



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



00366

3

EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN AZUL, *Prionace glauca* (LINNAEUS 1758), EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

**Maestra en Ciencias
(Biología Marina)**

**p r e s e n t a
MARÍA DEL PILAR BLANCO PARRA**

Sección General de Bibliotecas
en formato electrónico e impreso
de mi trabajo, recibida
María del Pilar Blanco Parra
12 agosto 2003
Udelmar-Burcof.

DIRECTOR DE TESIS: DR. FELIPE AMEZCUA LINARES
COMITÉ TUTORAL: DR. CARLOS ROBINSON MENDOZA
DR. MIGUEL ANGEL CISNEROS
DR. FELIPE GALVAN MAGAÑA
DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA

México, D.F. 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



*“Quien desea ejercitar el buen combate de la vida
tiene que mirar al mundo como si fuese una
aventura y su meta como un tesoro que esta
esperando para ser descubierto”*

Paulo Cohelo

A mis Padres y mi esposo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a mis padres por el amor y el apoyo que me han brindado no solo durante esta etapa de mi vida sino a lo largo de toda mi historia.

A los Drs. Felipe Amezcua Linares, Carlos Robinson Mendoza, Miguel Ángel Cisneros Mata y Xavier Chiappa Carrara, por sus sugerencias y correcciones, y su amable asesoría durante el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Felipe Galván Magaña por haberme dado la oportunidad de trabajar junto con el y de sacar de su proyectó los datos y las muestras que hicieron posible esta tesis. Gracias por tu apoyo incondicional y por haberme acogido como tu alumna.

A todas las personas que trabajan en el laboratorio de edad y crecimiento del CICIMAR, por permitirme la utilización del equipo necesario para hacer la fase de laboratorio, por los buenos consejos y la ayuda que me dieron durante mis estancias en la Paz.

A todos los que de una u otra forma me ayudaron con mi trabajo durante mis estancias en el CICIMAR en La Paz.

Al M. en C. Fernando Márquez Farias por compartir conmigo su conocimiento y por sus enseñanzas que fueron cruciales para la culminación de este trabajo.

Al Dr. Juan Pablo Gallo por su apoyo desinteresado durante mi estancia en Guaymas.

A todos los profesores que tuve durante la maestría por sus enseñanzas, que ahora hacen parte de mi formación.

A los pescadores en los campos pesqueros de Punta lobos y Punta Belcher, por permitirnos la toma de muestras y la colecta de los datos.

A Norma, Lupita y Diana por toda la ayuda que me brindaron durante mi estancia en el posgrado.

C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



A los buenos amigos que me acompañaron y apoyaron durante estos dos años: Margarita, Maru, Chucho, Carmen, Alma, Alejandro E., Iván, Pablo, Cachito, Alejandro G., Sarita, Nacho, Miguel, Ángeles, Sergio, Alejandro S. y Andrea.

A mis hermanos Carlos Javier y Armando y en general a toda mi familia que aunque estaban lejos siempre estuvieron pendientes de mis necesidades y supieron darme ánimos para seguir adelante, especialmente a mi Tía Maria Teresa, porque siempre ha creído en mi y me ha apoyado en todos mis sueños.

A Carlos Orlando, a mi hermana, a Gaby y Andy por haber estado a mi lado durante estos dos años como mi familia y haberme apoyado en todo para que este sueño se hubiera hecho realidad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la beca con la cual fue posible realizar esta maestría.

A Carlos Alberto mi esposo por entrar a mi vida llenándola de amor y de tantos sueños que como este vamos a hacer realidad juntos.

A todas las personas que me faltó mencionar, pero que en algún momento me ayudaron con sus consejos, me apoyaron con mis ideas y me brindaron su amistad durante mi estancia en México, estén seguros que a todos los llevo en mi corazón y les agradezco inmensamente todo lo que hicieron por mi y los buenos momentos que pasamos juntos.

Y por último quiero agradecer a Dios, por darme una familia tan maravillosa, por llenar mi vida de gente tan especial, por que todo esto no hubiera sido posible si no me hubiera apoyado en él y por darme la fortaleza para vivir y ser feliz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



RESUMEN

El tiburón azul es una especie ampliamente distribuida en todos los océanos del mundo, en la costa occidental de Baja California Sur es la especie más abundante en las capturas de tiburones de la flota artesanal.

Se estimó el crecimiento del tiburón azul, *Prionace glauca*, basándose en las edades determinadas mediante la lectura de anillos de crecimiento en las vértebras, de 204 individuos capturados en los meses de agosto del 2000 a agosto del 2001, febrero de 2002, abril-mayo de 2002, julio de 2002 y octubre de 2002 a enero de 2003; en la costa occidental de Baja California Sur. Se utilizó la técnica de nitrato de plata para el resaltamiento de los anillos de crecimiento.

Los individuos muestreados presentaron tallas entre los 81 y los 270 cm de longitud total (LT), con una longitud promedio de 158.36 cm. Los machos fueron más abundantes que las hembras y presentaron una LT promedio significativamente mayor (162.73 ± 37.52 , $P < 0.01$) que la de las hembras (150.37 ± 32.34). Se encontraron 16 grupos de edad para machos y 12 para hembras. El mayor porcentaje (18.9%) de machos se encontró en la edad cuatro con una LT promedio de 133.9 cm. Las hembras se encontraron en mayor porcentaje en la edad 7 con una LT promedio de 165.1 cm.

Los parámetros de crecimiento estimados para el modelo de von Bertalanffy fueron: $L_{\infty} = 299.85$ cm (LT), $K = 0.1$, $t_0 = -2.44$, para machos; $L_{\infty} = 237.5$ cm (LT), $K = 0.15$, $t_0 = -2.15$, para hembras; $L_{\infty} = 303.4$ cm (LT) y $K = 0.1$, $t_0 = -2.68$, para sexos combinados. Estos parámetros fueron similares a los estimados para esta especie en otras regiones del océano Pacífico norte.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



ABSTRACT

The Blue Shark is widely distributed in the world's oceans. Is also the most abundant species captured on the shark fishery in the west coast of Baja California Sur by the artisanal fleet.

The growth of the blue shark, *Prionace glauca*, was based on the age estimates by reading the growth rings in the vertebrae of 204 sharks; the silver-nitrate staining technique was used to protrude the growth rings. Blue sharks used in this study were captured in the west coast of Baja California Sur between August 2000 - August 2001, February 2002, April - May 2002, July 2002, October 2002 - January 2003

Blue sharks presented sizes among 81 to 270 cm of total length (LT), with a mean of 158,36 cm. Males were most abundant than females and showed a mean significantly higher (162.73 ± 37.52 , $P < 0.01$) than females (150.37 ± 32.34). Sixteen age groups were found for males and 12 age groups for females. The higher percentage of males (18.9%) were found at their fourth year of age with a mean LT of 133.9 cm. Females were found in higher percentages (22%) at their seven year of age with a mean LT of 165.1 cm.

The growth parameters obtained for the von Bertalanffy function were:

$L_{\infty} = 299.85$ cm (LT), $K = 0.1$, $t_0 = -2.44$, for males; $L_{\infty} = 237.5$ cm (LT), $K = 0.15$, $t_0 = -2.15$, for females and $L_{\infty} = 303.4$ cm (LT), $K = 0.1$, $t_0 = -2.68$, for combined sexes. These parameters were similar to the estimated for this species in other regions of the North Pacific Ocean.

F

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	TIBURÓN AZUL	3
1.1.1.	<i>Ubicación taxonómica Según Nelson (1994)</i>	3
1.1.2.	<i>Descripción de la especie</i>	3
1.1.3.	<i>Reproducción</i>	4
1.1.4.	<i>Alimentación</i>	4
1.1.5.	<i>Distribución</i>	5
1.1.6.	<i>Migración</i>	6
1.1.7.	<i>Pesca y utilización</i>	6
2.	ANTECEDENTES	7
3.	OBJETIVOS	9
3.1.	GENERAL	9
3.2.	ESPECÍFICOS	9
4.	ÁREA DE ESTUDIO	10
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1.	TRABAJO DE LABORATORIO	12
5.2.	TRATAMIENTO DE DATOS	14
6.	RESULTADOS	17
6.1.	COMPOSICIÓN DE LAS CAPTURAS	17
6.2.	DETERMINACIÓN DE LA EDAD	19
6.3.	CRECIMIENTO	23
7.	DISCUSIÓN	25
7.1.	COMPOSICIÓN DE LAS CAPTURAS	25
7.2.	DETERMINACIÓN DE LA EDAD	26
7.3.	CRECIMIENTO	29
8.	CONCLUSIONES	32



9.	LITERATURA CITADA.....	34
10.	ANEXOS.....	39

H

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	TIBURÓN AZUL, <i>PRIONACE GLAUCA</i> (TOMADO DE COMPAGNO 1984)	4
FIGURA 2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ÁREAS DE COLECTA.	11
FIGURA 3.	MEDIDA DEL RADIO VERTEBRAL (R, EN MM). A. CORTE Y TINCIÓN CON HEMATOXILINA, B. TINCIÓN CON NITRATO DE PLATA.....	14
FIGURA 4.	PROMEDIO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LAS LT DE LAS HEMBRAS Y MACHOS DE <i>P. GLAUCA</i> CAPTURADOS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BCS.....	17
FIGURA 5.	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS (LT) DE LOS TIBURONES AZULES CAPTURADOS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BCS.	18
FIGURA 6.	RELACIÓN ENTRE EL RADIO DE LA VÉRTEBRA (RV) Y LA LONGITUD TOTAL (LT) PARA <i>P.</i> <i>GLAUCA</i>	18
FIGURA 7.	VÉRTEBRA DE TIBURÓN AZUL INDICANDO LA MARCA DE NACIMIENTO (MN).	19
FIGURA 8.	DIFERENCIAS ENCONTRADAS ENTRE LAS TRES LECTURAS REALIZADAS.....	20
FIGURA 9.	PORCENTAJE DE BORDES OPACOS OBSERVADOS EN LAS VÉRTEBRAS DE <i>P. GLAUCA</i> , DURANTE LOS MESES DE MUESTREO; (N).....	21
FIGURA 10.	PROMEDIO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, MÁXIMOS Y MÍNIMOS, DE LA LONGITUD TOTAL EN LOS GRUPOS DE EDAD ENCONTRADOS PARA EL TIBURÓN AZUL EN BCS.	21
FIGURA 11.	ESTRUCTURA DE EDADES DE LOS INDIVIDUOS DE <i>P. GLAUCA</i> MUESTREADOS.	22
FIGURA 12.	CURVA DE CRECIMIENTO PARA HEMBRAS (A), MACHOS (B) Y SEXOS COMBINADOS (C) DE <i>P. GLAUCA</i>	24

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



INDICE DE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA ECUACIÓN DE VON BERTALANFFY ESTIMADOS PARA HEMBRAS (H), MACHOS (M) Y SEXOS COMBINADOS (COMBINADOS) DE <i>P. GLAUCA</i> Y LOS INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% (IC 95%) PARA L Y K.....	23
TABLA 2. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE VON BERTALANFFY ESTIMADOS PARA <i>P. GLAUCA</i> , EN DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO, BASÁNDOSE EN ANILLOS DE CRECIMIENTO EN LAS VÉRTEBRAS. (SC= SEXOS COMBINADOS).	30

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los tiburones son extraídos incidentalmente en muchas pesquerías oceánicas y costeras, pero ahora se capturan abundantemente y son codiciados en la pesca deportiva (Hueter 1998). El número de pesquerías de tiburón ha aumentado como consecuencia de la expansión del mercado de su carne y otros productos, como sus aletas y el aceite que se extrae del hígado.

