

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS.

“ANÁLISIS DE EDAD Y CRECIMIENTO DE NEONATOS Y JUVENILES DE
TIBURÓN AZUL, (*Prionace glauca*).”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
O C E A N O L O G O

PRESENTA:

CARLOS ROBERTO GIACOMO SIETZE PALAVICINI DE WITTE

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, JUNIO DEL 2002.

RESUMEN de la tesis de Carlos Roberto Giacomo Sietze Palavicini de Witte, presentada como requisito parcial para la obtención del título de OCEANOLOGO, Ensenada, Baja California, Junio del 2002.

ANÁLISIS DE EDAD Y CRECIMIENTO DE NEONATOS Y JUVENILES DE TIBURÓN AZUL, (*Prionace glauca*).

Resumen aprobado por:



Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Director de tesis

El principal problema de los estudios de edad y crecimiento realizados de tiburón azul (*Prionace glauca*) es que no tienen un número representativo de tallas de neonatos y juveniles, provocando que los parámetros del modelo von Bertalanffy no tengan un buen ajuste. Debido a esto se puede sesgar la información del rendimiento anual de una pesquería, el cual se obtiene de los parámetros de este modelo. Con el propósito de solucionar esto se realizaron muestreos de neonatos y juveniles durante el periodo de agosto del 2000 a mayo del 2001 en un campo pesquero que se localiza en la Boca de la Bahía de San Quintín dentro de la zona protegida de Punta Azufre dentro del municipio de Ensenada, Baja California. Se colectaron 68 segmentos vertebrales y sus respectivas longitudes interdorsales. Estas vértebras se tiñeron por medio de la técnica de rojo de alizarín para resaltar y facilitar la lectura de las bandas de crecimiento. Las edades obtenidas por medio de la lectura de las bandas de crecimiento se complementaron con las 417 obtenidas por Furlong (2000) y se analizaron con el programa de FISHPARM obteniendo los parámetros de crecimiento k , t_0 y L_∞ del modelo de von Bertalanffy, su coeficiente de determinación y su curva de crecimiento. Esta información obtenida se comparó con el trabajo con el que se complemento este. Se observó que hubo variaciones en el los parámetros, aumento en el coeficiente de determinación y en la curva de crecimiento indicándonos que si hubo un ajuste favorable al introducir tallas menores al modelo.

“ANÁLISIS DE EDAD Y CRECIMIENTO DE NEONATOS Y JUVENILES DE
TIBURÓN AZUL, (*Prionace glauca*).”

T E S I S
QUE PRESENTA:
CARLOS ROBERTO GIACOMO SIETZE PALAVICINI DE WITTE


Aprobada por:



Presidente del Jurado
Dr. Oscar Sosa Nishizaki



Sinodal Propietario
Dr. Michel Jules Dreyfus Leon



Sinodal Propietario
MC. José Antonio Eliseo Almanza Heredia

DEDICATORIA

A ti Mamita por todo el apoyo que me brindaste. Tu amor, amistad, confianza y apoyo hicieron que este sueño se hiciera realidad junto con muchos otros. Siempre estuviste y se que siempre estas a mi lado para apoyarme o regañarme cuando lo necesito y por eso te estoy agradecido.

Gracias por todo, TE AMO.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi director de tesis Dr. Oscar Sosa Nishizaki, por brindarme su apoyo incondicional dentro y fuera del trabajo de la tesis, su confianza, su dedicación a enseñar, consejos y su amistad.

A mi comité de tesis: Dr. Michel Jules Dreyfus por su apoyo y aportaciones al desarrollo de esta tesis y al MC. José Antonio Eliseo Almanza Heredia por su amistad, enseñanzas en las aulas y en el área laboral y las aportaciones a este trabajo.

Al Dr. Gregor Cailliet que con mucho interés y apoyo aportó comentarios y envió sus publicaciones para reforzar el desarrollo de este trabajo.

A mi Facultad que en ella aprendí, me desarrolle como persona y estudiante, me brindo la oportunidad de conocer personas que aportaron a mi vida su amistad, cariño y confianza.

Al laboratorio de ecología pesquera del CICESE y a su técnico Carmen Rodríguez y extécnico Nury López por su apoyo en el desarrollo del trabajo.

A mi Bicho, Oma, familia Palivicho, de Witte y taekwondoina que con palabras de apoyo y confianza me hicieron saber que estaban ahí y que apoyaron mis sueños. Los amo.

A mi hermano Angelo, doy gracias por tenerte a mi lado cada día de mi vida, por que siempre me das fuerzas cuando mas lo necesito, te extraño y te amo.

Mis carnalitos y carnaltas Poncho, Enano, Eve, Lalo, Sabina, nanis, minkis y mis carnales acapulqueños, gracias por todos esos momentos tan increíbles que pase con ustedes, que siempre conservare muy dentro de mis corazón, los quiero un buen.

A Tania por ser parte importante en mi vida y por enseñarme tantas cosas, siempre te tendré en mi corazón.

A mi amigos (Brothers) y compañeros que estuvieron ahí compartiendo su amistad, sudor y esfuerzo. Gracias por su confianza y apoyo. Yo si le voy a Marinas.

CONTENIDO

	PAGINA
1. INTORDUCCIÓN	
1.1 Aspectos generales.....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Tiburón Azul.....	5
2. MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1 Área de estudio.....	7
2.2 Trabajo de campo.....	9
2.3 Trabajo de laboratorio.....	10
2.4 Análisis de datos.....	11
3. RESULTADOS	
3.1 Determinación de edad.....	13
3.2 Modelos de edad y crecimiento.....	16
4. DISCUSIONES	
4.1 Determinación de edad.....	20
4.2 Modelos de edad y crecimiento.....	21
5. CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA.....	26
ANEXO.....	29

LISTA DE TABLAS

TABLAS

PAGINA

I.	Edades determinadas por la lectura de bandas.....	14
II.	Parámetros estadísticos de los radios.....	15
III.	Parámetros de crecimiento Furlong (2000).....	17
IV.	Parámetros de crecimiento 2000-2001.....	17
V.	Parámetros de Gompertz, Furlong (2000).....	19
VI.	Parámetros de Gompertz, 2000-2001.....	19
VII.	Comparación de los parámetros de crecimiento.....	23

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1. Foto de Tiburón Azul.....	6
2. Mapa Bahía San Quintín.....	8
3. Tiburón Azul longitudes.....	9
4. Vértebra de <i>Prionace glauca</i>	11
5. Relación entre la longitud total (LT) y el radio.....	14
6. La relación de año y radio de las vértebras de tiburón azul.....	15
7. Curva de crecimiento de Von Bertalanffy, Furlong (2000).....	18
8. Curva de crecimiento de Von Bertalanffy, 2000-2001.....	18
9. Diagrama ilustrando las clásicas consideraciones.....	24

Análisis de edad y crecimiento de neonatos y juveniles de Tiburón azul,
(*Prionace glauca*, Linnaeus, 1758).

