiento se encontró que el grosor ideal del corte de la estructura calcárea varió entre 0.3 y 0.5 mm dependiendo de la vértebra ya que si era demasiado grueso, la luz no se transmitía lo suficiente para poder distinguir las bandas, mientras que si era demasiado delgado se presentaba un exceso de luz que impedía la identificación de las mismas. Por lo que se realizaron varios cortes de las mismas muestras hasta que se encontró el grosor que permitió una mejor lectura de las bandas de crecimiento.

A partir de la marca de nacimiento, se observó una gran parte (aproximadamente 30 % del radio vertebral) que no presentaba bandas de crecimiento. De acuerdo con Beamish y McFarlane (1983) los anillos de crecimiento son distintos y muy espaciados durante periodos de crecimiento activo, mientras que el espacio entre uno y otro es menor cuando se presenta un periodo de poco crecimiento, por lo que el gran espacio encontrado después de la marca de nacimiento, sugiere un periodo de rápido crecimiento el cual permitió una mayor depositación de minerales. Los tiburones juveniles son susceptibles a la depredación, y dependiendo del hábitat que ocupen, las tasas de crecimiento pueden tener efectos importantes en su supervivencia (Branstetter, 1987). Mientras que algunas especies de tiburones tienen sus crías en áreas protegidas, las crías de tiburón mako nacen en aguas abiertas por lo que son muy vulnerables a la depredación. El rápido crecimiento de los neonatos aunado a la eficiencia en el nado se podría atribuir a una estrategia de supervivencia, disminuyendo con esto el riesgo a ser depredados por peces mayores incluyendo otros tiburones (Branstetter, 1990).

Estructura de tallas y edades.

En los estudios realizados por Stevens (1983) en el sur de Australia y Pratt y Casey (1983) en el Atlántico Norte, reportaron que esta especie alcanza la madurez sexual a una talla de 180 cm LT los machos y entre 270 y 280 cm LT las hembras; mientras que Caillet *et al.* (1983b) en el Pacífico Norte, reportaron que el tiburón mako es adulto a partir de los 180 cm LT para ambos sexos. Sin embargo, en el presente estudio no se encontró ningún organismo sexualmente maduro siendo el organismo más grande al cual se le pudo determinar el sexo (macho) de una talla de 207 cm LT. Así mismo Caillet *et al.* (1983b) y

Pratt y Casey (1983) reportaron que la talla a la cual alcanzan la madurez corresponde a una edad estimada de 7 a 8 años, mientras que en este trabajo se estimó una edad de 12 años para organismos que tenían esa talla (180 cm LT).

Cabe suponer que los adultos de esta especie se encuentran en aguas más profundas o bien en lugares más retirados de las costas. Según Mollet *et al.* (2000) las hembras adultas permanecen alejadas de las costas y debido a las preferencias de temperatura del agua, sugieren que se encuentran en aguas profundas donde son difícilmente capturadas. En muchas especies de tiburones, comúnmente se ha observado que existe una segregación por tallas, lo que provoca que las capturas estén compuestas de organismos de talla semejante (Hoenig y Gruber, 1990). De la misma manera se cree que las crías se concentran en otras áreas alejadas de las zonas de captura donde se realizan las operaciones de pesca ya que no se registró ningún neonato para este estudio.

Otra razón que explica la falta de los adultos y neonatos en los registros, es la mencionada por Pratt y Casey (1983) en su trabajo con tiburón mako del océano Pacífico Norte donde atribuyen la ausencia de los tiburones pequeños a la poca susceptibilidad a las artes de pesca convencionales utilizadas por los pescadores. De la misma manera, reportan que los grandes makos (mayores a 260 cm LT) fácilmente rompen estas artes de pesca y generalmente prefieren otro alimento que no sea macarela o arenque, los cuales son utilizados por los pescadores comerciales y deportivos, como carnada.

Por otro lado se podría sugerir, que la falta de organismos adultos y neonatos en los registros es causa de una sobre-pesca en la especie lo que ocasionó la escasez de grandes tallas y por consecuencia una disminución en la reproducción que se hace notoria en la poca abundancia de neonatos de la especie. Russ (1991) atribuye la disminución en la abundancia, particularmente de las tallas grandes a la sobre-pesca ya que observa que las especies sobre-explotadas son las que presentan estas características, es decir los cambios en la composición de longitudes de la población hacia tallas pequeñas han sido atribuidos a la sobre-explotación (Anderson, 1985).