En México la pesquería del tiburón está catalogada como la octava pesquería nacional aportando durante 1998 el 1.97% de la producción pesquera nacional (SEMARNAP 1999), lo que ubicó al país entre las siete naciones del mundo que explota el tiburón como recurso pesquero marino (SEMARNAP 2000). Sin embargo, por el desconocimiento de la biología y aspectos poblacionales de las especies explotadas existe actualmente una actividad pesquera que amenaza con disminuir dichas poblaciones y acabar rápidamente con el recurso.

En el Océano Pacífico mexicano se extrae el 65.4% del volumen total de tiburones del país, con 12, 952 t de tiburón y 2, 988 t de cazón, que se refiere a tiburones de tallas pequeñas, (SEMARNAP 1999). La pesca del tiburón en aguas mexicanas tanto del litoral del Océano Pacífico como del Golfo de México se ha caracterizado como una pesquería artesanal multiespecífica que ha operado de acuerdo a las abundancias estacionales del recurso, compuesto por alrededor de 40 especies de tiburones que son capturadas en las regiones costeras del país (Castillo-Geniz 1992).

La pesquería de tiburón ha adquirido gran importancia desde el punto de vista socioeconómico en los últimos años, y en algunas regiones del mundo esta pesquería ha tenido que afrontar el problema de la sobre-explotación debido a las características del ciclo de vida de estos peces. Históricamente, se ha considerado que los tiburones son especies susceptibles a la sobre-explotación (Castro *et al.* 1999); el crecimiento lento, la maduración sexual a edades avanzadas y la baja fecundidad, reflejan una estrategia de vida de especies K donde el tamaño del stock está estrechamente ligado al reclutamiento (Hoening y Gruber 1990). Lo anterior muestra la importancia de recabar información biológico-pesquera esencial de las especies que componen el recurso capturado, con el fin de desarrollar un modelo de manejo adecuado para esta



actividad a fin de conservar las fuentes de alimento y empleo que genera y de mantener las poblaciones de las diferentes especies explotadas.

La determinación de la edad es importante para la evaluación y el manejo de las pesquerías de tiburón debido a que es la base para calcular las tasas de crecimiento y mortalidad, la edad de primera madurez, la edad de reclutamiento, y las estimaciones de la longevidad (Sparre y Venema 1992). Con esta información se pueden desarrollar modelos que ayuden a evaluar y administrar las pesquerías de tiburón, puesto que se puede contar con un mejor entendimiento de la dinámica poblacional y por tanto de la situación de la población.

La información existente de edad y crecimiento en tiburones, en su mayoría ha sido obtenida a partir de contar bandas opacas e hialinas en los centros de sus vértebras (Stevens 1975). Esta técnica ha sido aceptada, perfeccionada y es utilizada ampliamente en la actualidad, debido a que los tiburones carecen de partes duras como escamas, otolitos y huesos, estructuras empleadas tradicionalmente en la determinación de edad de peces óseos. Las marcas de crecimiento han sido relacionadas generalmente con variaciones estacionales en el crecimiento de los individuos, el cual está influenciado por el tipo de alimento y su abundancia en el medio, y por factores físicoquímicos como la temperatura y la salinidad (Cailliet 1990).

Ecológicamente, el tiburón azul es un depredador importante de teleósteos y cefalópodos (Henderson *et al.* 2001) que se ubica en el nivel trófico más alto. Esto le da un papel importante en el ecosistema pelágico, lo cual hace necesario estudiar su ecología y su historia de vida para entender el funcionamiento del ecosistema pelágico y proveer de este modo bases para un manejo racional de la población de tiburón azul en el futuro.

Debido a la escasez de información sobre edad y crecimiento de tiburones y con el fin de aportar herramientas para el manejo de las pesquerías de estos elasmobranquios, se realizó el presente trabajo sobre la edad y el crecimiento del tiburón azul *Prionace glauca*, la cual es una de las especies más importantes en las pesquerías pelágicas de tiburón en el Océano Pacífico mexicano, específicamente en la costa occidental de Baja California Sur.



1.1. TIBURÓN AZUL

1.1.1. Ubicación taxonómica Según Nelson (1994)

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Gnathostomata

CLASE: Chondrichthyes

SUBCLASE: Elasmobranchii

ORDEN: Carcharhiniformes

FAMILIA: CARCHARHINIDAE Jordan y Evermann 1896

ESPECIE: *Prionace glauca* (Linnaeus 1758)

1.1.2. Descripción de la especie

Los organismos de esta especie presentan un cuerpo delgado y fusiforme, con un hocico largo y estrechamente redondeado. Presentan dientes aserrados, anchos, triangulares y encorvados en la mandíbula superior y más angostos en la inferior; arcos branquiales con branquiespinas papilares en sus bordes internos (Fisher *et al.* 1995). La primera aleta dorsal se ubica hacia la parte posterior del cuerpo, más cerca de la base de las aletas pélvicas que de las pectorales. Éstas últimas son muy largas, angostas y levemente falciformes; el pedúnculo caudal presenta a cada lado una débil quilla; cresta interdorsal ausente (Fisher *et al.* 1995). El cuerpo presenta una coloración azul oscuro en el dorso, en los flancos azul brillante y el vientre blanco; el color azul cambia a púrpura negruzco después de la muerte; ápices de las pectorales y de la aleta anal oscuros (Fisher *et al.* 1995) (**Figura 1**).

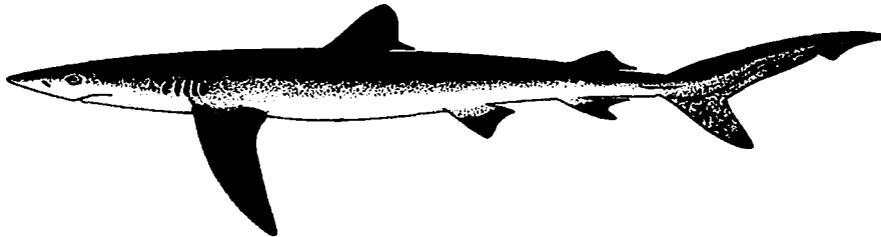


Figura 1. Tiburón azul, *Prionace glauca* (Tomado de Compagno 1984)

La talla máxima registrada es de 3.83 m de longitud total (LT) (Fisher *et al.* 1995); sin embargo, en el Océano Pacífico noreste, son raros los individuos de más de 260 cm de LT (Strasburg 1958). La talla de nacimiento está entre los 35 a 44 cm (Pratt 1979, Nakano 1994).

1.1.3. Reproducción

La talla de madurez reportada para el Atlántico noroeste es de 183 cm de longitud furcal (LF) para los machos y las hembras pasan a la etapa subadulto entre los 145 y 185 cm, cuando los órganos de copulación y almacenamiento de esperma están desarrollados (Pratt 1979). En el Océano Pacífico, los machos maduran entre los 130 y 160 cm de LT, lo cual corresponde a individuos entre los 4 y 5 años de edad y las hembras entre los 140 y 160 cm de LT y con una edad de 5 a 6 años (Nakano 1994).

Los tiburones azules son vivíparos placentarios; el periodo de gestación es de 9 a 12 meses y tanto en el Pacífico como en el Atlántico el nacimiento se da entre la primavera y el verano (Pratt 1979, Nakano 1994). En el Océano Pacífico el número de crías va de 1 a 62 por camada con un promedio de 25.6 y la proporción sexual en los embriones es de 1:1 (Nakano 1994).

1.1.4. Alimentación

El tiburón azul es uno de los depredadores tope de la zona pelágica y se alimenta principalmente de cefalópodos. Sin embargo también se encuentran dentro de su dieta pelágicos menores como las sardinas (*Clupea harengus*) y macarelas (*Trachurus symmetricus*) (Strasburg 1958). También se han encontrado ocasionalmente como presas de esta especie otros invertebrados, pequeños tiburones, carroña de mamíferos y aves marinas. De igual



forma, se ha sugerido que esta especie se alimenta en algunas ocasiones directamente del fondo pues dentro de sus dietas se han encontrado peces de la familia Bothidae (peces planos) (Henderson *et al.* 2001).

1.1.5. Distribución

El tiburón azul, *Prionace glauca* es una de las especies de tiburón oceánico más abundantes (Stevens 1976) y es el de más amplia distribución. Se distribuye en el Atlántico Occidental desde Terranova a Argentina, en el Atlántico central; en el Atlántico oriental desde Noruega a Sudáfrica. En los Océanos Índico y Pacífico desde Sudáfrica, sur de Arabia, Indonesia, Japón y Australia; en el Pacífico Central y en el Pacífico oriental desde el Golfo de Alaska hasta Chile (Compagno 1984). El color azul brillante del tiburón sugiere que es un pez que vive en la superficie de mar abierto, pero frecuenta también la plataforma continental y nada en aguas profundas (Carey y Scharold 1990). Es el tiburón pelágico más abundante en el Océano Pacífico norte, encontrándose en el golfo de Alaska (57°N) durante los meses de agosto y septiembre; y entre los 20°N y los 40°N durante el invierno (Strasburg 1958).

Esta especie de tiburón habita la zona oceánica-epipelágica y litoral de aguas templadas, subtropicales y tropicales (Pratt 1979), sin embargo se han encontrado desde la superficie hasta los 600 metros de profundidad y en ocasiones puede encontrarse en la costa, especialmente de noche (Carey y Scharold 1990). Es frecuente en áreas que presentan una angosta plataforma continental.

Presenta un patrón de movimientos estacionales, con un incremento en la abundancia en altas latitudes durante el verano y en bajas latitudes en el invierno (Strasburg 1958, Compagno 1984). Estos movimientos están relacionados con las variaciones en la temperatura del agua (Stevens 1976) y quizá también con la abundancia de alimento (Strasburg 1958). El tiburón azul habita aguas con temperaturas superficiales entre 11° y 27° C en todo el mundo, pero prefiere capas de agua con temperaturas entre los 12° y 21°C y en el Pacífico es común encontrarlo en aguas con 11° a 17°C de temperatura. En la zona tropical y ecuatorial, se encuentra a grandes profundidades en donde las aguas son frías (Compagno 1984, Nakano 1994).