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ASPECTOS GENERALES

Históricamente, la pesca de tiburón comenzó para la obtención de su hígado usado en la producción de aceites para motores, reducción y vitaminas, al comienzo de los años 30. Posteriormente se comenzó a pescar para consumo alimentario, iniciando la pesca indiscriminada de estos organismos (Cailliet *et al.*, 1983b).

La pesca de elasmobranquios ha aumentado a través de los años de manera desmesurada y se conoce muy poco sobre la vida de estos organismos, lo cual puede llevar a la desaparición de la pesquería. Las especies de tiburones oceánicos que actualmente tienen una mayor pesca tanto comercial como artesanal para el consumo humano son los siguientes: Azul (*Prionace glauca*), Zorro (*Alopias vulpinus*) y Mako (*Isurus oxyrinchus*).

En aguas frente a la costa occidental del estado de Baja California, la pesca artesanal de tiburón se realiza principalmente por medio de pangas. Estas embarcaciones menores son de 15 pies de eslora y tienen un motor hasta de 200 caballos de fuerza. Dentro de la lancha va el capitán y el pescador. Llevan un palangre, el cual es una línea sintética amarrada a boyas que se extiende unos 5 km. de largo con 400 anzuelos y generalmente se usa a la macarela como carnada. Los pescadores salen en la mañana y se quedan las 24 horas en alta mar totalmente a la deriva entre 20 y 40 millas náuticas fuera de la costa en mar abierto. El 74% de los organismos capturados por esta pesquería aún no alcanzan su madurez sexual (Furlong, 2000).

Para asegurar un manejo adecuado de una pesquería se necesita obtener información relacionada con la edad y tamaño al cual alcanzan los organismos capturados su madurez sexual o realizan su primera reproducción. Con esta información se pueden establecer restricciones en relación al tamaño mínimo que deben tener los organismos para ser pescados (Cailliet *et al.*, 1983b).

Se han realizado muy pocos estudios en relación a la edad-crecimiento y primera madurez de tiburón azul en el Pacífico. Muchos investigadores han intentado consistentemente de obtener un número representativo de todos los tamaños pero todos los estudios han tenido problemas de muestreo con relación al intervalo de tamaños de los organismos debido a que los estudios se basaron en la pesquería comercial. Estos problemas dan como resultado estimaciones erróneas de los parámetros de los modelos de crecimiento (Cailliet *et al.*, 1990).

Los trabajos realizados por Cailliet y Bedford en 1983 fueron hechos con 162 organismos de un intervalo de tallas de 30 a 270.5 cm de longitud total (LT) los cuales incluían a subadultos y adultos. En ese trabajo tuvieron muy pocas muestras de los tamaños de clases de neonatos y juveniles. El autor por medio del estudio de edad y crecimiento determinó que más del 50 % de los organismos muestreados no habían llegado a su madurez sexual debido a que la talla aproximada a la que un tiburón llega a su madurez es a los 220 cm de LT, es decir, a los 6 ó 7 años de edad según otros estudios (Furlong, 2000).

Tanaka *et al.* (1990) realizaron estudios comparativos de edad y crecimiento de Tiburón Azul obtenidos de la costa oeste del Norte del Pacífico en aguas del Japón y los de la costa este del Pacífico en aguas de California. El número de organismos obtenidos

para ese estudio fueron de 20 muestras menores de 155 cm LT y 20 muestras de 155 a 125 cm LT de la costa de Japón. De la costa de California se tomaron 15 organismos de 155 a 125 cm LT y 15 de organismos mayores a 215 cm LT. En ese estudio determinaron que las diferencias en los estudios de edad y crecimiento no depende tanto de la zona en donde habitan los tiburones, si no mas bien, depende de las diferencias entre las edades determinadas por los observadores participantes.

Nakano (1994) realizó estudios de edad, reproducción y migración de Tiburón Azul en el Océano Pacifico Central (norte de Hawai). En este trabajo el obtuvo 105,600 organismos en 11 años de colecta que incluían juveniles, subadultos y adultos. Los parámetros estimados fueron similares a los de los estudios anteriores de otros autores.

Para realizar los estudios de edad-crecimiento en elasmobraquios se determinan medidas de longitud y se obtienen las vértebras principalmente. Las vértebras que se recomiendan para el estudio son las que se localizan al comienzo de la primera aleta dorsal debido a que son las más grandes. Para hacer las determinaciones de edad se tienen que limpiar las vértebras quitándoles el tejido y posteriormente se utilizan técnicas para resaltar las bandas de crecimiento (Cailliet *et al.*, 1986).

Existen varias técnicas para resaltar las bandas de crecimiento en las vértebras. Las más recomendadas son: impregnación con nitrato de plata, espectrofotometría con rayos, tinción con rojo de alizarín y radiografías-x. En el caso de que las vértebras sean muy cónicas, se pueden realizar cortes longitudinales o tangenciales (Cailliet *et al.*, 1983a). La técnica que se utilizará en este trabajo para determinar la edad es la de rojo de alizarín debido a que es una de las técnicas que más resaltan las bandas para la especie de *Prionace glauca* y también es económica (Furlong, 2000). Para hacer la determinación

de edad se cuentan los pares de anillos (claro y oscuro) que forman un banda equivalente a un año. Dichos cambios en la coloración se dan en los periodos de Verano e Invierno por el aumento o disminución del alimento. Para que se cuenten las bandas de cada vértebra se necesitan dos observadores, los cuales hacen replicas de conteo de cada vértebra y promedian sus observaciones.

La ecuación de Von Bertalanffy nos sirve para hacer modelos estructurados por edades. Los datos que se obtengan por medio de la lectura de los anillos de crecimiento se asocian con las longitudes totales insertándolas en la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy: $L_t = L_\infty * (1 - e^{-k(t-t_0)})$ obteniendo los parámetros de talla máxima observada (L_∞), coeficiente de crecimiento (k) y la longitud al tiempo cero (t_0) para las combinaciones de sexos (Cailliet *et al.*, 1983a). También existen otros modelos para describir el crecimiento (p. eje. Gompertz, logístico, etc.), los cuales serán evaluados en el presente estudio.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es el de determinar la edad de tiburones azules (*Prionace glauca*) que se encuentren en la etapa neonato-juvenil y relacionar las edades con su talla para darle mejor ajuste a los estudios de esta especie.

1.3. HIPOTESIS

Con un mejor conocimiento del tamaño de los organismos a una edad cero se obtendrá un mejor ajuste a la curva de crecimiento de Von Bertalanffy.

1.4. TIBURON AZUL (*Prionace glauca*)

El Tiburón Azul es un pez cartilaginoso de la familia Carcharhinidae. Su distribución es amplia habitando todas las aguas tropicales, subtropicales y templadas del mundo. Es un organismo epipelágico y se le encuentra hasta los 150 m de profundidad. Hacen grandes y numerosas migraciones hasta de 2400 millas náuticas (mn) o posiblemente más. En sus patrones migratorias se pueden identificar tres áreas: de alimentación de adultos, de reproducción y de crianza, para evitar el canibalismo (Castro, 1992; Gubanov, 1973).