CONCLUSIONES

- ❖ La relación encontrada entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos fue de tipo lineal indicando que el uso de esta estructura es apropiado para estudios de edad y crecimiento.
- ❖ La formación de bandas de crecimiento en las vértebras del tiburón mako es periódica y anual formándose un anillo hialino y uno opaco por año.
- ❖ Los organismos registrados en este estudio se encontraron entre el grupo de edad 2 y 14 con un intervalo de tallas desde 94 a 198 cm LT.
- ❖ La estructura de tallas y edades para el tiburón mako capturado en las costas de Baja California Sur incluyó sólo organismos juveniles.

RECOMENDACIONES

En estudios posteriores de edad y crecimiento de *Isurus oxyrinchus*, se recomienda realizar una mayor cantidad de muestreos mensuales y de ser posible abarcar otros campos pesqueros, ya que las capturas son escasas, y es conveniente tratar de conseguir el mayor número de muestras posibles abarcando la mayor cantidad de lugares. Con mayor número de datos se podrían realizar trabajos sobre crecimiento de la especie y con esto determinar la edad de primera madurez siendo información necesaria para que junto con otros estudios pueda reglamentarse la captura de estos tiburones en esta zona.

Es necesario realizar estudios futuros sobre esta especie ya que lo encontrado en este trabajo indica que la explotación de la especie se esta llevando a cabo a nivel de los juveniles, lo cual podría acarrear serios problemas en la abundancia y en el peor de los casos llevar a la extinción local de esta especie.

LITERATURA CITADA

- Applegate, S.P. 1967. A survey of shark hard parts. *In*: P. W. Gilbert, R. F. Mathewson, y D.P. Rall (editors), *Sharks, skates, and rays*. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Md., p. 37-67.
- Applegate, S.P., L. Espinosa, L.B. Menchaca y F. Sotelo. 1979. *Tiburones Mexicanos*. Subsecretaria de Educación e Investigación. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. México, D.F. 147 pp.
- Arriaga, L. E. Vázquez, J. González, R. Jiménez, E. Muñoz, V. Aguilar (coords). 1998. *Regiones prioritarias marinas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Anderson, E.D. 1985. Analysis of various sources of pelagic shark catches in the Northwest and Western Central Atlantic Ocean and Gulf of Mexico with comments on catches of other large pelagics. *In*: *Shark Catches from Selected Fisheries off the U.S. East Coast*. NOAA Technical Report NMFS, p. 1-14.
- Beamish, R.J. and G.A. McFarlane. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society* (112): 735-743.
- Bigelow, H.B. and W.C. Schroeder. 1948. *Sharks*. *In*: *Fishes of the western North Atlantic*. Mem. Sears Found. Mar. Res. Yale Univ., N° 1 (Part 1), p. 59-546.
- Bonfil, S.R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Technical Paper # 341. Rome, Italy.

- 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., J.A. Musick and J.A. Colvocoresses. 1987. A comparison of the age and growth of the tiger shark, *Galeocerdo cuvieri*, from off Virginia and from the Northwestern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 85 (2): 269-279.
- Branstetter, S. 1990. Early life-history implications of selected Carcharhinoid and Lamnoid sharks of the Northwest Atlantic. In: Pratt, H.L., S.H. Gruber, and T. Taniuchi, (eds). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90, U.S. Dept. of Comm. Washington, DC. p. 17-28.
- 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: Prince E.D. and L.M. Pulos (eds). Proceedings of the International workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8. p.157-165.
- 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: Prince E.D. and L.M. Pulos (eds). Proceedings of the International workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8. p.179-188.

- Casas, M., G. Ponce, A. Hernández, M.A. González, F. Galván, E. Guzmán, S. Hernández, A. Vélez y A. Sui. 1996. Recursos pesqueros y acuícolas de Baja California Sur: estado actual y perspectivas de aprovechamiento y desarrollo. En: Casas, M. Y G. Ponce (eds). Estudio potencial pesquero y acuícola en Baja California Sur. SEMARNAP, Gob. del Estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, Inst. Nal. de la Pesca y CETMAR. p.1-14.
- Casey, J.G. and N.E. Kohler. 1992. Tagging studies on the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in the western North Atlantic. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* (43): 45-60.
- Cassleman, J. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures—techniques and tools. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS # 8.
- Castillo, J.L. 1990. Shark fisheries and research in México. *Chondros* 2(1): 1-2.
- Castillo, G.J.L. 1992. *Diagnostico de la pesquería de tiburón en México*. Secretaría de Pesca, México.
- Castro, J.I. 1983. *The sharks of North American waters*. Texas University Press, United States of America.
- Castro, J., C. Woodley y R. Brudek. 1999. A preliminary evaluation of the status of shark species. FAO Fisheries Technical Paper 380.
- Cliff, G., S. F. J. Dudley, y B. Davis. 1990. Sharks caught in the protective gill nets off Natal, South Africa. 3. The shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque). *S. Afri. J. Mar. Sci.* 9:115-126.