1.1.6. Migración

En las aguas del hemisferio norte las hembras adultas presentan migraciones hacia el norte y dentro de la zona costera precedidas de los machos y hembras juveniles, mientras que los machos adultos se encuentran más alejados de la costa (Stevens 1976).

Estudios de marcaje en el Océano Atlántico muestran que el tiburón azul presenta extensas migraciones estacionales, que incluyen movimientos trans-Atlánticos (Stevens 1976). Los juveniles de ambos sexos, los machos adultos y las hembras sub-adultas dominan el Atlántico noroeste, mientras que las hembras preñadas son raras en esta zona (Pratt 1979). En el Atlántico oriental, hay mayor abundancia de neonatos y juveniles de ambos sexos y hembras adultas (Stevens 1975).

En el Océano Pacífico el nacimiento ocurre a principios del verano en las áreas de crianza localizadas entre los 30° y 40° N y posteriormente las hembras entre los 2 y 5 años se mueven hacia el norte y los machos de 2 a 4 años generalmente se mueven hacia el sur. Los adultos se encuentran en aguas ecuatoriales al sur de las áreas de crianza (Nakano 1994).

1.1.7. Pesca y utilización

Se captura generalmente en aguas oceánicas con palangres y redes de enmalle flotantes, pero también con líneas y anzuelos, redes de arrastre pelágicas y excepcionalmente, redes de arrastre de fondo en las cercanías de la costa (Fisher *et al.* 1995). Se comercializa en fresco, ahumado y salado para el consumo humano; la piel se utiliza en la fabricación de cuero y las aletas para la preparación de sopas (Fisher *et al.* 1995).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



2. ANTECEDENTES

Los trabajos en pesquerías de tiburón en el Pacífico mexicano iniciaron a partir de los años cincuenta y principio de los sesenta, cuando se buscaba conocer la identidad, distribución, aspectos reproductivos, alimentación, migración y tasas de explotación de las diversas especies de tiburones presentes en este litoral (Castillo-Geniz *et al.* 1996). Se han realizado varios trabajos de marcaje y recaptura que han ayudado a conocer patrones de migración y crecimiento, entre los cuales están los de Hernández-Carballo (1965a,b) y Kato y Hernández-Carballo (1967). Estos últimos autores trabajaron principalmente en el Golfo de California y proporcionan datos sobre abundancias relativas y distribución geográfica estacional. Hernández-Carballo (1967) destaca en su trabajo la importancia de los tiburones martillo (Sphyrnidae) en la pesquería de Mazatlán, debido a la gran cantidad de organismos capturados.

Castillo-Geniz (1990) realizó uno de los primeros trabajos que destaca la importancia del uso de la estructura de talla-edad y proporcionó la ecuación de crecimiento para *Rhizoprionodon longurio* en Sinaloa. Asimismo, realizó en 1992 un diagnóstico de la pesquería del tiburón a escala nacional, donde resumió el conocimiento biológico y pesquero de los tiburones explotados comercialmente. Anislado (1995) realizó un trabajo en la costa de Michoacán, en el cual analizó los anillos de crecimiento del borde de las vértebras cervicales de *S. Lewini*. El encontró que esta especie forma un anillo de crecimiento justo después de nacer y posteriormente forma dos anillos anuales, uno en verano y otro en invierno; también aporta datos de la reproducción y de la biología pesquera de esta especie.

Los trabajos en los que se determina la edad y crecimiento en tiburones no son muy abundantes. En el Pacífico mexicano hasta la fecha solo se encuentra el trabajo de Anislado (1995) y Castillo-Geniz (1990) ya mencionados anteriormente. Sin embargo, en el Golfo de México hay un número mayor de estudios, como el de Tovar (2000) quien determinó la edad y crecimiento de *Carcharhinus limbatus*. Para *P. glauca* en México se han realizado dos trabajos en las costas de Ensenada B.C., en los cuales se calcularon los parámetros de crecimiento para esta especie dando valores de L_{∞} de 310.8 y 314.1 cm de LT ; K de 0.159 y 0.1385 1/año; y t_0 de -2.15 y -1.958 años (Furlong-Estrada 2000; Giacomo 2002). Existen estudios en otras áreas del Océano Pacífico sobre la edad y crecimiento de esta especie como los de Cailliet y Bedford



(1983) y Cailliet *et al.* (1983a, 1983b), quienes trabajaron con vértebras en el área de California, utilizando varias técnicas de tinción y recomiendan la técnica de nitrato de plata para esta especie. También en el Océano Pacífico, Tanaka *et al.* (1990), realizaron un trabajo en el que se compararon dos técnicas para la determinación de la edad del tiburón azul, utilizando muestras de dos localidades, para determinar si las diferencias entre los parámetros de crecimiento se debía a las técnicas o realmente a diferencias poblacionales. Ellos encontraron que las variaciones en los parámetros estimados se debían a la metodología, a la interpretación de las zonas de crecimiento y al ajuste de los datos al modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Otro trabajo de trascendencia fue el realizado por Nakano (1994) quien abordó la historia de vida del tiburón azul en la región norte del Océano Pacífico y tuvo en cuenta además de los parámetros de crecimiento, la reproducción y las migraciones de esta especie.



3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Determinar la edad y estimar los parámetros de crecimiento del grupo poblacional de tiburón azul *Prionace glauca* que habita en las aguas de la costa occidental de Baja California sur.

3.2. ESPECÍFICOS

- Conocer la estructura de edades de la población mediante la lectura de anillos de crecimiento en vértebras.
- Obtener la relación entre la talla y el diámetro de las vértebras.
- Estimar los parámetros de crecimiento para el modelo de von Bertalanffy (k , L_{∞} y t_0) para las hembras, machos y sexos combinados de *P. glauca*.
- Verificar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento.



4. ÁREA DE ESTUDIO

Las muestras (vértebras) se obtuvieron de individuos desembarcados en dos campos pesqueros ubicados en la costa occidental de Baja California Sur. Punta Belcher y Punta Lobos se ubican entre los 24° 34' latitud norte, 112° 05' longitud oeste, y los 23° 25' latitud norte, 110° 14' longitud oeste, en la costa occidental de Baja California Sur (**Figura 2**).

Punta Belcher se localiza en Isla Magdalena que se encuentra dentro de un sistema lagunar dividido en tres áreas: zona noroeste o zona de canales; zona central, propiamente bahía Magdalena; y zona sureste o bahía Almejas. 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; la temperatura media anual está entre los 18 y 22 °C (CETENAL 1970).

Punta Lobos 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 (De la Lanza 2001).

La plataforma continental del lado occidental de la península de Baja California, alcanza hasta 70 km de ancho. Por su parte, la línea de costa externa a Bahía Magdalena, lugar frente al cual se encuentra Punta Belcher, tiene una extensión aproximada de 115 km, con una orientación hacia el sudeste; es oblicua al oleaje que viene de aguas profundas y presenta una pendiente submarina con un promedio de 20 m por cada 1810 m (Salinas-González 1987). Los vientos que prevalecen son del noroeste en forma constante de mayo a octubre. De noviembre a febrero son más frecuentes los vientos del Sureste (Salinas-González 1987).

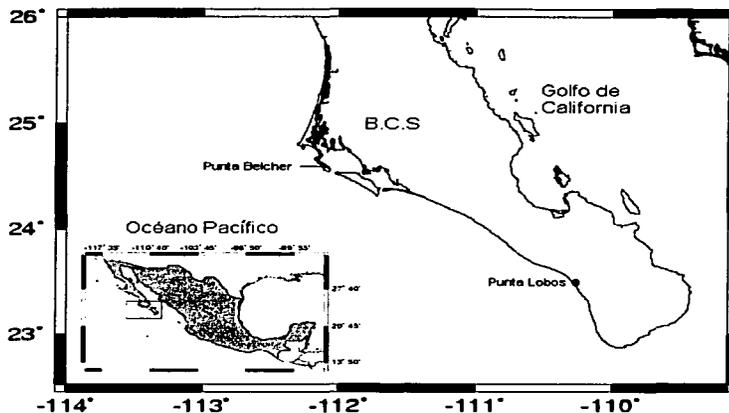


Figura 2. Ubicación geográfica de las áreas de colecta.

La costa occidental de Baja California Sur se encuentra influenciada por dos grandes sistemas de corrientes, la corriente de California y la corriente Norecuatorial. La corriente de California transporta aguas de origen subártico hacia el sur, a lo largo de la costa oeste de Estados Unidos y de la Península de Baja California, entre los 46° y los 23° de latitud norte, siendo así el componente oriental del giro anticiclónico del Pacífico Norte. Esta corriente predomina en el área durante los meses de invierno y primavera. Por su parte, la corriente Norecuatorial que aumenta su influencia durante los meses de verano y otoño transporta aguas de origen trópico-occidentales, caracterizadas por valores altos de temperatura y salinidad, y bajos niveles de oxígeno disuelto. Esta corriente y la de California se interconectan en las proximidades de Cabo San Lucas y Cabo Corrientes (De la Lanza 2001).

Además de las dos grandes corrientes mencionadas, cerca de la costa occidental de Baja California se observa la contracorriente de California de menor intensidad. Esta contracorriente fluye desde la boca del Golfo de California hasta latitudes mayores.

Las surgencias son eventos frecuentes en las costas de la península de Baja California. 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.



5. MATERIALES Y MÉTODOS

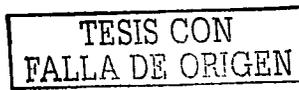
Los muestreos se realizaron en la costa occidental del estado de Baja California Sur, como parte del proyecto de "Biología de tiburones en el sur del Golfo de California" del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) durante los meses de agosto del 2000 a agosto del 2001, febrero de 2002, abril-mayo de 2002, julio de 2002 y octubre de 2002 a enero de 2003. Las salidas se realizaron mensualmente al campo pesquero presente en Punta Belcher en Isla Magdalena y quincenalmente al campo pesquero de Punta Lobos al sur de la ciudad de La Paz. Estos sitios se seleccionaron en función de las facilidades que proporcionaron los pescadores y donde el tiburón azul es la especie que sostiene la pesquería constituyendo más del 50% del total de tiburones capturados. En estas dos localidades, los pescadores capturaron a los tiburones principalmente con redes y palangres, a una distancia de la costa entre 30 y 40 millas aproximadamente.

A los organismos desembarcados se les tomó la longitud total (LT), que es la distancia desde la punta del hocico hasta el extremo distal del lóbulo superior del pedúnculo caudal, usando una cinta métrica graduada en mm. También se registró el sexo del individuo y estado de madurez, en los machos considerando el grado de calcificación del gonopterigio, 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 indiquen que ya haya alcanzado la madurez sexual.