Esta especie llega a su madurez sexual a los 220 cm LT. Es vivíparo y es probablemente el más prolífico de los tiburones, liberando normalmente de 25 a 50 crías, pero se han reportado hembras con hasta 135 crías. La etapa de gestación dura de 9 a 12 meses y las crías cuando nacen miden entre 40 a 51 cm LT (Castro, 1983). Presentan dimorfismo sexual siendo las hembras de mayor tamaño que los machos.



Figura 1. Fotografía de neonatos y juveniles de tiburón azules capturados por la pesquería de Bahía San Quintín en agosto del 2000 y mayo del 2001.

2. MATERIAL Y METODOS

2.1. AREA DE ESTUDIO

Bahía de San Quintín se encuentra al sur de la Ciudad de Ensenada, entre los $30^{\circ}24'$ y $30^{\circ}30'$ N, y los $115^{\circ} 57'$ y $116^{\circ}01'$ W. En la boca de esta bahía, en la porción protegida de Punta Azufre, está la zona en donde arriban y descargan las pangas que fueron muestreadas (Figura 2). Las condiciones climatológicas y oceánicas de la zona están regidas por la Corriente California. Esta corriente es superficial (<300 m) que corre de norte a sur transportando agua fría subártica, de baja salinidad, rica en nutrientes y oxígeno. Existe también un contracorriente que corre de sur a norte, esta es fuerte en la temporada de otoño e invierno. La temperatura promedio en los meses de febrero y marzo los cuales son los más bajos son de 15.7° y 15.6° C. La temperatura máxima anual se registra en el mes de septiembre que es de 20.4° C (Reyes, 2001).

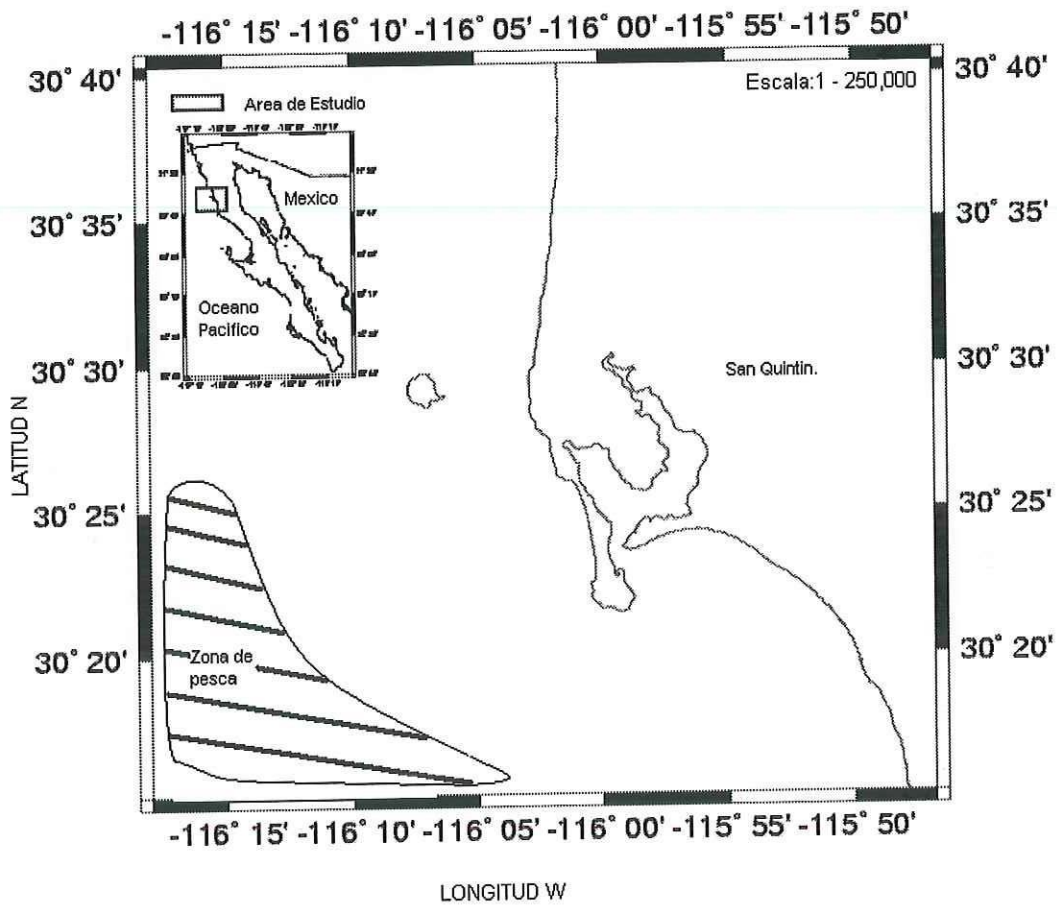


Figura 2. Mapa de la zona de Bahía San Quintín donde se realizaron los muestreos para la obtención de vértebras de Tiburón azul (*Prionace glauca*). Los organismos fueron capturados de las 20 a las 40 millas náuticas con un rumbo de 210° a 270° .

2.2. TRABAJO DE CAMPO

Las muestras se obtuvieron de un campo pesquero que se localiza en la Boca de la Bahía de San Quintín dentro de la zona protegida de Punta Azufre en un lapso de 10 meses a partir de agosto del 2000 a mayo del 2001 cuando se realizaron 7 visitas a la zona de desembarco. Se solicitó el permiso de los pescadores que arribaban a la playa con los tiburones sin eviscerar para poder tomar los datos necesarios para el estudio. Se seleccionaron seis especímenes, tres de cada sexo y que fuesen los más pequeños de cada embarcación muestreada. Posteriormente se procedió a tomar las mediciones de longitud a partir del comienzo de la primera aleta dorsal al comienzo de la segunda aleta dorsal utilizando una cinta métrica plástica con precisión de 0.1cm (Reyes, 2001). Esta medida es conocida por los autores como Longitud interdorsal (Ld) o alterna (Figura 3). Después de la medición se tomó un pedazo de la columna vertebral de cada organismo para su posterior limpieza y lectura. Por las exigencias de los pescadores, no se pudo obtener las vértebras que se localizan en la zona de la primera aleta, así que obtuvimos las que se localizan cercanas a la cabeza.

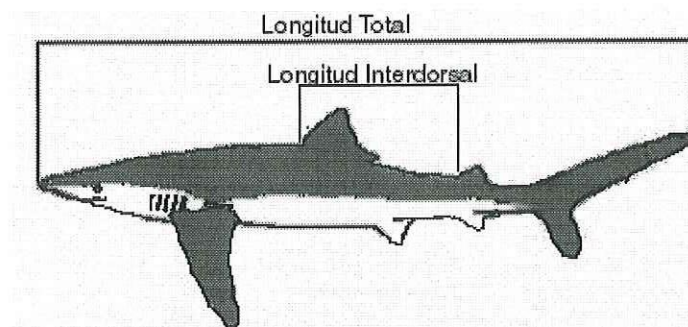


Figura 3. Medidas morfológicas de los muestreos de tiburón azul, obtenidas de los campos pesqueros de Bahía San Quintín. En el campo se obtuvo la longitud interdorsal (Ld) y después por medio una regresión lineal se obtuvo la longitud total (Lt).