Compagno, L.J.V. 1984. FAO species catalog. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. FAO Fish. Synop. N° 125.

De la Cruz Agüero, J. 1997. *Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur*. CICIMAR, México.

De la Lanza-Espino, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT, México.

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

Fitch, J. E. 1951. Age composition of the Southern California catch of pacific mackerel, 1939-40 through 1950-51. Dept. of Fish and game. Fish Bull. p. 83-77.

Garrick, J.A.F. 1967. Revision of shark genus *Isurus* with description of a new species (Galeoidea, Lamnidae). Proc. U.S. Natl. Mus. 118: 663-690.

Gómez. J. y H. Vélez. 1982. Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la corriente de California. *Ciencias Marinas* 8 (2): 167-176.

Heist, E. J., J.A. Musick and J.E. Graves. 1996. Genetic population structure of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) inferred from restriction fragment length polymorphism analysis of mitochondrial DNA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* (53): 538-588.

Hoenig, J.M. and S.H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In: Pratt, H.L., S.H. Gruber, and T. Taniuchi, eds. Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology,

- systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90, U.S. Dept. of Comm. Washington, DC. p. 1-16.
- Hoff, T.B. and J.A. Musick. 1990. Western North Atlantic shark-fishery management problems and informational requirements. *In*: Pratt, H.L., S.H. Gruber, and T. Taniuchi (eds). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90, U.S. Dept. of Comm. Washington, DC. p. 455-472.
- Holden, M.J. y D.F.S. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2- Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO. Doc. Tec. N° 115.
- Mollet, H.F., G. Cliff, H. L. Pratt Jr., and J.D. Stevens. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. *Fish. Bull.* (98): 299-318.
- Parés Sierra A., M. López y E.G. Pavía. 1997. Oceanografía física del Océano Pacífico Nororiental. *En*: M. F. Lavín, (ed). Contribuciones a la oceanografía física en México. Monografía N° 3. Unión Geofísica Mexicana. p. 1-24.
- Pratt, H.L, Jr. and J.G. Casey. 1983. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*. Summary paper. *In* Prince E.D. and L.M. Pulos (eds). Proceedings of the International workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8. p. 175-177.
- Radtke, R. L. and G.M. Cailliet. 1984. Age estimation and growth of the gray reef Shark, *Carcharhinus amblyrhynchos*, from the northwestern Hawaiian Islands. *In*: Grigg, R.W. and K.Y. Tanoue (eds). Proceedings of the second symposium on resource investigations of the northwestern Hawaiian Islands. University of Hawaii, Sea Grant College Program, Honolulu, Hawaii. p. 121-127.

- Reynolds, R.W. and Smith, T.M. 1994. Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation. *J. Climate*. 7:929-948.
- Roedel, P.M. and W.E. Ripley. 1950. California sharks and rays. *Cal. Fish Game, Fish Bull.* p 75-88.
- Russ, G.R. 1991. Coral reef fisheries: effects and yields. *In: P.F. Sale (ed). Academic Press. San Diego, U.S.A.* p. 601-635.
- 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. Summary paper. *In Prince E.D. and L.M. Pulos, eds. Proceedings of the International workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8.* p. 167-174.
- Sminkey, T.R., and J.A. Musick, 1995. Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, before and after population depletion. *Copeia* (4): 871-883.
- Stevens, J.D. 1983. Observations on reproduction in the Shortfin Mako *Isurus oxyrinchus*. *Copeia* (1): 126-130.
- Stevens, J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy and P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *Journal of Marine Science*. (57): 476-494.
- Thorson, T.B., and E.J. Lacy, Jr. 1982. Age, growth rate and longevity of *Carcharhinus leucas* estimated from tagging and vertebral rings. *Copeia* (1): 110-116.

Villavicencio, C.J. 1996. Pesquería de tiburón y cazón. *En*: Casa, M. y G. Ponce (eds). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. p. 305-315.

Villavicencio, C.J. 1997. Tiburones capturados comercialmente en La Bahía de La Paz, B.C.S. *En*: Urbán R.J. y M. Ramírez (eds). La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. p.189-200.

Zar, H.J. 1984. *Bioestatistical análisis*. (2^a ed). Printing-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.