Se tomaron de la columna vertebral, cuando fue posible, secciones de la región anterior. Cada sección fue etiquetada, metida en una bolsa de plástico e introducida en hielo para su traslado al laboratorio de Ictiología del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), donde se mantuvieron congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.1. TRABAJO DE LABORATORIO

Esta parte se realizó en el laboratorio de edad y crecimiento del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), en La Paz, BCS. 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 les aplicaron dos técnicas, con el fin de establecer cual de estas resaltaba mejor los anillos de crecimiento y por ende facilitaba su lectura. Para la primera técnica se separó una





vértebra por muestra y se dejó secar entre 3 y 4 h, para evitar que se deformara y esto impidiera la lectura de los anillos. Posteriormente fueron incluidas en resina industrial contenida en moldes cuadrados de plástico y se pegaron en una pequeña madera para fijarlas y realizar los cortes longitudinales incluyendo el foco de la vértebra, con una cortadora Buehler de baja velocidad, modelo Isomet, variando el grosor entre 0.3 mm y 0.5 mm.

Se realizaron tinciones de los cortes con rojo de alizarina y hematoxilina, llegándose a la conclusión de que la tinción que resaltaba mejor las bandas y daba un mayor contraste era la de hematoxilina durante un minuto. Luego se le retiró el exceso de agua al corte y se colocó en un portaobjetos y se observó al microscopio estereoscópico Olympus SZX-TR30 con un aumento de 6.3X, utilizando una cámara Sony modelo CCD-IRIS adaptada al microscopio con la cual se digitalizó una imagen del corte y esta se guardó en la computadora. Estas imágenes fueron utilizadas para realizar las lecturas de los anillos de crecimiento.

Para la segunda técnica se tomó una vértebra entera de cada muestra, y se sumergió en una solución de nitrato de plata al 1% aproximadamente por 5 minutos, luego se expusieron a una fuente de luz ultravioleta hasta observar que se ha logrado la coloración de las bandas de crecimiento, e inmediatamente se enjuagaron en una solución de tiosulfato de sodio al 5% para remover los excedentes del nitrato de plata y fijar la tinción (Stevens 1975). De estas vértebras teñidas también se digitalizaron imágenes y los anillos fueron leídos utilizando el microscopio estereoscópico.

A las imágenes digitalizadas en la computadora, provenientes de las dos técnicas, se les 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 del penúltimo anillo (**Figura 3**), con la ayuda del programa Sigma Scan pro 4.0.

Las lecturas de las bandas de crecimiento se realizaron por tres personas. Antes de iniciar las lecturas se definieron los criterios que se iban a tomar en cuenta para estas, como lo era la marca de nacimiento y que iba a ser contado como una banda. Los tres lectores, por separado, leyeron una vez todas las vértebras sin conocer la lectura de los otros dos ni la longitud total de los individuos. Posteriormente se calculó la precisión de las tres lecturas realizadas.

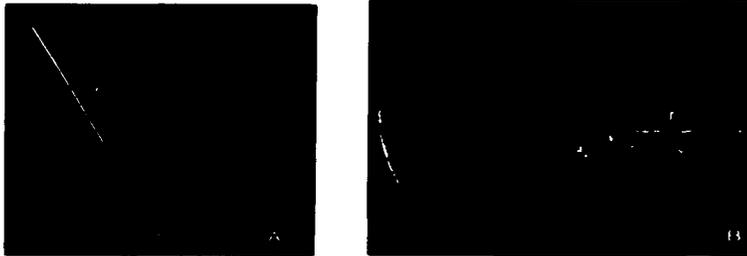


Figura 3. Medida del radio vertebral (r , en mm). A. Corte y tinción con hematoxilina, B. Tinción con nitrato de plata.

5.2. TRATAMIENTO DE DATOS

Mediante el uso del programa Statistica 5.0 se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si la distribución de frecuencias de tallas total era normal; como este no fue el caso se utilizó la prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov para establecer si existían diferencias entre las distribuciones de las tallas entre hembras y machos.

Para verificar la periodicidad de la formación de los anillos de crecimiento se utilizó el método indirecto del porcentaje de tipo de borde, para lo cual se graficó el porcentaje de vértebras con bordes opacos durante los meses de muestreo.

Para calcular la precisión entre las lecturas de edad realizadas, se utilizó el Índice del Error Promedio Porcentual (APE) (Beamish y Fournier 1981):

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



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 .

El crecimiento fue calculado mediante la ecuación de von Bertalanffy, considerado el modelo que mejor describe el crecimiento en peces:

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

donde LT es la longitud a la edad t en años, L_{∞} 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 se estimaron para hembras y machos maximizando la función de verosimilitud:

$$\ln(L) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-y)^2}{2\sigma^2}}$$

en donde x son las tallas observadas, y son las esperadas y σ es la desviación estándar de las tallas observadas. La verosimilitud será igual a $\sum_{x=1}^y L$. Con la ayuda del programa Excel 2000, y su función resolver, se estimó la máxima verosimilitud seleccionando los valores de los parámetros de crecimiento que maximizaba la función de verosimilitud calculada.

Se calcularon los intervalos de confianza al 95% para los parámetros de L_{∞} y K , utilizando la ecuación (Venzon y Moolgavkor 1988):

$$2[L(Y|p = \hat{p}) - L(Y|p = p)] = X_{t,1-\alpha}^2$$

en donde:

$L(Y|p = \hat{p})$ es el negativo del logaritmo de la verosimilitud, correspondiente a la máxima verosimilitud estimada,



$L(Y|p = \hat{p})$ es el valor más bajo del negativo del logaritmo de la verosimilitud posible cuando p es ajustado a \hat{p} (implicando la minimización del negativo del logaritmo de la función de verosimilitud sujeto a la restricción de que $p = \hat{p}$), y

$X^2_{1,1-\alpha}$ es el valor de la distribución de chi-cuadrado con un grado de libertad y un nivel de confianza de $1-\alpha$.

Entonces, los intervalos de confianza al 95% del parámetro p , abarcan todos los valores de \hat{p} en los cuales el resultado de esta ecuación sea menor a 3.84.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



6. RESULTADOS

6.1. COMPOSICIÓN DE LAS CAPTURAS

Durante el periodo de muestreo la especie más abundante en las capturas de tiburones fue *Prionace glauca* de la cual se capturaron un total de 917 individuos, cuyas tallas oscilaron entre 81 y 270 cm de longitud total (LT), con un promedio de 158.36 cm. En toda la muestra los machos y las hembras presentaron una proporción de sexos de 2M:1H predominando en gran número los machos.

Las capturas estuvieron compuestas en un 65% por machos con longitudes totales entre 81 y 270 cm; y un 35% de hembras con tallas entre 90 y 252 cm (Figura 4). La hembra y el macho más pequeños fueron capturados en los meses de febrero y abril con una LT de 90 y 81 cm respectivamente. El individuo más grande se capturó en el mes de julio y correspondió a un macho de 270 cm de LT; la hembra más grande presentó una LT de 252 cm. La LT promedio para los machos fue de 162.73 cm con una desviación estándar de 37.52 cm y para las hembras el promedio fue de 150.37 cm y la desviación de 32.34 cm (Figura 4).

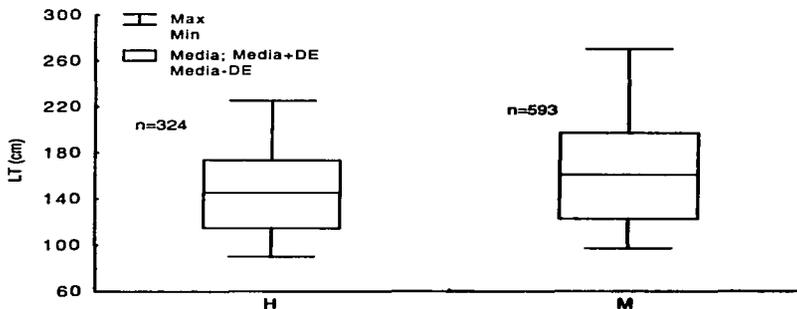


Figura 4. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las LT de las hembras y machos de *P. glauca* capturados en la costa occidental de BCS.



La distribución de frecuencia de las tallas presentó diferencias significativas entre hembras y machos, siendo más grandes los machos (Prueba Kolmogorov-Smirnov, $P < 0.001$). Se encontró un mayor porcentaje de hembras entre los intervalos de tallas (LT) de 111 a 140 cm, mientras que los machos se encontraron en mayor número entre los 121 y 150 cm (Figura 5).

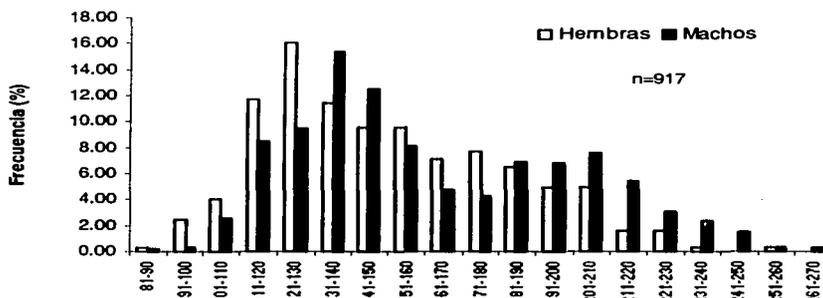


Figura 5. Distribución de frecuencias de tallas (LT) de los tiburones azules capturados en la costa occidental de BCS.

La relación entre el radio vertebral y la longitud total fue lineal (ANOVA, $P < 0.01$), siendo 202.99 el valor de la pendiente y 368.85 el valor del intercepto con un r^2 de 0.8016 (Figura 6).

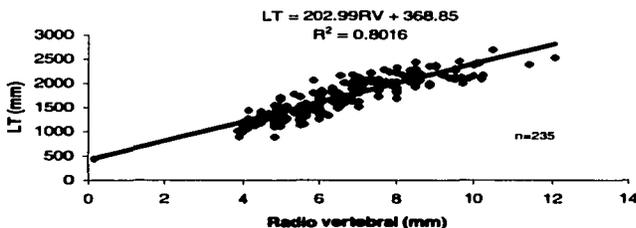


Figura 6. Relación entre el radio de la vértebra (RV) y la longitud total (LT) para *P. glauca*.



6.2. DETERMINACIÓN DE LA EDAD

La determinación de la edad se realizó para 204 individuos capturados en la costa occidental de BCS, los cuales se encontraron entre los 90 y 253 cm de LT. La técnica del nitrato de plata presentó mejores resultados en cuanto al resaltamiento de los anillos de crecimiento en las vértebras del tiburón azul, por tanto los datos para la determinación de la edad se basaron en las lecturas realizadas con las vértebras teñidas bajo esta técnica.

Para las lecturas de las vértebras se consideró que un anillo de crecimiento está formado por dos bandas, una hialina y una opaca. La primera banda hialina encontrada en las vértebras fue considerada la marca de nacimiento y esta no fue incluida en el conteo final de anillos (Figura 7).