2.3. TRABAJO DE LABORATORIO

El Trabajo de Laboratorio consistió en la limpieza de las vértebras removiendo la musculatura y el cartílago de los arcos neurales y hemales con la ayuda de bisturí y pinzas. Una vez que se limpiaron las vértebras se procedió a la tinción de las mismas, sumergiéndolas durante 4 horas, esto depende del tamaño de la vértebra, en una solución de Rojo de Alizarín. Esta solución fue preparada mezclando una solución acuosa saturada de Rojo S de Alizarín con 0.1% de hidróxido de potasio en una proporción de 1:9. Después de la tinción se enjuagaron las vértebras con agua corriente y se realizó el proceso de diferenciación sumergiéndolas entre 10 a 20 segundos en H₂O₂ al 3.0% (LaMarca, 1966; Officer *et al.*, 1996). Después de este último proceso se volvieron a enjuagar con agua corriente. Para conservar las vértebras se utilizó alcohol etílico al 70% para la posterior lectura de estas (Furlong, 2000).

Para la lectura de las vértebras se utilizó un microscopio estereoscópico WILD M5A, y se realizaron tres lecturas por dos lectores. Se leyeron las vértebras de manera independiente para evitar sesgo en los datos. Estas lecturas se realizaron contando el número de anillos, los cuales cada uno consta de una banda opaca y una hialina, basándonos principalmente solo en las bandas hialinas para la asignación de la edad establecida (Figura 4).

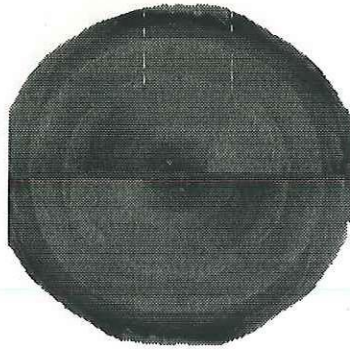


Figura 4. Vértebra *Prionace glauca*, teñida por medio de la técnica de rojo de alizarina donde podemos distinguir los anillos de crecimiento.

2.4. ANÁLISIS DE DATOS

Para analizar la calidad de las determinaciones de edad se utilizó el modelo estadístico de porcentaje de error promedio (APE) de Beamish y Fournier (1981). El cálculo se define de la siguiente manera:

R es el número de veces que se determinó la edad en cada organismo, X_{ij} es la "i" edad determinada para el organismo "j" y x_j es el promedio de edad calculado para el organismo "j". Estando representada por la ecuación:

$$APE = (1/R) * \sum((X_{ij} - x_j) / x_j)$$

Para describir el crecimiento de peces y elasmobranquios existen varios modelos (Gompertz, Lineal, etc.) pero el que se ha aceptado como el mejor que representa este crecimiento es el Modelo de Von Bertalanffy. Este modelo es representado por la siguiente ecuación:

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

Donde L_t es la longitud total, L_∞ es la longitud máxima teórica, k es la tasa de crecimiento y t_0 es la edad teórica a la longitud cero. Estos parámetros se obtuvieron por medio del programa FISHPARM (Saila *et al.*, 1988).

3. RESULTADOS

3.1 DETERMINACIÓN DE EDAD

Entre los meses de agosto del 2000 y mayo del 2001, se realizaron 7 visitas al campo pesquero localizado en la Boca de Bahía San Quintín donde se colectaron segmentos vertebrales de 68 neonatos y juveniles de tiburón azul. El intervalo de tallas de estos organismos fue de 67.71 a 164.93 cm LT, muestreando también a un embrión de 43.8 cm LT. Todos los ejemplares capturados provienen de la pesca artesanal.

Las técnicas de validación de la periodicidad de los anillos fueron realizadas por Furlong en el 2000. Se utilizó esta validación en el presente trabajo, debido a que se utilizan los datos de Furlong para tener un mayor espectro de edades y longitudes, cuando se aplica el modelo de crecimiento (ver más adelante).

Se evaluó la calidad de las lecturas de edad de las muestras tomadas de la pesquería de Bahía San Quintín en agosto del 2000 a mayo del 2001 por medio del método estadístico de porcentaje de error (APE) de Beamish y Fournier obteniendo un promedio de error de 4.59%. Según la ecuación y lo recomendado por los autores (Chang, 1982; Cailliet y Tanaka, 1990) los datos edad determinadas en el presente estudio tienen una buena precisión de lectura y confiables (Anexo). De los 68 organismos muestreados, 52 están dentro del año cero, 12 están en el primer año, 3 en el segundo año y tuvimos un embrión de 43.8 cm LT (Tabla I).

Tabla I. Edades determinadas por la lectura de bandas en las vértebras de tiburón azul muestreadas, número de individuos, longitud total promedio(LT), mínimos y máximos.

Edad (años)	Numero de individuos	Longitud total promedio (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
0	52	77.96	67.71	99.87
1	12	110.95	84.52	150
2	3	149.66	141.1	164.9

Los radios que se tomaron fueron a partir del centro a marcas observadas en la vértebra y también al borde marginal. Se encontró un alto coeficiente de determinación ($r^2 = 0.95$) entre la longitud total (LT) y el radio marginal de las vértebras muestreadas de neonatos y juveniles de tiburón azul (Fig. 5).

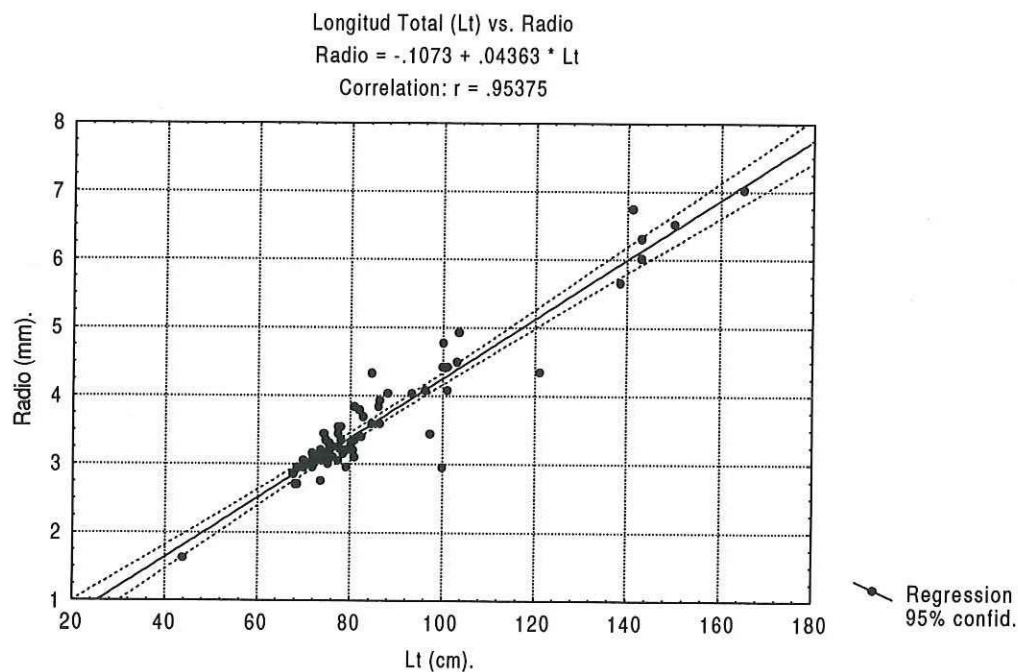


Figura 5. Relación entre la longitud total (LT) y el radio de 68 vértebras de neonatos y juveniles de tiburón azul, incluyendo a un embrión en la pesquería de Bahía San Quintín.

Los radios que corresponden a la de la marca de nacimiento (R_n) se determinaron midiendo de la parte central a una marca cóncava que se observo en cada una de las vértebras. Las medidas del primer año (R_1) y del segundo año (R_2) se tomaron del centro al anillos hialinos consecutivos a la marca de nacimiento (primer y segundo par de bandas). De los radios obtenidos se obtuvieron parámetros como media, mínimos, máximos, varianza y desviación estándar (Tabla II). La periodicidad de formación de anillos de crecimiento fue validado por Furlong, 2000.

Tabla II. Número de lecturas (N), promedio, mínimos, máximos, variancia y desviación estándar de las medidas de radio para cada par de anillos.

Radio	N	Promedio (mm)	MIN (mm)	MAX (mm)	VAR	SD (\pm)
R_n	204	1.684811	0.96154	2.163934	0.016247	0.127463
R_1	50	3.570506	2.5	4.855072	0.201819	0.449243
R_2	8	5.156938	4.71014	5.652174	0.115697	0.340142

En la figura 6 se observan las medias de los radios de las vértebras relacionado con la edad de los 68 muestras de tiburón azul. Para la marca de nacimiento el radio fue de 1.68 mm, para la banda del primer año fue de 3.57 mm y para la del segundo año fue de 5.15 mm. Las barras de dispersión (\pm SD) no se traslapan en ninguno de los casos dándole mayor significancia a estos datos (Fig. 6).

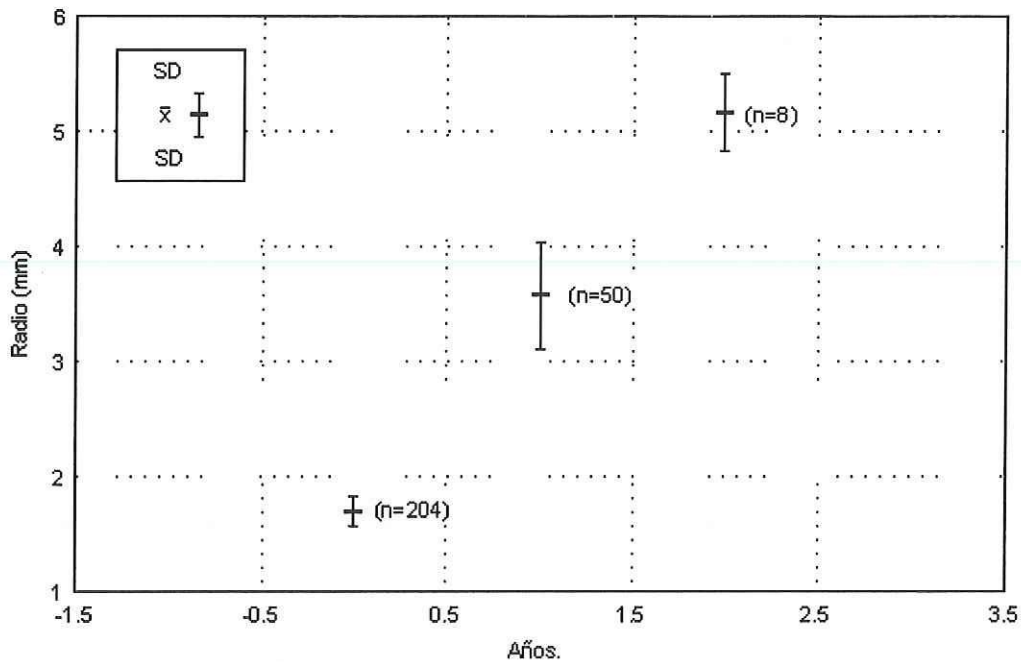


Figura 6. La relación de año y radio de las vértebras de tiburón azul. La marca central es la media de la marca de nacimiento (R_n), primera banda anual (R_1) y la segunda banda anual (R_2) respectivamente. Las líneas horizontales superior e inferior denotan la desviación estándar (SD) de las muestras y la "n" es el número de radios medidos en cada año.

3.1 MODELOS DE EDAD Y CRECIMIENTO

Utilizando el programa de FISHPARM (Saila *et al.*, 1988), se estimaron los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy, para los datos de tiburón azul presentados por Furlong en el 2000 (Tabla III). Posteriormente utilizando los datos de Furlong (2000) conjuntándolos con las 68 lecturas de edad de neonatos y juveniles de la pesquería de tiburón azul de Bahía San Quintín de agosto del 2000 a mayo 2001 se obtuvieron los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (Tabla IV).

Tabla III. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy, error estándar y coeficiente de variabilidad (C.V.) estimados para tiburón azul con los datos de Furlong, 2000 por medio del programa FISHPARM (Saila *et al.*, 1988). $r^2=0.79388$

Parámetro	Estimado	Error estándar	C.V.
L_{∞}	278	8.763	0.031
K	0.214	0.021	0.098
To	-0.798	0.204	-0.256

Tabla IV. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy, error estándar y coeficiente de variabilidad (C.V.) estimados para tiburón azul con los datos de Furlong (2000) y complementándolos con los datos de juveniles de tiburón azul de la pesquería de Bahía San Quintín 2000-2001 por medio del programa FISHPARM (Saila *et al.*, 1988). $r^2=0.87643$

Parámetro	Estimado	Error estándar	C.V.
L_{∞}	314.1	12.14	0.03865
K	0.1385	0.01139	0.08224
To	-1.958	0.1316	-0.06724

Con estos parámetros y basándonos en la ecuación del modelo de von Bertalanffy se obtuvo dos curvas de crecimiento para tiburón azul (Fig. 7 y 8).