Figura 7. Vértebra de tiburón azul indicando la marca de nacimiento (MN).

Se establecieron las diferencias entre las tres lecturas de edad realizadas (Figura 8), encontrándose una concordancia en el 72.5% de las vértebras. Solo en un 4.9% (10) de las muestras fueron diferentes lecturas realizadas por los tres lectores, por lo cual estas fueron eliminadas del análisis (Anexo 1).

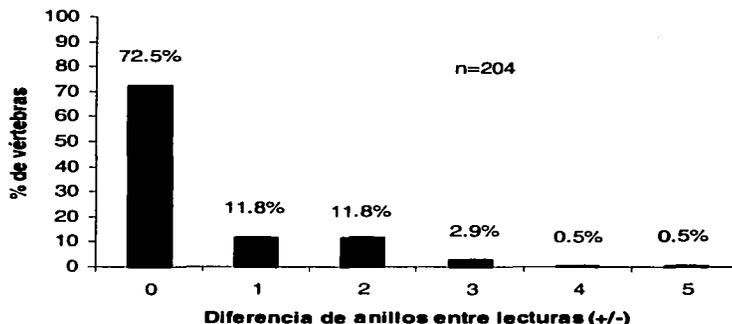


Figura 8. Diferencias encontradas entre las tres lecturas realizadas.

El índice de Error Promedio Porcentual (*APE*) estimado para las lecturas realizadas por los tres lectores fue de 3.01%, el cual es un valor bueno para trabajos de este tipo (**Anexo 1**).

Para verificar la periodicidad de la formación de las bandas de crecimiento se observó el porcentaje de bordes opacos presentes en las vértebras durante los meses de muestreo. Aunque no se contó con muestras de todos los meses del año, sí se pudo observar una variación importante en el porcentaje de bordes opacos durante los meses muestreados, encontrando el mayor valor en el mes de octubre (70%) y el menor durante el mes de diciembre (25%) (**Figura 9**). Esta variación puede estar indicando que la formación de la banda opaca se esta llevando acabo durante los meses de verano como ya ha sido reportado por otros autores para esta especie (Cailliet *et al.* 1986, Furlong-Estrada 2000). Por lo cual, se puede asumir que los anillos de crecimiento en esta especie se forman anualmente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

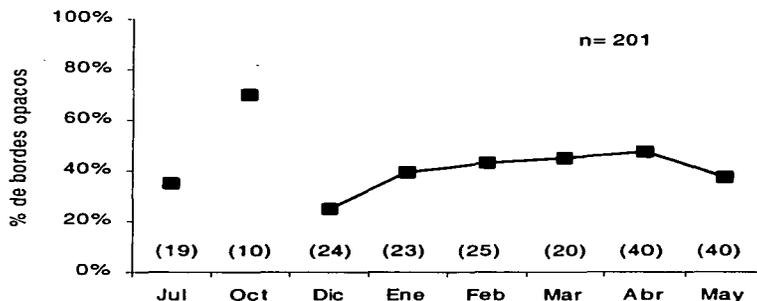


Figura 9. Porcentaje de bordes opacos observados en las vértebras de *P. glauca*, durante los meses de muestreo; (n).

El número de anillos encontrados varió entre 1 y 16; sin embargo, con un anillo solo se encontraron dos individuos con una talla (LT) promedio de 95 cm; con 15 y 16 anillos solo se encontró un individuo con longitudes totales de 246 y 253 cm respectivamente (**Anexo 1**). No se encontró ningún individuo con 14 anillos. Las tallas promedio y la desviación estándar de cada uno de los grupos de edad se muestra en la **Figura 10**.

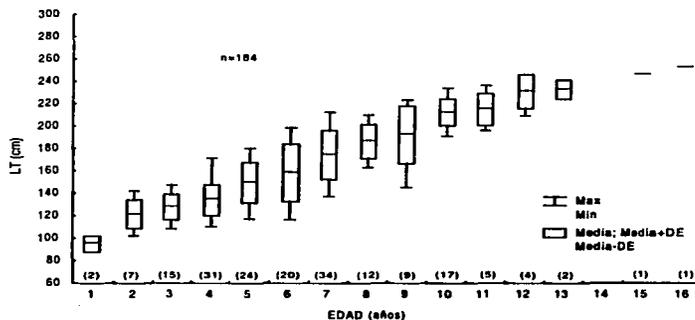


Figura 10. Promedio, desviación estándar, máximos y mínimos, de la longitud total en los grupos de edad encontrados para el tiburón azul en BCS.



El mayor porcentaje de los individuos se encontró entre las edades 4 y 7, lo cual representó más del 50% del total de los individuos muestreados. Sin embargo, el mayor porcentaje de machos se encontró en la edad 4 y las hembras predominaron en la edad 7 (**Figura 11**). El individuo más viejo incluido en el muestreo, fue un macho de 253cm de LT en cuya vértebra se observaron 16 anillos de crecimiento; se analizaron adicionalmente dos embriones a término, uno de 38 cm de LT y el otro de 44.3 cm, en los cuales no se encontró marca de crecimiento.

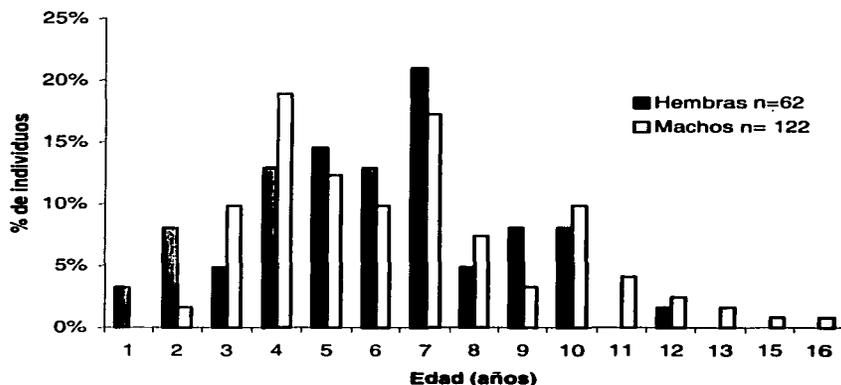


Figura 11. Estructura de edades de los individuos de *P. glauca* muestreados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



6.3. CRECIMIENTO

Se estimaron los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, para sexos combinados y para hembras y machos por separado, y se observó que el valor de L_{∞} estimado para los machos fue mayor que el de las hembras (**Tabla 1**).

Tabla 1. Parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy estimados para hembras (H), machos (M) y sexos combinados (combinados) de *P. glauca* y los intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para L_{∞} y K.

L_{∞} (cm)	237.5	160-290	299.85	225-350	303.4	235-370
(K) año	0.15	0.08-0.26	0.10	0.06-0.14	0.10	0.06-0.13
(año)	-2.15		-2.44		-2.68	

Con estos parámetros estimados para la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy se construyó la curva de crecimiento para esta especie, separando también por sexos las curvas (**Figura 13**).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

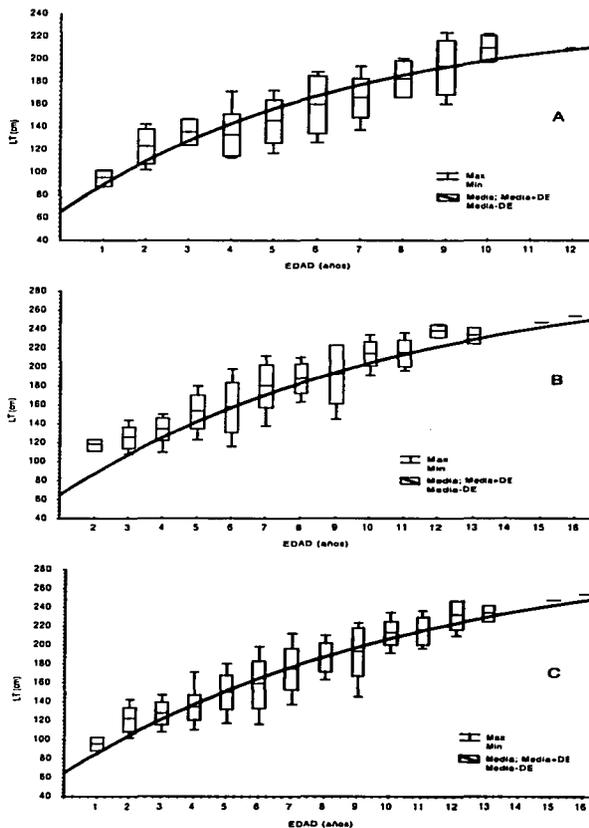


Figura 12. Curva de crecimiento para hembras (A), machos (B) y sexos combinados (C) de *P. glauca*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



7. DISCUSIÓN

FALLA DE ORIGEN

7.1. COMPOSICIÓN DE LAS CAPTURAS

El tiburón azul en el Océano Pacífico se ha reportado como una de las especies más abundante en algunas pesquerías (Nakano 1994, Furlong-Estrada 2000), lo cual también se observó en la pesca de tiburón que se lleva a cabo en la costa occidental de Baja California Sur (BCS). En los meses de muestreo esta especie fue la más abundante (>50% de las capturas) con 917 individuos capturados.

Considerando que la longitud total (LT) a la que nacen los tiburones azules es aproximadamente de 40 cm (Pratt 1979) y se ha reportado que alcanza una talla máxima cercana a los 380 cm (Stransburg 1958), se puede decir que en este trabajo la muestra careció de los individuos más pequeños y más grandes de la población. Esto puede deberse a varios factores, como es la selectividad de los artes utilizados, a la segregación por talla y sexo que presenta esta especie y también a los patrones de migración, ya que como lo reporta Nakano (1994) los individuos adultos (> 150 cm) de *P. glauca* acostumbran a estar en zonas más oceánicas y hacia el sur en aguas más ecuatoriales y los individuos más pequeños se pueden encontrar más hacia el norte en donde se encuentran las áreas de crianza (40°N). Sin embargo, también es importante considerar que los tiburones azules de más de 260 cm de LT son raros en el Pacífico noreste (Stransburg 1958). Según la separación por tallas que hace Nakano (1994) para esta especie, los individuos capturados en la costa occidental de BCS pertenecen en mayor porcentaje a individuos sub-adultos entre 100 y 150 cm de LT y adultos entre los 150 y 270 cm.

Tomando en cuenta el modelo de migración propuesto para el tiburón azul en el Pacífico norte (Nakano 1994), se puede explicar la gran predominancia de machos (65%) durante los muestreos ya que esta especie presenta una segregación por sexos en la etapa de sub-adultos como una adaptación de las hembras para evitar la peligrosa asociación con los machos por su comportamiento de apareamiento. Por tanto, en esta etapa los machos se desplazan hacia la parte sur del Océano Pacífico norte, lo cual los hace más abundantes en la zona de BCS, y las hembras se desplazan hacia el norte de esta área. Los adultos de ambos sexos se encuentran



mayormente hacia el sur (20°N) de las zonas de crianza que se encuentran cercanas a los 40°N; sin embargo las hembras adultas después de aparearse realizan migraciones hacia el norte donde están las zonas de alumbramiento, esto explica el menor número de hembras adultas encontradas en este estudio.