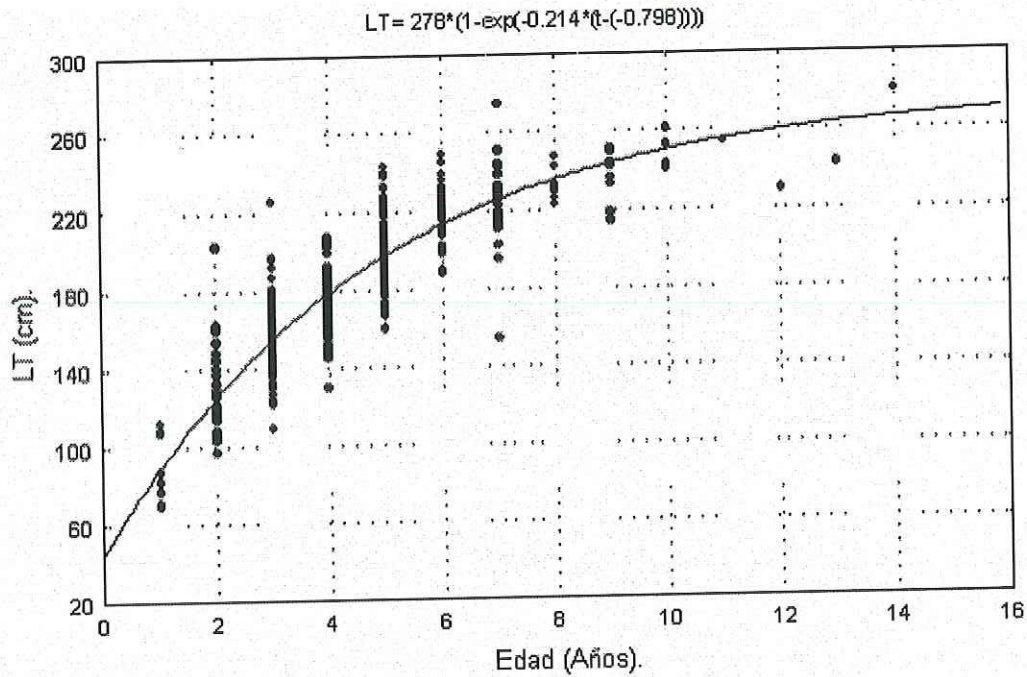


Figura 7. Curva de crecimiento de von Bertalanffy para 417 muestras vertebrales de tiburón azul colectadas por Furlong (2000).

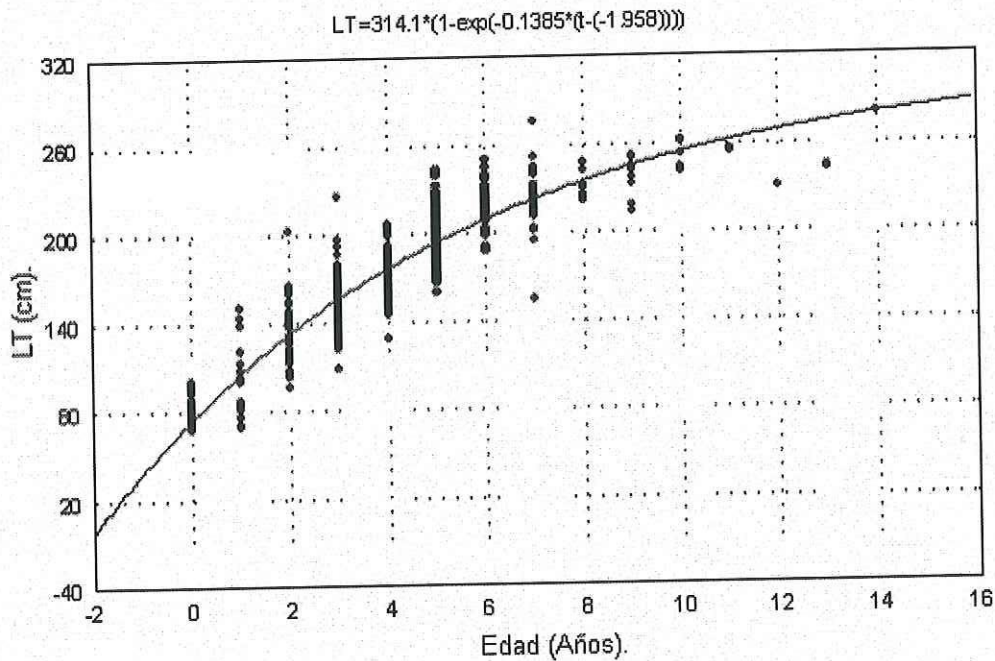


Figura 8. Curva de crecimiento de von Bertalanffy para 485 muestras vertebrales de tiburón azul colectadas por Furlong (2000) en conjunto con las muestreadas en la temporada de Agosto del 2000 a Mayo del 2001 del presente trabajo.

Se obtuvo también los parámetros de crecimiento del modelo de Gompertz para los datos de Furlong del 2000 (Tabla V) y los parámetros para de los datos anteriores adicionándole los 68 datos de las vértebras de los juveniles de tiburón azul de la pesquería de Bahía San Quintín, 2000-2001(Tabla VI).

Tabla V. Parámetros de crecimiento de Gompertz, error estándar y coeficiente de variabilidad (C.V.) estimados para tiburón azul con los datos de Furlong (2000) por medio del programa FISHPARM (Saila *et al.*, 1988). $r^2=110.3$

Parámetro	Estimado	Error estándar	C.V.
W0	278	102.9	0.3701
G	1.201	0.244	0.2031
G	0.2175	0.1603	0.7369

Tabla VI. Parámetros de crecimiento de Gompertz, error estándar y coeficiente de variabilidad (C.V.) estimados para tiburón azul con los datos de Furlong (2000) y complementándolos con los datos de juveniles de tiburón azul de del 2000-2001 por medio del programa FISHPARM (Saila *et al.*, 1988). $r^2=88.6$

Parámetro	Estimado	Error estándar	C.V.
W0	278	308	338
G	0	5	100
G	0	0.002	10

4. DISCUSIONES

4.1 DETERMINACIÓN DE EDAD

La preparación de la solución para la técnica de rojo de alizarina (LaMarca, 1966; Officer *et al.*, 1996; Furlong, 2000) fue bastante sencilla, pero la tinción de las vértebras tomó más tiempo de lo indicado por los autores debido a que las muestras eran de neonatos y juveniles. La lectura y la estimación de la edad fue satisfactoria por medio de esta técnica.

La lectura fue sencilla pero hasta que uno se acostumbra. La tinción ayudo para las bandas distales al centro. Para el caso de los radios que se localizan en la parte central de la vértebra, se tuvo que mover un poco la vértebra para poder ver y distinguir las concavidades que marcan el comienzo de las bandas hialinas de las oscuras. Al hacer las tres lecturas correspondientes al observador, este no debe ver los datos del anterior para no tener sesgo en los datos. Posteriormente se hacen los estadísticos para ver el error de las lecturas.

Para ver que tan precisas y confiables fueron las lecturas de edad se utilizó el método estadístico de porcentaje de error (APE) de Beamish y Fournier(1981). Este método es muy sencillo y es utilizado por varios autores para establecer la confiabilidad de sus lecturas. En este trabajo se determinó que los datos son confiables y precisos, teniendo como porcentaje de error 4.59%.