7.2. DETERMINACIÓN DE LA EDAD

La técnica del nitrato de plata ha sido utilizada en varios trabajos para resaltar los anillos de crecimiento en las vértebras de tiburón azul (Stevens 1975, Cailliet *et al.* 1983b, Tanaka *et al.* 1990), dando buenos resultados en cuanto a la precisión de las lecturas (Tanaka *et al.* 1990). En este trabajo se consideró como la técnica que mejores resultados arrojó, en cuanto a que resaltó más las bandas de crecimiento permitiendo que las lecturas fueran más fáciles y además requiere de menos tiempo y es más sencilla que la técnica de los cortes. Sin embargo esta técnica también presenta algunos problemas debido a que pueden llegar a sobreteñirse los bordes, dificultando la diferenciación del tipo de borde, y en los individuos adultos la lectura de las últimas bandas, ya que a medida que el tiburón crece las bandas de crecimiento se van haciendo más delgadas y la separación entre ellas es muy poca lo cual hace más difícil su diferenciación y posterior lectura.

La precisión de las lecturas realizadas por los tres lectores fue buena presentando un porcentaje alto de concordancia entre ellas y el valor de 3.01% del APE indica que las lecturas tienen un nivel relativamente alto de precisión, mostrando así que el método utilizado arroja buenos resultados en cuanto a la lectura de las vértebras, lo cual concuerda con otros trabajos (Tanaka *et al.* 1990).

De acuerdo con el proceso de verificación basado en el porcentaje de bordes opacos, la formación de los anillos de crecimiento en *P. glauca* parece ser un evento anual, lo cual concuerda con lo sugerido en otros trabajos realizados tanto en el Océano Atlántico, como en el Océano Pacífico (Stevens 1975, Furlong-Estrada 2000, Skomal y Natanson 2002) y con el patrón reportado para la mayoría de los carcarínidos (Cailliet 1990). El alto porcentaje de bordes opacos durante el mes de octubre (70%) sugiere que la formación de dicha banda se está llevando a cabo durante los meses de verano, como ya se ha visto por otros autores (Cailliet *et al.* 1986), pues durante este periodo los individuos no están realizando migraciones y pueden utilizar la mayoría de su energía para el crecimiento. El periodo de formación de la banda hialina



no se pudo observar claramente, posiblemente debido a la falta de datos en algunos meses y a la dificultad a la hora de determinar el tipo de borde de algunas vértebras, ya que en el proceso de tinción los bordes de las vértebras son susceptibles a sobreteñirse y quedar completamente negros, por lo cual es posible que se hayan asumido como bordes opacos siendo hialinos. La formación de los anillos de crecimiento para el tiburón azul, se ha explicado con diferentes variables; algunos autores la relacionan con las variaciones de la temperatura (Stevens, 1975), ya que ella puede afectar la velocidad de incorporación de elementos como el calcio; y otros con los patrones de migración de esta especie (Skomal y Natanson, 2002), pues los organismos utilizan la energía almacenada, para efectuar sus migraciones, por tanto disminuyen el crecimiento durante este periodo, causando la formación de una marca hialina en la vértebra.

El intervalo de tallas de los individuos estuvo entre 90 y 253 cm de LT y similar al encontrado por Furlong-Estrada (2000) en las costas de Ensenada B.C. quien utilizó igualmente la técnica de nitrato de plata. Sin embargo, en este estudio el autor reporta individuos con 1 a 11 bandas mientras que en el presente estudio se encontraron individuos hasta con 16 bandas, encontrándose 4 grupos de edad más. Esta diferencia entre las lecturas de edad puede deberse a múltiples factores (Tanaka *et al.* 1990), como lo son, la experiencia de los lectores en los diferentes laboratorios, los criterios estipulados para realizar las lecturas y la implementación y experiencia de la técnica de tinción utilizada. Como ya se ha mencionado anteriormente, la técnica de nitrato de plata puede presentar ciertas dificultades a la hora de realizar las lecturas de las últimas bandas de crecimiento en los organismos adultos, causando una posible subestimación en su conteo.

Las tallas promedio y los intervalos de LT de los grupos de edad encontrados para los tiburones azules de BCS son similares a las reportadas para *P. glauca* en otras regiones del Océano Pacífico (Tanaka *et al.* 1990, Nakano 1994, Furlong-Estrada 2000). Sin embargo en ningún otro trabajo realizado en esta región se habían encontrado los grupos de edad 13, 15 y 16. El máximo número de bandas encontrado para el tiburón azul en la región norte del Océano Pacífico fue de 11, reportado por Tanaka *et al.* (1990), para aguas cercanas a Japón, y por Furlong-Estrada (2000) para aguas de Baja California en México con una LT promedio de aproximadamente 225 cm y 230 cm respectivamente, muy similar a lo encontrado para este grupo de edad en el presente estudio. De las edades 15 y 16 solo se encontró un individuo que presentó tallas de 246 y 253 cm respectivamente. Estas longitudes son mucho menores a la reportada (280.1 cm) para individuos de edad 11 por Furlong-Estrada (2000); sin embargo, esto



no puede discutirse como una diferencia de tallas entre los grupos de edad de ambas regiones debido al reducido número de individuos encontrado en ambos estudios, los cuales pueden estar dentro de los límites de los intervalos de talla de dichos grupos de edad.

Se observó una gran variación en las tallas para cada grupo de edad, lo cual 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). Esto se ha atribuido a diferencias en el crecimiento individual (Tovar 2000), o a las variaciones en el método utilizado entre diferentes autores.

En los tiburones azules capturados en BCS predominaron individuos con edades entre los 4 y 7 años. Los machos sub-adultos fueron más abundantes, y se encontraron en mayor porcentaje en la edad 4 con una talla promedio de 133.54 cm y las hembras en la 7, con una longitud promedio de 174.2 cm. Esto puede deberse a los movimientos hacia el sur que presentan los machos de esta edad, aumentando así su número en aguas de Baja California Sur y a que las hembras de las edades 2 a 5 se desplazan hacia aguas más al norte (Nakano 1994) lo que hace que se disminuya el número de individuos de estas edades en las aguas del área de estudio. Los individuos de las edades uno y dos deben encontrarse más cerca de las zonas de crianza hacia el norte, pues hasta ahora empiezan sus movimientos migratorios, lo cual puede explicar su escasez en aguas de BCS. Sin embargo el bajo número de individuos de estas edades también puede estar asociado con la selectividad de los artes de pesca utilizados en las capturas del área de estudio.

La talla de primera madurez sexual reportada para esta especie en la costa occidental de BCS, fue de 180 cm de LT para los machos y de 185 cm para las hembras (Pratt 1979, Carrera *et al.* 2003). Esta talla corresponde a individuos entre los 5 y 7 años para los machos y de 7 a 9 años para las hembras, lo cual quiere decir que la mayoría de los individuos de *P. glauca* capturados en la costa occidental de Baja California Sur son individuos inmaduros juveniles y sub-adultos (entre los 4 y 7 años). Esto ha sido reportado también para las aguas de Baja California (Furlong-Estrada 2000) en el Océano Pacífico, donde se encontró que la pesca artesanal y de mediana altura estaba incidiendo fuertemente sobre los organismos juveniles y sub-adultos que aún no alcanzaban la madurez sexual; esta explotación en las partes claves del desarrollo del tiburón azul puede llegar a causar un impacto a largo plazo en la población de esta especie en la región norte del Océano Pacífico Noreste.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



7.3. CRECIMIENTO

Los parámetros de crecimiento estimados en este trabajo son similares a los reportados para el tiburón azul en otras regiones del Océano Pacífico noreste (**Tabla 2**). Los valores reportados por Cailliet *et al.* (1983b) para hembras y machos de tiburón azul en las costas de California, son los más parecidos a lo encontrado en este estudio, estimándose un valor de L_{∞} mayor para los machos que para las hembras. Igualmente Furlong-Estrada (2000) y Giacomo (2002) encontraron valores similares para sexos combinados en las costas de Ensenada en Baja California. Debido a que se trata de una especie migratoria, estas similitudes sugieren que existe una sola población de *P. glauca* en la región del Océano Pacífico noreste que migra durante todo el año entre los 20° y 40°N.

Las diferencias entre los parámetros de crecimiento que se encontraron con otros trabajos realizados en el Océano Pacífico (Tanaka *et al.* 1990, Nakano 1994) y con los realizados en el Océano Atlántico (Skomal y Natanson 2002) (**Tabla 2**), no necesariamente están mostrando una diferencia de crecimiento entre poblaciones, ya que es difícil concluir si las diferencias intra e inter-oceánicas en el crecimiento son reales o son un efecto de la metodología.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Tabla 2. Comparación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy estimados para *P. glauca*, en diferentes regiones del mundo, basándose en anillos de crecimiento en las vértebras. (SC= sexos combinados).

Región	Sexo	N	L_{∞} (cm)	K (1/año)	t_0 (años)	Autores
Atlántico norte	Machos	287	337.9*	0.18	-1.35	Skomal y Natanson (2002)
Pacífico noreste	Machos	38	295.3	0.18	-1.11	Cailliet et al. (1983b)
Pacífico noroeste	Machos	43	369	0.10	-1.38	Tanaka et al. (1990)
Pacífico norte	Machos	148	382.9*	0.13	-0.76	Nakano (1994)
<i>Baja California sur</i>	<i>Machos</i>	<i>122</i>	<i>299.8</i>	<i>0.10</i>	<i>-2.44</i>	<i>Presente estudio</i>
Atlántico norte	Hembras	118	343.3*	0.16	-1.56	Skomal y Natanson (2002)
Pacífico noreste	Hembras	88	241.9	0.25	-0.79	Cailliet et al. (1983b)
Pacífico noroeste	Hembras	152	304	0.16	-1.01	Tanaka et al. (1990)
Pacífico norte	Hembras	123	321.4*	0.14	-0.85	Nakano (1994)
<i>Baja California sur</i>	<i>Hembras</i>	<i>62</i>	<i>237.5</i>	<i>0.15</i>	<i>-2.15</i>	<i>Presente estudio</i>
Atlántico norte	SC	410	341.6*	0.17	-1.41	Skomal y Natanson (2002)
Atlántico noreste	SC	159	377	0.12	-1.33	Henderson et al. (2001)
Pacífico noreste	SC	130	265.5	0.22	-0.80	Cailliet et al. (1983b)
Baja California	SC	417	310	0.16	-2.15	Furlong-Estrada (2000)
Baja California	SC	485	314.1	0.14	-1.96	Giacomo (2002)
<i>Baja California sur</i>	<i>SC</i>	<i>184</i>	<i>303.4</i>	<i>0.10</i>	<i>-2.68</i>	<i>Presente estudio</i>

* En estos estudios se reporta en longitud Furcal y/o longitud precaudal, así que se convirtió a longitud total utilizando las siguientes ecuaciones (Kohler et al. 1995): $LF = 0.8313(LT) + 1.39$ y $LPC = 0.9075(LF) - 0.3956$

Los machos presentaron un L_{∞} mayor (299.85 cm LT) que el de las hembras (237.5 cm LT) y un valor de K menor (0.10). Sin embargo, debido al bajo número de muestras de hembras y a la escasez de estas en los intervalos de tallas grandes, no se pudo estimar una diferencia en el crecimiento entre ambos sexos, pues la falta de estos intervalos de tallas puede ser la causa de dichas diferencias entre las estimaciones.

Son bien conocidas las diferencias sexuales en el crecimiento en los elasmobranchios, en donde las hembras alcanzan una mayor talla que los machos. Sin embargo, en el tiburón azul del Océano Pacífico norte no se ha observado, ya que siempre se han estimado longitudes asintóticas mayores para los machos que para las hembras (Cailliet et al. 1983b, Tanaka et al. 1990, Nakano 1994), al igual que en este estudio. Esto puede indicar que en esta región escasean las hembras de tallas grandes tal vez debido a la alta mortalidad natural que



presentan, lo cual hace que no puedan ser capturadas en estas longitudes. La presencia de heridas severas en las hembras de tiburón azul causadas por los machos durante el apareamiento (Stevens 1974, Pratt 1979) y su acumulación a largo plazo podría ser una causa del aumento de la mortalidad natural de las hembras de esta especie, acortando su longevidad y limitando el número de hembras que alcanzan las tallas grandes (Skomal y Natanson 2002).

Las curvas de crecimiento estimadas para sexos combinados en los estudios de Furlong-Estrada (2000) y Cailliet *et al.* (1983b) presentaron algunas diferencias con la de este estudio; en estas se observa una mayor tasa de crecimiento. Estas diferencias pueden deberse a las metodologías aplicadas en los diferentes estudios, así como a los intervalos de tallas muestreados en cada trabajo. La carencia de individuos de tallas pequeñas (<100 cm) y de individuos de tallas grandes (>210) en este estudio, puede estar influenciando las variaciones entre los modelos de crecimiento, ya que es bien conocido que son estos grupos de edad los que tienen mayor influencia en la estimación del crecimiento en una especie (Campana 2001).



8. CONCLUSIONES

El tiburón azul *P. glauca*, es la especie de tiburón más abundante en las capturas de Punta Belcher y Punta Lobos en la costa occidental de Baja California Sur (BCS), superando el 50 % de las capturas con 917 individuos capturados entre agosto de 2000 y enero de 2003.

La escasez de individuos de tiburón azul de tallas pequeñas y grandes en las capturas sugiere que estos individuos en estos intervalos de talla son poco comunes en las aguas de la costa occidental de BCS, o no son susceptibles a ser capturados por los artes utilizados en esta región.

Las capturas de tiburón azul en la costa occidental de BCS están compuestas principalmente por machos y hembras sub-adultos entre los 111 y 150 cm de longitud total, donde predominaron en número los machos los cuales representaron el 65% de la captura.

La técnica de tinción de las vértebras con nitrato de plata presenta mejores resultados para *P. glauca*, en cuanto a que resalta mejor los anillos de crecimiento lo que permite una mejor precisión en las lecturas.

En las capturas de tiburón azul se encontraron individuos entre los 1 y 16 años, indicando que en la costa occidental de Baja California Sur *P. glauca* está entrando a las pesquerías en su primer año de vida y además las capturas están compuestas principalmente por individuos entre los 4 y 7 años los cuales se encuentran en las primeras etapas de su desarrollo.

Se encontraron cuatro grupos de edad más que los reportados para *P. glauca* en el Océano Pacífico norte, presentándose individuos con edades de 12, 13, 15 y 16 años.

Se estimó que los machos maduran entre los 5 y 7 años de edad, y las hembras entre los 7 y 9 años indicando que la mayoría de los individuos de *P. glauca* capturados en la costa occidental de BCS son individuos inmaduros juveniles y sub-adultos, debido a la predominancia de individuos entre los 4 y 7 años.



Las ecuaciones de crecimiento para hembras, machos y sexos combinados del tiburón azul *P. glauca* capturado en la costa occidental de BCS, son las siguientes:

-Hembras: $LT = 237.5 [1 - e^{-0.15(t - (-2.15))}]$

-Machos: $LT = 299.85 [1 - e^{-0.10(t - (-2.44))}]$

-Sexos combinados: $LT = 303.4 [1 - e^{-0.10(t - (-2.68))}]$

Los parámetros de crecimiento estimados en este trabajo, son similares a los reportados para el tiburón azul en otras regiones del Océano Pacífico noreste.

Se encontró una tasa de crecimiento menor a la reportada para el tiburón azul en el Océano Pacífico noreste.



9. LITERATURA CITADA

ANISLADO, V. 1995. Determinación de la edad y crecimiento en el tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en el Pacífico Central Mexicano. Tesis Licenciatura Biología, Fac. de Ciencias. UNAM. 68 p.

BEAMISH, R.J y D.A. FOURNIER. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: p 982-983.

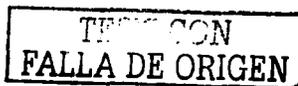
CAILLIET, G. M. y D. W. BEDFORD. 1983. The biology of three pelagic sharks from California waters, and their emerging fisheries: A review. CalCOFI Rep. 24:57-68.

_____; L.K. MARTÍN; D. KUSHER; P. WOLF y A. WELDEN. 1983a. Tecnicas for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs. En: Price, E.D. y L.M. Pulos (eds.). Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. U.S. Dep. Commerce. NOAA. Tech. Rep. NMFS. 8. p 157-166.

_____; L.K. MARTÍN; J.T. HARVEY; D. KUSHER y 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. En: Price, E.D. y L.M. Pulos (eds.). Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. U.S. Dep. Commerce. NOAA. Tech. Rep. NMFS. 8. p 179-188.

_____; R.L. RADTKE y B.A. WELDEN. 1986. Elasmobranch age determination and verification: a review. En: Uyeno, T.; R. Arai; T. Taniuchi y K. Matsuura (eds.). Indo-Pacific fish biology: Proceedings of the second international conference on Indo-Pacific fishes. Ichthyol.Soc.Jpn., Tokyo. P. 345-360.

_____. 1990. Elasmobranch age determination and verification: an update review. En: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber, y T. Taniuchi (eds.), Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and Status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. 90: 157-165.





CAMPANA, S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validations methods. *J. Fish. Biol.* 59: 197-242.

CAREY, F. G. y J. V. SCHAROLD. 1990. Movements of blue sharks (*Prionace glauca*) in depth and course. *Mar. Biol.* 106: 329-342.

CARRERA, M., F. GALVAN y P.CEBALLOS. 2003. Biología reproductiva del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), en la costa occidental de Baja California Sur, México: resultados preliminares. Memorias del primer Foro de intercambio científico sobre tiburones y rayas. Guaymas, Sonora, México. 29 y 30 de Mayo. p 7.

CASTRO, J.I., C.M. WOODLEY, y R.L. BRUDEK. 1999. A Preliminary Evaluation of the Status of Shark Species. FAO Fisheries Technical Paper. No. 380. Roma. 72 p.

CASTILLO-GENIZ-GENIZ, J.L. 1990. Contribución al Conocimiento de la Biología y Pesquería del Cazón Bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1982) (Elasmobranchii, Carcharhinidae) del Sur de Sinaloa, México. Tesis Licenciatura Biología. Fac. Ciencias. UNAM. 128 p.

_____. 1992. Diagnostico de la Pesquería de Tiburón de México. INP Secretaría de Pesca. 76 p.

_____, A. CID DEL PRADO, C. ROBINSON y V. ANISLADO. 1996. Estado Actual del Conocimiento Científico y Tecnológico de los Tiburones como Recurso Natural Renovable de México. SEMARNAP/INP/ICMyL/Fac. de Ciencias. UNAM. Informe Interno para el Grupo de Trabajo No.4. "La pesquería de tiburón", Norma Oficial Mexicana para la Regulación de la Pesca de Tiburón. Documento interno inpaginado.

CETENAL. 1970. Carta climatológica. Dirección de Planeación. Secretaría de la Presidencia. 12R-VII.

COMPAGNO, L.J.V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol 4. Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Sharks Species Known to Date. FAO. *Fish. Synop.* No. 125, Vol., pt.



1 (Non carcharhinoids, 1984a), p. viii, 1-250, April, pt. 2 (Carcharhiniformes, 1984b), p. x, 251-655, Dec. United Nations Development Programme/Food and Agriculture Organization of the United Nations.

DE LA LANZA, G., 2001. Características físico-químicas de los mares de México. Instituto de Geografía, UNAM y Plaza y Valdés eds. México, DF, 149 p.

FISHER, W., F. KRUPP, W. SCHNEIDER, C. SOMMER, K. E. CARPETER y V. H. NIEM. 1995. Pacífico Centro-Oriental; Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. FAO; Roma. Vol.II: 648- 685 pp.

FURLONG-ESTRADA, E. 2000. Caracterización de la captura de tiburón azul (*Prionace glauca*, Linnaeus, 1758) descargado en Ensenada, Baja California. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Departamento de Ecología. Ensenada, B.C. México. 61 p.

GIACOMO, C.R. 2002. Análisis de edad y crecimiento de neonatos y juveniles de tiburón azul, (*Prionace glauca*). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California. México. 29 p.

HENDERSON, A.C., K. FLANNERY, y J. DUENNE. 2001. Observations on the biology and ecology of the blue shark in the North-east Atlantic. J. Fish. Biol. 58: 1347-1358.

HERNÁNDEZ-CARBALLO, A. 1965a. Resumen de las Investigaciones Sobre Elasmobranquios de la República Mexicana. An. Inst. Nat. Inv. Biol-Pesq. 10(98): 1-15.

_____. 1965b. Marcado de Tiburones y Recuperación de Marcas en el Océano Pacífico de la República Mexicana. An. Inst. Nat. Inv. Biol-Pesq. 10(98): 15-30.

_____. 1967. Observations on Hammerhead Sharks (*Sphyrna*) in the Waters Near Mazatlán, Sinaloa, México. En: Gilbert P.W, Mathewson R.F. y Rall D.P. (Eds.), *Sharks, Skates and Rays*. The John Hopkins Press. Baltimore. Maryland. p. 79-83.



HOENING, J. M. y S.H. GRUBER. 1990. Life history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. En: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber, y T. Taniuchi (eds.), Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and Status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. 90: 1-16.

HUETER, R.E. 1998. Science and Management of Shark Fisheries. Fish. Research. 39 (2): 105.