4.2 MODELOS DE EDAD Y CRECIMIENTO

La habilidad de predecir el crecimiento de los peces es un herramienta invaluable para un manejo satisfactorio de la pesquería o para la acuicultura. Las capturas que tenga una pesquería van a depender en parte del crecimiento de los peces en una población explotada, mientras que el éxito de una granja de acuicultura depende del crecimiento de sus peces.

El modelo de Gompertz está basado en el tamaño adquirido y asume que la razón de crecimiento específico en un cierto tiempo, t , es una función del tamaño del pez en ese tiempo. Este modelo, con sus parámetros, provee de una descripción compacta de las observaciones.

Desafortunadamente, no hace nada más. No provee de ninguna información de los procesos que causan que se generen los patrones de crecimiento, ni tampoco sugiere como estos patrones van a cambiar si las circunstancias cambian (Wootton, 1990).

Al obtener los parámetros de este modelo con los datos de Furlong (2000) y las del presente estudio obtuvimos unos valores de coeficiente de determinación (r^2) negativos los cuales indican que los datos no se acoplan al modelo. Saila *et al.* (1988), mencionan que los coeficientes de determinación que se obtienen por medio del programa FISHPARM generalmente tienen un intervalo entre 0 y 1, pero se puede dar el caso que se obtengan valores negativos debido a que el modelo no lineal exhiba falta de ajuste.

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy, es el modelo que domina la descripción de los patrones de crecimiento de los peces. Está basado en los principios bioenergéticos y comienza asumiendo que la razón de crecimiento, dW/dt , es igual a la diferencia entre la razón en que se sintetiza el tejido (razón anabólico) y la razón en que se desnaturaliza el tejido (razón catabólico).

La popularidad del modelo de von Bertalanffy se debe en parte a que se deriva de los principios fisiológicos, pero principalmente en su uso en una teoría del manejo de las pesquerías desarrollado por Beverton y Holt, (1957).

Al utilizar este modelo para obtener los parámetros obtenidos por Furlong en el 2000 y compararlos con los obtenidos al complementar los datos anteriores con los del presente estudio se observa que hay un aumento en los valores de longitud máxima teórica (L_{∞}) de 278 a 314.1 cm aumentando a un valor de longitud total más cercano al observado en el campo (D. Holts, NMFS, La Jolla, California, USA, comunicación personal). También hubo variación en el coeficiente de crecimiento (k), en la longitud al tiempo cero (t_0) y un ajuste del coeficiente de determinación (r^2) de 0.7938 a 0.8764, siendo este último el correspondiente al presente trabajo (Fig. 7, Fig. 8). Este aumento en el coeficiente de determinación le da mayor confiabilidad a los valores obtenidos y se alcanzó el objetivo de el presente trabajo.

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de estudios que se han realizado por otros autores (Cailliet y Bedford,1983; Tanaka,1984; Nakano, 1994; Furlong, 2000) para tiburón azul en el Pacífico se compararon con los del presente estudio observándose semejanzas que se muestran en la tabla VII.

Tabla VII. Comparación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de tiburón azul en el océano Pacífico, obtenidos por otros autores.

Autores	Área de estudio	Sexo	Lmax (cm)	K	t ₀ (Años)
Cailliet et al., 1983	Pacífico Nororiental	Ambos	265 LT	0.22	-0.802
Tanaka (1984)	Pacífico Norte	Hembras	256.1 LP	0.116	-1.306
		Machos	308.2 LP	0.094	-0.993
Nakano (1994)	Pacífico Norte	Hembras	243.3 LP	0.144	-0.849
		Machos	289.7 LP	0.129	-0.756
Furlong (2000)	Pacífico Nororiental	Ambos	278 LT	0.214	-0.798
Presente estudio	Pacífico Nororiental	Ambos	314 LT	0.1385	-1.958

LT= Longitud total, LP= Longitud precaudal

Los parámetros del modelo de von Bertalanffy en conjunto con la mortalidad natural y la mortalidad por pesca son consideraciones para determinar el rendimiento anual de una pesquería por medio del modelo de Beverton y Holt (1957), el cual se puede ver de manera gráfica en la figura 9. Debido a esto es importante el que se realicen estudios de edad y crecimiento y que los datos que se utilicen representen todas las clases de edad, para que posteriormente se pueda proporcionar las bases para un mejor manejo de la pesquería.

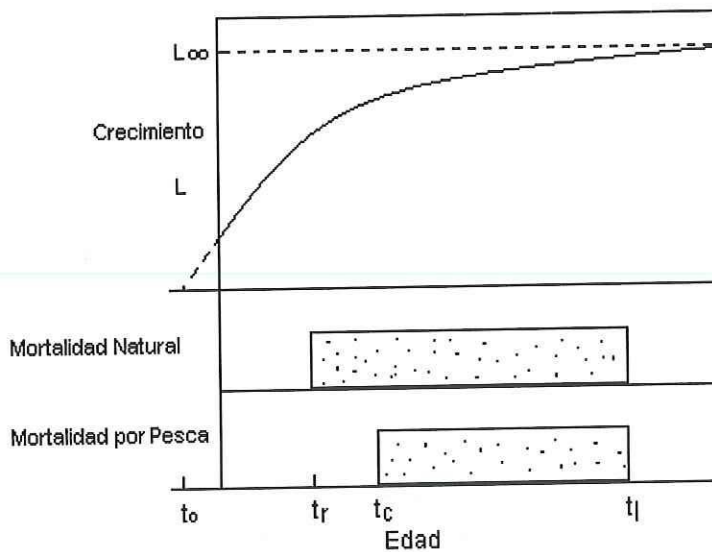


Figura 9. Diagrama ilustrando las clásicas consideraciones del modelo de Beverton y Holt (Pitcher y Hart, 1992). Siendo las consideraciones los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy, la mortalidad natural, mortalidad por pesca, longitud en edad cero (t_0), edad de reclutamiento (t_r), edad de primera captura (t_c) y la máxima edad del pez dentro del stock (t_l).

Cailliet y Tanaka (1990), mencionan que los estudios realizados han sufrido de problemas en el rango y tamaño de las muestras, provocando que los parámetros de crecimiento sean poco precisos.

De aquí radica la importancia de este trabajo al complementar el estudio de edad y crecimiento realizado por Frulong (2000) con neonatos y juveniles de tiburón azul. El ajuste obtenido al incluir a los neonatos y juveniles nos indica que los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy son más precisos, permitiendo que con esta información se pueda evaluar las variaciones de las poblaciones año con año producto por el esfuerzo y presión de la pesquería

5. CONCLUSIONES

Se concluye que al complementar el trabajo de Furlong (2000) con los 68 segmentos vertebrales de neonatos y juveniles de tiburón azul obtenidos del campo pesquero de la Boca de Bahía San Quintín, se logra tener un mejor ajuste en la curva de von Bertalanffy con base a su coeficiente de determinación.

Literatura Citada.

BEAMISH, R. J., AND D. A. FOURNIER. 1981. A method for Comparing the Precision of a Set of Age Determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 982-983.

BEVERTON, R.J.H., and S.J. HOLT. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. London, Ser. II*, 19: 1- 533.

CAILLIET, G. M., D. W. BEDFORD. 1983. The biology of three pelagic sharks from California waters, and their emerging fisheries: a review. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIV, 1983, 57-69.

CAILLIET, G. M., L. K. MARITN, D. KUSHER, P. WOLF, & B. A. WELDEN. 1983a. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranches. *U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS8:157-165.*

CAILLIET, G. M., L. K. MARITN, D. KUSHER, P. WOLF, & B. A. WELDEN. 1983b. Preliminary studies on the age and growth of the blue, *Prionace glauca*, common tresher, *Alopias vulpinus*, and shrotfin mako, *Isurus oxyrinchus* sharks form Californian waters. *U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS8:179-188.*

CAILLIET, G. M., S. L. MILTON, & A. W. EBELING. 1986. *FISHES. A Field and Laboratory Manual on Their Structure, Identification, and Natural History.* Wadsworth Publishing Company. Belmont, California, U.S.A. 144-157pp.

CAILLIET, G. M., S. TANAKA.1990. Recommendations for Research Needed to Better Understand the Age and Growth of Elasmobranch. *In Elasmobranches as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries* (H.L. Pratt, Jr., T. Taniuchi, and, K. Matsuura, eds.), p. 505-507. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 90.

- CASTRO, J. I. 1983. The sharks of North American Waters. Texas A&M University Press. Texas; 180pp.
- CASTRO, J. I. 1992. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the nurseries of the southeastern coast of the United States. *Environmental Biology of Fishes* 38: 37-48.
- CHANG, W. T. B. 1982. A Statistical Method for Evaluating the Reproducibility of Age Determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1208-1210.
- FURLON-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. 61p.
- GUBANOV, Y. P., and V. N. GRIGOR'YEV. 1973. Observations on the Distribution and Biology of the Blue Shark *Prionace glauca* (Carcharhinidae) of the Indian Ocean. The Azov-Black Sea Research Institute for Sea Fisheries and Oceanography, AzCherNIRO, Kerch.
- LAMARCA, M.J. 1966. A simple technique for demonstrating calcified annuli in the vertebrae of large elasmobranchs. *Copeia*, 1966: 351-352.
- NAKANO, H. 1994. Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. *Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish.*, No. 31: 141-219.
- OFFICER, R.A., A.S. GASON, T.I. WALKER y J.G. CLEMENT. 1996. Sources of variation in counts of growth increments in vertebrae from a gummy shark, *Mustelus antarcticus*, and school shark, *Galeorhinus galeus*: implication for age determination. *Can. J. Aquat. Sci.* 53: 1765-1777.

PITCHER, T.J., and P.J.B. HART. 1992. Fisheries Ecology. Chapman and Hall Press. London. 414pp.

REYES-GONZÁLEZ, J. A. 2001. Biología reproductiva y pesquería del tiburón azul (*Prionace glauca*) en la costa adyacente a bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Departamento de Ecología. Ensenada, B.C. México. 77pp.

SAILA, S. B., C. W. RECKSIEK, and M. H. PRAGER. 1988. Basic Fishery Science Programs. A Compendium of Microcomputer Programs and Manual Operations. ELSEVIER Press, New York, 230pp.

TANAKA, S., G. M. CAILLIET, and K. G. YUDIN. 1990. Differences in Growth of the Blue Shark, *Prionace glauca*: Technique or Population? In Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries (H.L. Pratt, Jr., T. Taniuchi, and, K. Matsuura, eds.), p. 177-187. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 90.

TANAKA, S. 1984. Present status of fisheries biology. In Elasmobranchs as fisheries resources (T. Taniuchi and M. Suyama, eds.), p. 46-59. Jpn. Soc. Sci. Fish., Fish. Ser. 49. Kouseisha Kousei-kaku, Tokyo.

WOOTTON, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall Press, New York, 404pp.

ANEXO

Edades determinadas por la lectura de bandas en las vértebras de tiburón azul muestreadas, el porcentaje de error (APE) de Beamish y Fournier y el promedio de error de lectura.

Numero del Organismos.	Longitud total (Lt)	Lectura 1 (Años)	Lectura 2 (Años)	Lectura 3 (Años)	APE (%)
1	74.6	1	1	1	0
2	77.2	1	1	1	0
3	77.9	1	1	1	0
4	75.3	1	1	1	0
5	80.5	1	1	1	0
6	69.9	1	1	1	0
7	73.5	1	1	1	0
8	81.9	1	1	1	0
9	75.3	1	1	1	0
10	86.3	2	1	1	33.33
11	74.2	1	1	1	0
12	77.9	1	1	1	0
13	75.0	1	1	1	0
14	77.2	1	1	1	0
15	78.3	1	1	1	0
16	69.9	1	1	1	0
17	74.2	1	1	1	0
18	73.5	1	1	1	0
19	79.0	1	1	1	0
20	78.3	1	1	1	0
21	71.7	1	1	1	0
22	80.8	1	1	1	0
23	80.1	1	1	1	0
24	84.5	2	2	1	26.66
25	72.8	1	1	1	0
26	77.2	1	1	1	0
27	84.5	2	1	1	33.33
28	74.6	1	1	1	0
29	71.7	1	1	1	0
30	68.4	1	1	1	0
31	73.5	2	1	1	33.33
32	76.1	1	1	1	0
33	73.5	2	1	1	33.33
34	82.3	1	1	1	0
35	103.5	2	2	2	0
37	93.3	1	2	1	33.33
38	82.7	2	1	1	33.33
39	68.0	1	1	1	0
40	80.8	1	1	1	0
41	99.8	1	1	1	0
42	76.1	2	1	1	33.33
43	96.2	2	1	1	33.33
44	88.1	2	1	1	33.33
45	80.8	1	2	1	33.33
46	86.3	1	2	1	33.33
47	71.7	1	1	1	0
48	77.2	1	1	1	0
49	100.9	2	2	2	0
50	85.9	2	1	2	26.66
51	67.7	1	1	1	0
52	143.0	2	2	2	0
53	138.5	2	2	2	0
54	69.9	1	1	1	0
55	103.0	2	2	2	0
56	100.9	2	2	2	0
57	71.7	1	1	1	0
58	143.0	2	3	3	16.66
59	150.0	3	2	2	19.04
60	99.8	2	2	2	0
61	121.0	2	2	2	0
62	80.0	1	1	1	0
63	164.9	3	3	3	0
64	79.0	1	1	1	0
65	68.5	1	1	1	0
66	97.3	1	1	1	0
67	100.0	2	2	2	0
68	141.1	3	2	3	16.66
Promedio de error:					4.59