KATO, S. y A. HERNÁNDEZ-CARBALLO. 1967. Shark Tagging in the Eastern Pacific Ocean, 1962-1965. En: Gilbert P.W, Mathewson R.F y Rall D.P. (Eds.), Sharks, Skates and Rays. The John Hopkins Press. Baltimore. Maryland. p. 93-109.

KOHLER, N.E., J.G. CASEY y P.A. TURNER. 1995. Length-weight relationships for 13 species of sharks from the western North Atlantic. Fish. Bull. 93: 412-418.

KUSHER, D.I. ; S.E. SMITH y G.M. CAILLIET. 1992. Validate age and growth of the leopard shark, *Triakis semifasciata*, with comments on reproduction. Environ. Biol. of Fishes 35: 187-203.

NAKANO, H. 1994. Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. Bull. Natl. Res. Inst. Far. Seas Fish. Enyosukenho. 31:141-256.

NELSON, J. 1994. Fishes of de World. Tercera edición. Estados Unidos. John Wiley & Sons, INC. 600 p.

PRATT, H. L., Jr. 1979. Reproduction of the blue shark, *Prionace glauca*. Fish. Bull. 77: 445-470.

SALINAS-GONZÁLEZ, F. 1987. Cálculo de corrientes geostróficas e inducidas por el viento frente a Bahía Magdalena a partir de datos del crucero CICIMAR – 8502. Tesis Maestría. CICIMAR – IPN. 116 p.

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1998. México. 251 p.



SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca 1999. México. 251 p.

SKOMAL, G.B. y L.J. NATANSON. 2002. Age and growth of the blue shark, *Prionace glauca*, in the North Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 54(4): 1212-1230.

SPARRE, P. y S.C. VENEMA. 1992. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Valparaíso, Chile. 250 p.

STEVENS, J. D. 1974. The occurrence and significance of tooth cuts on the blue shark (*Prionace glauca* L.). J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 54: 373-378.

_____. 1975. Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca* L.). J. Mar. Biol. Assoc. UK. 54: 373-378.

_____. 1976. First results of shark tagging in the northeast Atlantic, 1972-1975. J. Mar. Biol. Assoc. UK. 56: 929-937.

STRASBURG, D. W. 1958. Distribution, abundance and habits of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. U. S. Fish. Wild. Serv., Fish. Bull. 58: 335-361

TANAKA, S., G.M. CAILLIET y K.G. YUDIN. 1990. Differences in growth of the blue shark, *Prionace glauca*: technique or population?. En: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber, y T. Taniuchi (eds.), Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and Status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. 90: 177-187.

TOVAR, A.J. 2000. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839), en el Golfo de México. Tesis maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 67 p.

VENZON, D.J Y S.H. MOOLGAVKAR. 1988. A method for computing profile-likelihood-based confidence intervals. Applied Statistics. 37: 87-94.



10. ANEXOS

Anexo 1. Edades determinadas por las lecturas de las bandas de crecimiento en las vértebras de los individuos de tiburón azul muestreados. Error promedio Porcentual (APE) y promedio del error.

Numero Organismo	Longitud Total (cm)	Lectura 1 (años)	Lectura 2 (años)	Lectura 3 (años)	APE (%)
4	124	4	4	4	0.0
5	126	5	5	5	0.0
6	128	6	6	6	0.0
7	132	3	3	3	0.0
8	132	2	2	2	0.0
9	142	3	2	2	19.0
10	147	3	3	3	0.0
12	90	1	1	1	0.0
13	120	2	2	2	0.0
14	153	5	5	5	0.0
15	102	2	2	2	0.0
16	113	4	4	4	0.0
19	116	2	2	2	0.0
21	119	4	4	4	0.0
24	125	3	3	3	0.0
25	127	4	4	4	0.0
28	131	4	4	4	0.0
35	145	4	4	4	0.0
38	153	5	5	5	0.0
41	171	5	4	4	10.3
42	181	6	6	6	0.0
44	111	4	4	4	0.0
48	113	2	2	2	0.0
50	114	3	3	3	0.0
51	116	3	3	3	0.0
52	116	5	6	6	7.8
54	121	3	3	3	0.0
55	123	5	5	5	0.0
57	126	5	5	5	0.0
63	144	3	3	3	0.0
65	145	4	4	4	0.0
66	144	4	4	4	0.0
67	100	1	1	1	0.0
68	167	5	5	5	0.0
70	200	8	8	8	0.0
73	122	2	2	2	0.0
74	127	3	3	3	0.0
75	127	3	3	3	0.0
76	129	3	3	3	0.0
77	131	6	6	6	0.0



Continuación anexo 1.

Numero Organismo	Longitud Total (cm)	Lectura 1 (años)	Lectura 2 (años)	Lectura 3 (años)	APE (%)
78	135	4	4	4	0.0
79	137	4	5	5	9.5
80	138	4	4	4	0.0
81	138	3	3	3	0.0
82	145	5	6	6	7.8
83	146	4	4	4	0.0
84	160	5	5	5	0.0
85	200	8	8	8	0.0
86	203	8	8	8	0.0
87	210	8	8	8	0.0
88	219	11	10	10	4.3
89	227	12	10	13	9.5
90	237	13	14	12	5.1
91	239	13	13	13	0.0
92	253	16	16	16	0.0
93	185	7	7	7	0.0
95	222	10	10	10	0.0
96	108	3	3	3	0.0
98	114	3	3	3	0.0
100	129	4	5	6	13.3
102	131	4	5	6	13.3
106	138	3	3	3	0.0
113	141	4	4	4	0.0
118	210	10	12	13	9.5
121	246	13	15	15	6.2
122	160	7	7	7	0.0
124	157	7	7	7	0.0
125	134	6	6	6	0.0
132	150	4	4	4	0.0
133	152	5	5	5	0.0
134	142	7	7	7	0.0
135	180	6	6	6	0.0
136	211	10	10	10	0.0
137	132	4	4	4	0.0
138	142	7	7	7	0.0
139	154	4	5	5	9.5
140	239	12	14	16	9.5
141	154	5	5	5	0.0
141	173	7	8	7	6.1
151	163	6	6	6	0.0
153	167	5	5	5	0.0
155	174	5	5	5	0.0
156	180	7	7	7	0.0
159	193	7	7	7	0.0
162	196	7	7	7	0.0

TFCIS CON
FALLA DE ORIGEN



Continuación anexo 1.

Numero Organismo	Longitud Total (cm)	Lectura 1 (años)	Lectura 2 (años)	Lectura 3 (años)	APE (%)
172	206	7	6	7	6.7
177	212	8	7	7	6.1
180	222	10	10	10	0.0
184	234	10	10	10	0.0
186	237	12	12	12	0.0
189	129	4	5	4	10.3
190	152	4	5	6	13.3
194	171	7	7	7	0.0
201	186	7	7	7	0.0
206	188	7	7	7	0.0
209	190	8	8	8	0.0
211	191	10	10	10	0.0
216	195	6	6	6	0.0
220	198	7	7	7	0.0
222	200	7	7	7	0.0
224	201	7	7	7	0.0
227	203	10	10	10	0.0
229	206	9	9	9	0.0
232	207	9	9	9	0.0
236	216	10	10	10	0.0
240	232	12	12	12	0.0
241	236	11	11	11	0.0
244	130	4	4	4	0.0
245	137	7	7	7	0.0
247	165	7	7	7	0.0
248	166	7	7	7	0.0
249	168	6	6	6	0.0
250	172	5	5	5	0.0
252	179	5	4	6	13.3
255	125	4	4	4	0.0
256	126	4	5	6	13.3
257	130	3	3	3	0.0
260	137	4	5	6	13.3
262	140	4	5	6	13.3
265	148	4	5	6	13.3
269	180	5	5		66.7
272	144	4	5	5	9.5
274	181	9	8	8	5.3
275	110	4	4	4	0.0
277	119	4	5	4	10.3
280	126	4	4	4	0.0
282	130	4	4	4	0.0
284	132	4	5	3	16.7
287	137	5	5	5	0.0
290	143	4	4	4	0.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Continuación anexo 1.

Numero Organismo	Longitud Total (cm)	Lectura 1 (años)	Lectura 2 (años)	Lectura 3 (años)	APE (%)
292	148	4	4	4	0.0
293	149	7	7	7	0.0
298	156	6	6	6	0.0
301	160	5	5	5	0.0
303	164	6	6	6	0.0
307	177	5	5	5	0.0
311	184	7	7	7	0.0
313	198	6	6	6	0.0
316	242	12	15	14	8.1
318	162	7	7	7	0.0
319	193	7	7	7	0.0
320	209	10	10	10	0.0
321	139	4	4	4	0.0
322	144	4	4	4	0.0
323	148	4	4	4	0.0
325	163	8	8	8	0.0
326	187	8	8	8	0.0
327	196	7	7	7	0.0
328	196	9	10	10	4.6
329	200	7	7	7	0.0
330	206	10	10	10	0.0
331	212	11	11	11	0.0
332	213	10	11	11	4.2
333	220	10	10	10	0.0
335	245	13	12	12	3.6
337	216	8	6	7	9.5
338	227	10	10	10	0.0
341	208	9	9	9	0.0
342	188	6	6	6	0.0
344	183	7	7	7	0.0
345	124	5	6	7	11.1
346	217	11	10	10	4.3
348	218	10	12	10	8.3
349	170	8	10	8	10.3
350	176	8	8	8	0.0
351	203	9	10	9	4.8
352	197	10	10	10	0.0
353	223	9	9	9	0.0
354	172	7	9	7	11.6
355	195	9	9	9	0.0
358	180	9	9	9	0.0
359	196	11	11	11	0.0
360	230	11	13	8	16.7
361	140	5	5	5	0.0
362	169	8	10	8	10.3

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Continuación anexo 1.

Numero Organismo	Longitud Total (cm)	Lectura 1 (años)	Lectura 2 (años)	Lectura 3 (años)	APE (%)
363	139	7	8	7	6.1
364	185	8	8	8	0.0
365	155	7	8	6	9.5
368	199	10	10	10	0.0
369	209	11	12	12	3.8
370	215	11	14	11	11.1
371	148	5	5	5	0.0
372	172	7	7	7	0.0
373	139	5	5	5	0.0
376	138	7	7	7	0.0
377	156	7	9	7	11.6
378	123	4	4	4	0.0
379	124	4	4	4	0.0
380	175	9	8	7	8.3
382	160	7	9	9	10.7
383	145	7	8	9	8.3
384	153	6	9	7	15.2
385	149	6	8	6	13.3
386	117	5	5	5	0.0
387	130	4	5	5	9.5
388	147	6	6	6	0.0
389	152	7	7	7	0.0
390	170	7	7	7	0.0
391	126	6	6	6	0.0
392	171	9	10	7	12.8
393	136	4	5	3	16.7
395	130	4	5	4	10.3
616	188	6	5	6	7.8
Promedio del Error					3.01

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN