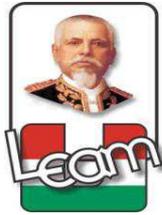


**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ Facultad de
Ciencias del Mar Biología Pesquera**



TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO PESQUERO

Tema:

**“Edad y crecimiento del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus,
1758) en la zona del Pacífico ecuatoriano”**

Autores:

Jesús Briones-Mendoza

Jose Armijos-Bravo

Director de Tesis:

Biol. Víctor Véliz-Quijije

Asesores:

Paola Andrea Mejía-Falla Ph.D

Andrés Felipe Navia-López M.Sc.

Manta - Ecuador

2012

TESIS DE BIÓLOGO PESQUERO

Sometido a consideración del Honorable Consejo de la Facultad de Ciencias del Mar, como requisito para obtener por el Título de Biólogo Pesquero, aprobado por el Tribunal.

Dr. Luis Ayala Castro Ph.D

Presidente del Tribunal

DECANO

Blgo. Víctor Véliz Quijije

Director de Tesis

Blgo. Jaime Sánchez Ms.C.

Miembro Principal

Blga. Sandra Solórzano Barcia

Miembro Principal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los derechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponde exclusivamente; y al patrimonio intelectual de la **UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**”.

JESÚS BRIONES MENDOZA

EGRESADO

JOSE ARMIJOS BRAVO

EGRESADO



CERTIFICACIÓN

Biólogo Víctor Véliz Quijje, profesor de la Facultad Ciencias del Mar, de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO que los **Señores Jesús Briones Mendoza y Jose Armijos Bravo**, realizaron la **Tesis de Grado Titulada: “Edad y crecimiento del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la zona del Pacífico ecuatoriano”**, bajo mi responsabilidad.

Atentamente;

Biol. Víctor Véliz-Quijje



DEDICATORIA

Con mucho esfuerzo, sacrificio y dedicación para Dios, para todas las personas que confiaron en mí, en especial a mi más preciado tesoro mi familia por apoyarme en todo momento, estar conmigo en las buenas y malas, especialmente para mi madre y padre.

Jesús Briones Mendoza

A Dios, a mis padres, en especial a mi querida madre, porque creyó en mí y porque me sacó adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ti, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuviste impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y por el orgullo que se sientes por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ti, por que admiro su fortaleza y por lo que has hecho de mí.

A Valeria, Alejandro, Jessy, abuelos, Tíos, Primos y a mis amigos, gracias por haber fomentado en mi el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

José Javier Armijos Bravo



AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida.

Hemos logrado esta meta gracias a Dios y a toda esa gente que confió en nosotros, que estuvo en las buenas y malas, que siempre nos apoyo, en especial **a nuestros padres** que son parte fundamental de lo que somos ahora, gracias por su esfuerzo, dedicación y paciencia.

A la **fundación “SQUALUS”** por los conocimientos brindados, por su apoyo, amabilidad, paciencia y por a ver confiado en nosotros, muchas gracias a todos.

A **Paola Mejía y Andrés Navia** por sus conocimientos, paciencia y dedicación brindada, por enseñarnos esa entrega a la investigación científica, por hacernos sentir como en casa, muchas gracias por todo maestros.

Al biólogo **Víctor Veliz** por su amistad, consejos y constante apoyo durante el proceso de la investigación, gracias por todo biólogo.

A nuestros compañeros y amigos **Gabriel, Wilson, Jennifer, Ayala, Pin, Logroño,** gracias por su amistad, consejos, y constante apoyo en todo el proceso universitario y de tesis.

Al plan acción nacional tiburón Ecuador por los conocimientos brindados, en especial a **Mariuxi** gracias por aceptarnos, a **Edward y Daza** gracias por todo biólogos.



A la **universidad** por abrirnos las puertas a los conocimientos brindados, a la facultad ciencias del mar a todos sus docentes y personal administrativo, nuestro más sincero agradecimiento.

A los **comerciantes y evisceradores** del desembarcadero “playita mía” por el apoyo de las muestras vertebrales, a todos muchas gracias.



ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------------|------|
| ÍNDICE GENERAL..... | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | X |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XII |
| GLOSARIO | XIII |
| LISTA DE ABREVIATURAS | XV |
| RESUMEN | 18 |
| SUMMARY..... | 19 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 20 |
| 2. OBJETIVOS:..... | 22 |
| 2.1 GENERAL..... | 22 |
| 2.2 ESPECÍFICOS..... | 22 |
| 3. HIPÓTESIS | 23 |
| 4. MARCO TEORICO | 24 |
| 4.1 TAXONOMÍA: | 26 |
| 4.2 BIOLOGÍA:..... | 26 |
| 4.2.1 Distribución | 26 |
| 4.2.2 Migración | 27 |
| 4.2.3 Edad y Crecimiento..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.4 Alimentación | 28 |
| 4.2.5 Reproducción..... | 29 |
| 4.3 Pesquería..... | 30 |
| 5. MATERIALES Y METODOS..... | 31 |
| 5.1 Área de Estudio | 31 |
| 5.2 Trabajo de Campo | 32 |
| 5.3 Trabajo de Laboratorio..... | 34 |
| 5.4. ANÁLISIS DE DATOS..... | 37 |
| 5.4.1 Estructura de talla | 37 |
| 5.4.2 Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total del organismo | 37 |
| 5.4.3 Precisión y sesgo..... | 37 |
| 5.4.4 Verificación de la deposición de las bandas de crecimiento | 38 |
| 5.4.5 Curvas de crecimiento | 38 |
| 5.4.6 Estructura de edad..... | 40 |
| 6. RESULTADOS..... | 41 |
| 6.1 Estructura de tallas | 41 |
| 6.2 Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total del organismo | 43 |
| 6.3 Precisión y Sesgo | 44 |
| 6.4 Verificación de la deposición de las bandas de crecimiento | 46 |
| 6.5 Curvas de crecimiento | 48 |



| | |
|--|-----------|
| 6.6 Estructuras de edades | 51 |
| 7. DISCUSIÓN | 53 |
| 7.1 Estructura de tallas | 53 |
| 7.2 Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total del organismo | 54 |
| 7.3 Precisión y Sesgo | 54 |
| 7.4 Verificación de la deposición de las bandas de crecimiento | 55 |
| 7.5 Curvas de Crecimiento..... | 56 |
| 7.6 Estructura de edades | 58 |
| 8. CONCLUSIONES | 59 |
| 9. RECOMENDACIONES | 60 |
| 10. BIBLIOGRAFIA | 61 |
| 11. ANEXOS | 70 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Distribución del tiburón azul <i>Prionace glauca</i> | 27 |
| Figura 2. Lugar donde se realizo el monitoreo y la colecta de muestras..... | 31 |
| Figura 3. Tipos de medidas aplicadas en el muestreo, A (Longitud total), B (Longitud Precaudal), C (Longitud Interdorsal), D (Longitud del gonopterigio). | 33 |
| Figura 4. Tiburón Azul, (A) La parte donde se marco al tiburón, (B) Región cervical de donde se obtuvieron las muestras vertebrales..... | 33 |
| Figura 5. Fotografía de una vértebra mostrando los arcos neurales y hemales, el canal neural, foco y centrum. | 34 |
| Figura 6. Vértebra entera teñida con nitrato de plata, foco (F), banda de nacimiento (BB), penúltima banda (P), ultima banda (U), radio (R)..... | 36 |
| Figura 7. Corte de vértebra en 0.4 mm, foco (F), banda de nacimiento (BB), penúltima banda (P), ultima banda (U), radio (R)..... | 36 |
| Figura 8. Estructura de tallas Longitud Total (LT) de <i>P. glauca</i> | 41 |
| Figura 9. Estructura de tallas entre hembras (H) y machos (M). | 42 |
| Figura 10. Relación radio (mm) (milímetro)-Longitud total (cm) (centímetros) de los individuos de <i>Prionace glauca</i> | 43 |
| Figura 11. Relación radio (mm) - Longitud Ttotal (cm) entre hembras y machos.... | 44 |



| | |
|---|----|
| Figura 12. Porcentaje de acuerdo entre lectores 1 y 2, con vértebras pequeñas, medianas y grandes. | 45 |
| Figura 13. Grafica de sesgo del conteo de bandas de los lectores 1 y 2. Barras de error indican los conteos promedios del lector 2 (intervalos de confianza) con respecto al lector 1..... | 46 |
| Figura 14. Valores promedio e intervalos de confianza del 95% del incremento marginal por mes de <i>P. glauca</i> | 47 |
| Figura 15. Porcentaje de bordes claros y oscuros en <i>Prionace glauca</i> durante un ciclo anual. | 48 |
| Figura 16. Curva de crecimiento del modelo von Bertalanffy en hembras de <i>Prionace glauca</i> | 50 |
| Figura 17. Curva de crecimiento del modelo von Bertalanffy en machos de <i>Prionace glauca</i> | 50 |
| Figura 18. Estructuras de edades del tiburón azul (<i>Prionace glauca</i>). | 51 |
| Figura 19. Estructuras de edades hembras y machos del tiburón azul (<i>Prionace glauca</i>). | 52 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Tiempos de exposición de vértebras con nitrato de plata y luz ultravioleta. '(minutos), "(segundos). | 35 |
| Tabla 3. Parámetros de crecimiento de los diferentes modelos de crecimientos de <i>Prionace glauca</i> , LT_{∞} = longitud asintótica, K= coeficiente de crecimiento, AIC= criterio de información de Akaike, Δ_i = Delta I, W= peso..... | 49 |
| Tabla 4. Valores de longitud total y crecimiento anual estimados para las hembras de <i>Prionace glauca</i> ,..... | 49 |
| Tabla 5. Parámetros de los modelos de crecimiento de los estudios de edad y crecimiento en <i>Prionace glauca</i> realizados, LT= Longitud Total, PCL= Longitud Precaudal, LF= Longitud Furcal. | 57 |



GLOSARIO

Anillo: Marca concéntrica sobre la vértebra. Pueden ser opacas y claras y se encuentran intercaladas.

Banda: Marca concéntrica ancha presente en una estructura, compuesta de grupos de anillos.

Corpus calcareum: En las vértebras de tiburones representa la parte más calcificada.

Foco: Origen hipotético o real de una estructura esquelética a ser examinada. Generalmente se refiere a escamas pero puede ser usado en un sentido amplio para espinas y radios de aletas, vértebras u otolitos.

Gonopterigios, Mixopterigios o Claspers: En los tiburones machos como órgano utilizado para la copulación, el cual transfiere esperma directamente al interior de las hembras, de manera semejante al pene de los mamíferos.

Grupo de edad: Conjunto de organismos con el mismo número de marcas de crecimiento.

Intermedialia: En las vértebras de tiburones, representa la parte con menor grado de calcificación.

Muesca precaudal: Marca ubicada en la parte posterior del dorso, justo antes del origen de la aleta caudal de tiburones.



Precisión: Reproducibilidad de las lecturas de las marcas de crecimiento en la misma vértebra.

Radio total: Distancia del foco de la vértebra al extremo de la misma.

Retrocálculo: Estimación matemática de longitudes totales a cierta edad mediante el uso de relaciones morfométricas existentes entre el crecimiento del organismo y el crecimiento de la vértebra.

Validación del crecimiento: Es la confirmación de una temporalidad de las bandas de crecimiento de la vértebra.



LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------------------|--|
| LT[∞] | Longitud asintótica |
| K | Coefficiente de crecimiento |
| Lto | Tamaño al nacer |
| MSE | Error cuadrático medio de los residuos |
| RSS | Error suma de los cuadrados |
| AIC | Criterio de información de Akaike |
| LT | Longitud Total |
| LP | Longitud Precaudal |
| LID | Longitud Interdorsal |
| et al., | Otros autores |
| X² | Chi cuadrado |
| APE | Porcentaje de error promedio |
| PA | Porcentaje de acuerdo entre lectores |
| ECVB | Ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy |
| GGM | Ecuación de crecimiento de Gompertz |
| LGM | Ecuación de crecimiento Logístico |
| TPGM | Ecuación de crecimiento Bifásico |
| MIR | Proporción de Incremento Marginal |
| IM | Incremento marginal |



r² Coeficiente de determinación

Fig. Figura

cm Centímetros

W Peso



RESUMEN

El tiburón azul (*Prionace glauca*) es una de las principales especies capturadas en las costas ecuatorianas. Entre septiembre de 2010 y Agosto de 2011 se registraron 577 individuos (136-307 cm LT), de los cuales 279 fueron hembras (136-297,4 cm LT) y 298 machos (136-307 cm LT); con una talla media de 215,6 cm LT, de los que se colectaron 204 muestras vertebrales utilizando nitrato de plata para teñir los centros vertebrales. La relación entre la longitud total (LT) y el radio del centro (CR) fue lineal, indicando una relación positiva entre el crecimiento del centro de las vértebras y el crecimiento del organismo. El valor estimado del APE fue de 2,8%. La edad máxima y mínima que se registraron fueron de 15 años (307 cm LT) y 3 años (136 cm LT). El incremento marginal se redujo en los meses de febrero y Agosto. Los parámetros de crecimientos fueron estimados por los modelos de Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico con 2 parámetros, y bifásico con 4 parámetros. Para seleccionar el mejor modelo, se utilizó el criterio de información Akaike (AIC). Los parámetros de crecimiento fueron, $L_{\infty}= 454$ cm LT, $K= 0,07 \text{ año}^{-1}$, en hembras, y $L_{\infty}= 418$ cm LT, $K= 0,08 \text{ año}^{-1}$, en machos. Las hembras de 4 a 6 años presentaron un promedio de crecimiento de 19.20 cm por año, de 7 a 10 años un promedio de 15.06 cm, y de 11 a 14 años un promedio de crecimiento de 10.74 cm por año. En machos, de 3 a 6 años se calculó un promedio de crecimiento de 19.83 cm, de 7 a 10 un promedio de 14.38 cm, de 11 a 15 años un promedio de 10.08 cm por año.



SUMMARY

The blue shark (*Prionace glauca*) is one of the main species caught off the coast of Ecuador. Between September 2010 and August 2011 there were 577 individuals (136-307 cm TL), of which 279 were females (136 to 297.4 cm TL) and 298 males (136-307 cm TL), with a mean size of 215.6 cm TL, of which 204 samples were collected vertebral silver nitrate to stain the vertebral centra. The relationship between total length (TL) and the radius of the center (RC) was linear indicating a positive relationship between the growth of the center of the vertebrae and the growth of the organism. The estimated value of the APE was 2.8%. The maximum and minimum age recorded was 15 years (307 cm TL) and 3 years (136 cm TL). The marginal increase was reduced in February and August. The growth parameters were estimated by the models of von Bertalanffy, Gompertz, logistic with 2 parameters, and biphasic. To select the best model we used the Akaike information criterion (AIC). The growth parameters were, $L_{\infty}= 454$ cm LT, $K= 0.07\text{year}^{-1}$, in females, and $L_{\infty}= 418$ cm LT, $K= 0.08\text{year}^{-1}$, in males. Females of 4 to 6 years had an average growth of 19.20 cm per year, from 7 to 10 years an average of 15.06 cm and 11 to 14 years an average growth of 10.74 cm per year. In males, 3 to 6 years was calculated an average growth of 19.83 cm, 7 to 10 an average of 14.38 cm, 11 to 15 years an average of 10.08 cm per year.



1. INTRODUCCIÓN

Los tiburones y rayas (subclase Elasmobranquios), pertenecen a los peces cartilagosos, y a la fecha se han descrito alrededor de 1.100 especies de peces principalmente marinas (Compagno, 2001). Como grupo, los elasmobranquios presentan una serie de problemas para la pesca y conservación (Bonfil, 1994), y durante las últimas décadas se ha hecho evidente que la actividad de pesca sobre peces cartilagosos no es fácilmente sostenible (Bonfil, 1994; Cailliet et al., 2004). Holden, 1974 sugirió que estos peces poseen características que los hacen vulnerables a la sobrepesca tales como, crecimiento lento, una edad tardía de la madurez, pocas crías y largos períodos de gestación. La presión pesquera sobre los elasmobranquios, tanto dirigida como; incidental ha aumentado en las últimas cinco décadas (Casey & Myers, 1998; Stevens et al., 2000; Baum et al., 2003), llevando a reducciones poblacionales de muchas especies, y a la vez estimulando numerosos estudios sobre aspectos de su historias de vida, tales como la edad, el crecimiento y la reproducción, los cuales son de gran importancia para las posibles medidas de manejo y conservación de las especies.

El patrón de crecimiento de un organismo es un componente clave de su historia de vida, siendo la edad de madurez sexual, la tasa de crecimiento, el tamaño corporal del adulto y la talla de nacimiento, las características más importantes que definen este patrón (Stearns, 1994; Helfman et al., 1997).

La importancia del crecimiento en la historia de vida de un organismo como los elasmobranquios, radica en que este determina el tiempo en el que el individuo comenzara a reproducirse, el lapso del tiempo durante el cual lo hará y el número de veces que se reproducirá (Lucifora, 2003). De esta manera, ligados a los parámetros reproductivos, los parámetros de crecimiento son modeladores de la estrategia reproductiva de un organismo (Helfman et al., 1997). Estos parámetros están



sometidos a presiones de selección natural que varían de acuerdo a las condiciones ambientales y presión pesquera a que son sometidas las especies (Stearns, 1994).

En la biología pesquera es importante entender las edades, características de crecimiento, los procesos de maduración, y la longevidad de los peces para evaluar el estado de la población y predecir cómo esta va a cambiar en el tiempo (Ricker, 1975). Información precisa y correcta de la edad permite estimaciones de calidad en el crecimiento y otras tasas vitales, tales como la mortalidad natural y la longevidad, las cuales son esenciales para la gestión exitosa de la pesca (Goldman, 2005).

Diferentes especies de tiburones cuentan con estudios de edad y crecimiento (Cailliet et al., 1992; Campana et al., 2002; Francis, 1981; Gennari et al., 2007; Lessa & Santana, 1998; Natanson et al., 1999; Sánchez De Ita, 2004;) siendo para tiburón azul (*P. glauca*) (Lessa et al., 2004; Skomal & Natanson, 2003; Blanco et al., 2008; Harvey, 1979; Tanaka et al., 1990; Nakano, 1994).

A pesar de la mencionada importancia de los estudios de edad y crecimiento para el manejo y conservación de las pesquerías de tiburones en Ecuador no existe información alguna respecto a este tema. Por ello y siendo el tiburón azul *P. glauca*, es una de las especies predominante en las capturas incidentales realizadas por la flota palangrera ecuatoriana que dirige su esfuerzo a los peces pelágicos de gran tamaño, objetivo de esta investigación fue determinar los parámetros de edad y crecimiento del tiburón azul en la zona central del Pacífico oriental tropical.



2. OBJETIVOS:

2.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar parámetros de edad y crecimiento del tiburón azul (*Prionace glauca*, Linnaeus 1758) del Pacífico ecuatoriano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Definir la mejor técnica para esclarecer las bandas de crecimiento en las vértebras de *P. glauca*.
- ✓ Evaluar la distribución de tallas y edades de hembras y machos.
- ✓ Estimar los parámetros de crecimiento de hembras y machos de *P. glauca* a partir de varios modelos de crecimiento.
- ✓ Evaluar diferencias en las curvas y parámetros de crecimiento entre sexos de *P. glauca*.



3. HIPÓTESIS

- ✓ Se pretende determinar la estructura de edades de los individuos de *P. glauca* que se capturan en el Pacífico ecuatoriano, empleando para ello las vértebras de la parte cervical. Debido a que las vértebras son una estructura útil para este tipo en muchas especies, se espera que reflejen de forma confiable la edad y el crecimiento de los individuos de esta especie en la zona de estudio.
- ✓ En los parámetros biológicos de crecimiento, la temperatura juega un papel importante en el desarrollo de las especies. Ya que la mayoría de estudios de edad y crecimiento de esta especie se han realizado en ambientes fríos o templados y condiciones biológicas diferentes, se espera que al ser los individuos analizados de zonas tropicales, los parámetros de crecimiento sean diferentes de aquellos registrados en la literatura.



4. MARCO TEORICO

Una importante herramienta en la determinación de la edad de un organismo es el estudio de zonas de deposición de carbonato de calcio, Ridewood 1921 fue el primero en documentar las bandas concéntricas en las vértebras de los peces condriictios; y convirtió a esta estructura la más utilizada en la determinación de la edad en tiburones y batoideos (Cailliet et al., 1983; Cailliet & Goldman, 2004). Las vértebras, espinas dorsales, las espinas caudales y arcos neurales han proporcionado la información sólo sobre las tasas de edad y el crecimiento en tiburones, ya que carecen de las partes duras como otolitos y escamas que suelen utilizarse en estudios de edad y crecimiento de los peces teleósteos (Cailliet et al., 1986; Cailliet, 1990; Gallagher & Nolan, 1999; McFarlane et al., 2002).

Las estimaciones de edad, tasa de crecimiento y longevidad en los peces condriictios asumen que los anillos de crecimiento son un indicador de la edad de las especies, sin embargo, pocos estudios han validado la periodicidad estacional de la deposición (formación) de las bandas de crecimiento en las vértebra (Campana, 2001).

Al respecto, diferentes autores han propuesto que la deposición de bandas de crecimiento es bianual, donde se forman dos bandas una opaca y otra translúcida, que tienden a aparecer en verano e invierno respectivamente. Sin embargo, la opacidad y la transparencia de estas bandas varían considerablemente según la especie, fuente de luz, y la metodología usada para la observación de la misma (Cailliet et al., 1986; Cailliet, 1990; Wintner et al., 2002).

Las técnicas utilizadas para el esclarecimiento de bandas en las vértebras pueden variar tanto en simplicidad y costos como en requerimientos tecnológicos. Los procesos histológicos suelen tener muy buenos resultados pero requieren de equipos especializados y de costos elevados, mientras que técnicas de tinción (cristal violeta,



nitrato de plata, rojo de alizarina entre otros) son más económicas y eficientes en tiempo (Goldman, 2004).

Desde el comienzo de las técnicas para estudios de edad el número de investigaciones ha aumentado significativamente y a la fecha se conoce información de aproximadamente 110 especies de elasmobranchios (Cailliet & Goldman, 2004).

La mayoría de estudios sobre edad y crecimiento en el tiburón azul y rayas se han realizado en regiones de aguas templadas en donde la estacionalidad del ambiente marino facilita la interpretación de los resultados (Nakano, 1994; Cailliet et al., 1983). El tiburón azul no es la excepción y la mayoría de los estudios se han concentrado en regiones como el océano Atlántico (Stevens, 1975; Aasen, 1996; Henderson et al., 2001; McNeil et al., 2002; Skomal & Natanson, 2003; Aries da Silva, 1996; Lessa et al., 2004), Océano Pacífico (Harvey, 1979; Cailliet et al., 1983; Tanaka, 1990; Manning et al., 2005; Blanco et al., 2008) y en el océano Índico (Rabehagasoa et al., 2009). Donde se han obtenidos resultados diferentes con lo que respecta al coeficiente de crecimiento K . Los tiburones azules con mayor longitud en los estudios descritos anteriormente presentaron una edad de 0-16 años (Cailliet et al. 1983, Tanaka 1990, Nakano, 1994, Henderson et al., 2001; Blanco et al., 2008; Skomal & Natanson, 2003). Sin embargo, pocas investigaciones tienen acceso a los grandes tiburones azules, por lo que la longevidad es probablemente mucho mayor, o alrededor de los 20 años (Stevens et al., 2000).



4.1 TAXONOMÍA:

El tiburón azul pertenece a la clase Chondrichthyes (peces cartilaginosos), a la sub-clase Elasmobranchii (tiburones y rayas), del súper orden Selachimorpha (tiburones), del orden Carcharhiniformes (grupo de tiburones), de la familia Carcharhinidae (Jordan & Evermann, 1896), del género *Prionace* (Cantor, 1849), especie *Prionace glauca*, (Linnaeus 1758), (Compagno, 1984).

4.2 BIOLOGÍA:

4.2.1 Distribución

El tiburón azul (*P. glauca*) es una de las especies más amplia distribución global, que se encuentra en los mares tropicales y templados alrededor de 60° N hasta el paralelo 50° S. Es oceánico y epipelágico, y va desde la superficie hasta los 600 m de profundidad y en ocasiones se encuentra cerca de las costa (Compagno, 1984). El tiburón azul prefiere temperaturas entre 12-20 °C y se encuentra a mayor profundidad en aguas tropicales (Last & Stevens, 1994).



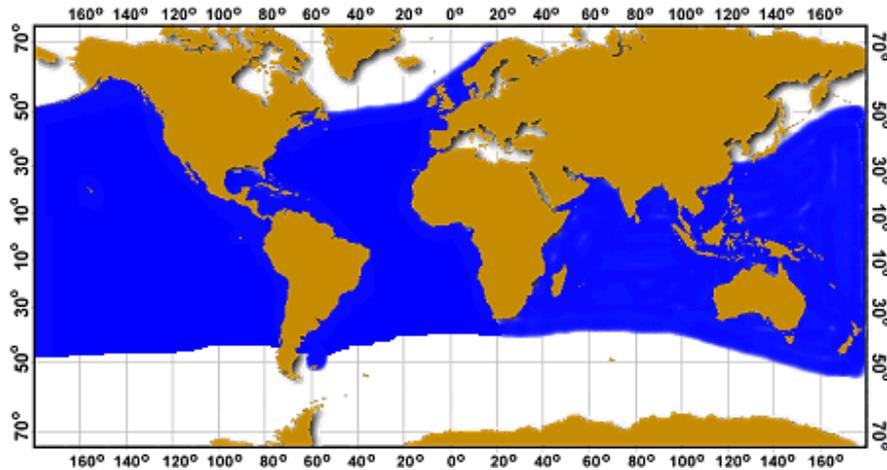


Figura 1. Distribución del tiburón azul *Prionace glauca*, Compagno 1984.

4.2.2 Migración

El tiburón azul es altamente migratorio, con patrones de movimientos complejos relacionados con la reproducción y la distribución de sus presas (Nakano & Stevens, 2008). Cambios estacionales en la abundancia de la población a latitudes más altas se asocia con las denominadas zonas de frontera, ya que son áreas de mayor productividad (Nakano & Stevens, 2008). Los estudios de marcado de tiburón azul han demostrado amplios movimientos en el Atlántico con numerosas migraciones transatlánticas (Kohler & Turner, 2008), en el Pacífico también han demostrado amplios movimientos de hasta 9.200 kilómetros.



4.2.3 Edad y Crecimiento

La edad y el crecimiento de las poblaciones del tiburón azul han sido relativamente estudiadas en el Pacífico Norte y el Atlántico Norte y Sur. Alrededor del 50% de los machos en el Atlántico Occidental son sexualmente maduros a los 218 cm de longitud total (LT), aunque algunos pueden llegar a la madurez con una longitud total de 182 cm (Nakano & Stevens, 2008). Las hembras son sub adultas de 173 a 221 cm LT y completamente maduras a partir de 221 cm LT (Pratt, 1979). En el Pacífico Norte, la madurez para ambos sexos es cerca a los 200 cm LT (Suda, 1953; Nakano et al, 1985). Hembras grávidas desde los 183 cm han sido registrados en el Pacífico Nororiental (Williams, 1977). En el Pacífico Sur, los machos maduran alrededor de 229-235 cm LT y las hembras a 205 a 229 cm LT (Francis & Duffy, 2005).

Manning & Francis, (2005) ajustaron diferentes modelos de crecimiento para el tiburón azul obteniendo el mejor ajuste con el modelo de Schnute (1977). Ellos encontraron que las hembras parecen tener una menor longitud asintótica y crecen a un ritmo más rápido que los machos, a diferencia de estudios realizados en otros océanos. Sin embargo, sugieren que esto puede ser debido al sesgo de muestreo.

4.2.4 Alimentación

La dieta del tiburón azul se compone principalmente de pequeños peces pelágicos y cefalópodos, especialmente calamares, invertebrados (crustáceos principalmente pelágicos), pequeños tiburones, cetáceos (posiblemente como carroña), y aves marinas (Compagno, 1984; Clarke et al, 1996, Henderson et al, 2001). Mientras que la mayoría de las presas son peces pelágicos, los peces del fondo también figuran en la dieta. El tiburón azul es conocido por alimentarse las 24 horas del día (Sciarrotta & Nelson, 1977).



4.2.5 Reproducción

El tiburón azul es vivíparo. La gestación dura de 9-12 meses, y las camadas promedio son de 30 crías (se han registrado hasta 135). El tamaño al nacer es generalmente entre 35-50 cm LT (Suda, 1953; Gubanov & Grigoryev, 1975; Pratt, 1979; Stevens, 1984; Stevens & McLoughlin, 1991; Nakano, 1994; Castro & Mejuto, 1995; Snelson et al, 2008). La reproducción ha sido reportada como estacional en la mayoría de las áreas; las crías suelen nacer en primavera o verano (Pratt, 1979; Stevens, 1984; Nakano et al, 1985; Nakano, 1994), aunque los períodos de ovulación y nacimiento se pueden extender (Estrasburgo, 1958; Hazin et al, 1994). No está claro si las hembras adultas paren cada año, y la fecundidad anual se desconoce (Nakano & Stevens, 2008).

En el Atlántico Norte, Pratt (1979) reconoce tres grupos de hembras; inmaduras, sub adultas y maduras. En las hembras, la madurez se encuentra entre los cuatro y cinco años de edad (173 a 221 cm LT). En los machos el apareamiento ocurre de 215 cm LT (6 años) o más grandes. La piel de las hembras es aproximadamente tres veces más gruesa que la de los machos para soportar las mordeduras de cortejo de los machos, se ha documentado que a los cuatro años de edad los machos pueden cortejar a la hembra, pero estas son poco desarrolladas para almacenar el esperma en su glándula nidamental, a los 5 años de edad ya pueden almacenar esperma en la glándula nidamental y posteriormente quedar grávidas (Nakano & Stevens, 2008). El periodo de gestación dura de 9-12 meses con una edad máxima de 20 años (Compagno 1984, Nakano & Stevens, 2008).

4.2.6 Tamaño

El tamaño máximo reportado es de 383 cm LT, el tamaño al nacer de 35 a 44 cm LT (Compagno, 1984).



4.3 Pesquería

El tiburón azul es una de las especies de tiburón que más se captura y se comercializa, se considera captura incidental de las principales pesquerías de palangre y con redes de enmalle, en particular de los países con flotas de alta mar (Nakano & Stevens, 2008). El tiburón azul es el tiburón pelágico comúnmente capturado por los pescadores deportivos, en especial en los Estados Unidos, Europa y Australia (Babcock, 2008). Mientras que los datos del tiburón azul capturado con palangre y la pesca con redes de enmalle son escasos, es evidente que cantidades muy grandes se están pescando a nivel mundial. En alta mar las capturas de tiburón azul de las pesquerías del Pacífico Norte en 1988 se estimaron en 5 millones de individuos, o 100.000 toneladas métricas, con un peso promedio de 20 kg por tiburón (Nakano et al., 1992), y la captura de las flotas palangreras en el Pacífico en 1994 fue de 137.000 t (Stevens, 2000). Bonfil (1994) estima que entre 6.2 y 6.5 millón tiburones azules se capturaron anualmente por la pesca de altura en todo el mundo. Aunque estas cifras son sólo estimaciones en bruto, dan una idea de la magnitud de la explotación.



5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Área de Estudio

Los muestreos se realizaron en el desembarcadero de la playa de Tarqui del cantón Manta ($0^{\circ} 56'S$; $80^{\circ} 42'W$) (Fig. 2) entre septiembre de 2010 y septiembre de 2011.

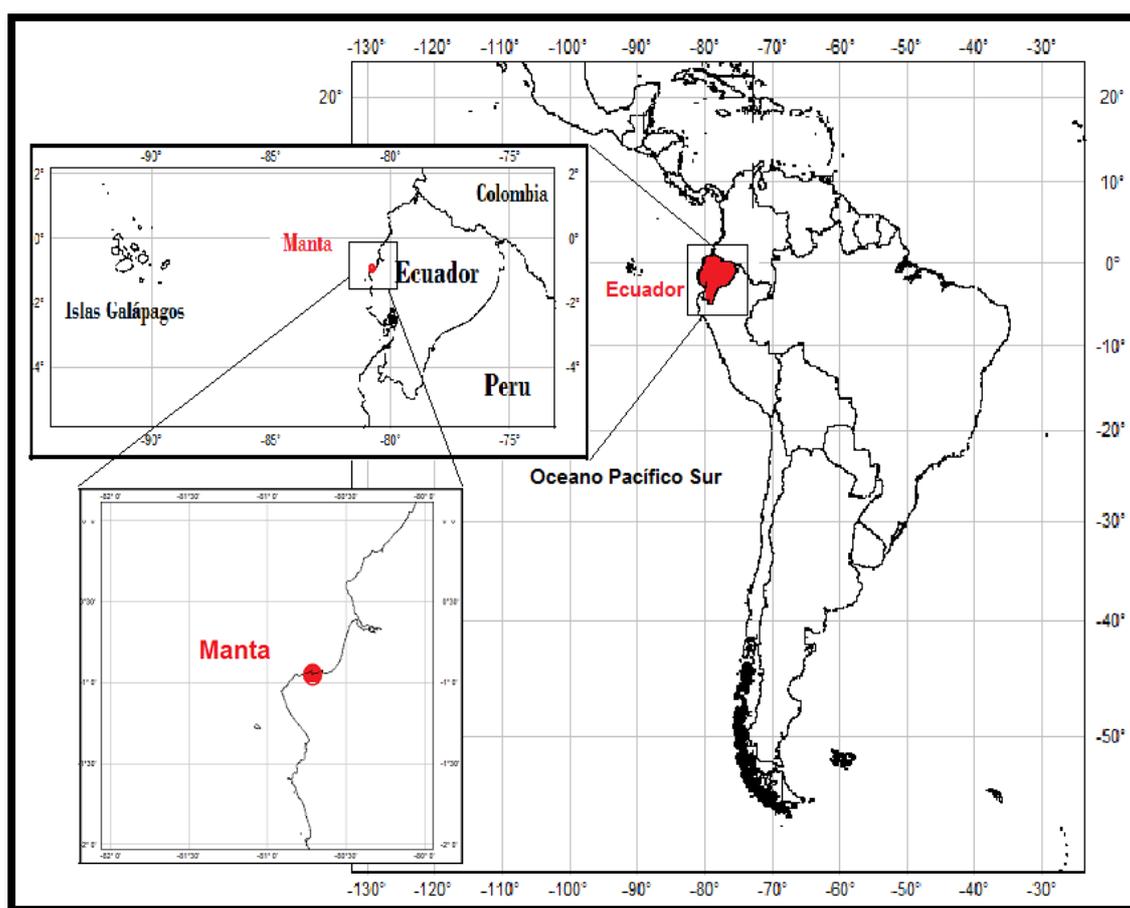


Figura 2. Lugar donde se realizó el monitoreo y la colecta de muestras.



En el Ecuador existe una flota industrial palangrera de aproximadamente 212 embarcaciones con casco de madera. Cada embarcación remolca de 7 a 10 lanchas de fibra de vidrio, las cuales son las que realizan las faenas de pesca utilizando el arte de pesca palangre de superficie. Ese arte es fundamentalmente en una línea madre (mantenida en la superficie por boyas), de la cual cuelgan los anzuelos (entre 600 y 700) unidos a sedales. Los individuos muestreados forman parte de la captura incidental de la pesca industrial dirigida a pelágicos grandes, el tiburón azul ocupa el segundo lugar de las especies más desembarcadas después del tiburón zorro (*Alopias pelagicus*, Nakamura 1935), los muestreos se realizaron aleatoriamente a las embarcaciones que arribaban a puerto y de igual manera se seleccionaron los ejemplares a ser trabajados.

5.2 Trabajo de Campo

Los individuos desembarcados fueron medidos al centímetro más cercano con una cinta métrica graduada en centímetros (cm). Las medidas realizadas fueron: longitud total (LT) (Fig. 3, A), longitud precaudal (LP) (Fig. 3, B), longitud interdorsal (LID) (Fig. 3, C). A las hembras se les inspeccionó las siguientes características biológicas, abertura cloacal (Fig. 3, E) y marcas de cortejo. Las características que se utilizan para identificar el estado de madurez de las hembras grávidas no pudieron ser tomadas debido a que los ejemplares llegaban al sitio de desembarque eviscerados. A los machos se les registró la longitud del gonopterigio (clasper) en centímetros (cm) (Fig. 3, D) y características como rotación, no calcificación, calcificación parcial, calcificación total, abertura del rhipiodon y presencia o ausencia del semen.



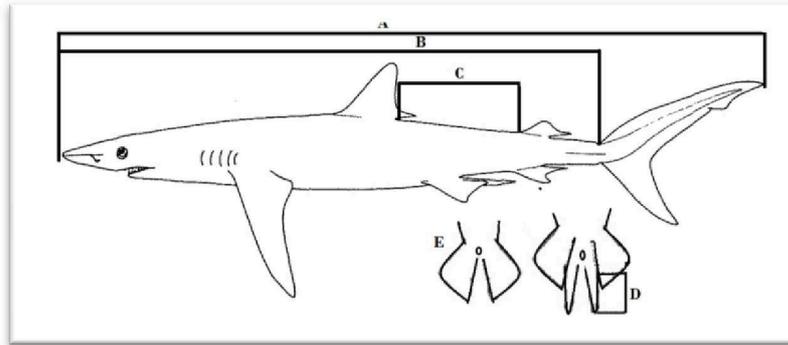


Figura 3. Tipos de medidas aplicadas en el muestreo, **A** (Longitud total), **B** (Longitud Precaudal), **C** (Longitud Interdorsal), **D** (Longitud del gonopterigio).

Fuente: Tomado y modificado de Fischer et al., 1995.

Después que se midió el tiburón se procedió a marcarlo con la ayuda de un lápiz carboncillo en la parte posterior-ventral (Fig. 4, A) con el fin de no perder el orden que se lleva en la hoja de registro, después se obtuvieron las muestras vertebrales de la región cervical (junto al cráneo) (Fig. 4, B), ya que éstas son las más fáciles de obtener, y las recomendadas por la mayoría de autores por ser las más grandes (Cailliet et al., 1983). Posteriormente con la ayuda de un cuchillo se obtuvo la muestra vertebral que fue depositada en fundas plásticas. Cada muestra se guardó refrigerada con su respectiva etiqueta, la cual incluyó el nombre de la especie, la longitud total (LT), sexo, número de muestra del día y fecha.

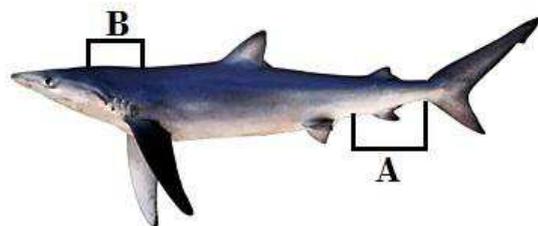
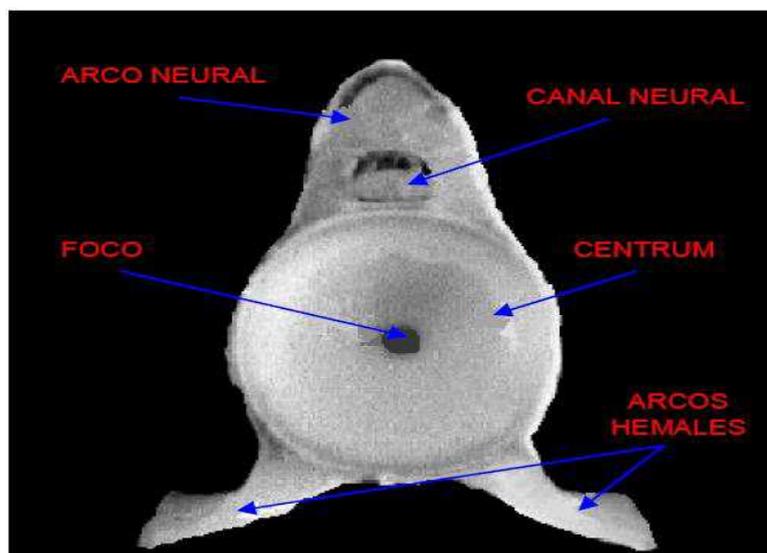


Figura 4. Tiburón Azul, **(A)** La parte donde se marcó al tiburón, **(B)** Región cervical de donde se obtuvieron las muestras vertebrales.



5.3 Trabajo de Laboratorio

Una vez descongeladas las vértebras se procedió a sumergirlas en agua a 80°C durante un periodo de 5 a 15 minutos. Posteriormente con un bisturí se les retiró el exceso de tejido, arcos neurales y hemales (Fig. 5), e inmediatamente fueron sumergidas en hipoclorito de sodio al 10% por periodos de tiempos que van de 5 a 10 minutos dependiendo del tamaño de la vértebra. Por último, se enjuagaron con agua corriente y se las dejó secar durante un periodo de 24 horas.



Fuente: Goldman, 2005

Figura 5. Fotografía de una vértebra mostrando los arcos neurales y hemales, el canal neural, foco y centrum.

Las vértebras fueron separadas según el diámetro en tres categorías; pequeñas, medianas y grandes. Para las pruebas de visualización de anillos se seleccionaron los individuos con mayor número de vértebras, trabajando con 60 individuos (15 pequeños, 30 medianos y 15 grandes). Las vértebras se fijaron a un portaobjetos con resina (Cristalbond) y fueron seccionadas sagitalmente con una sierra de doble cuchilla de baja velocidad Isomet Buehler, con espesores entre 0.4 y 0.5 mm y de lo que resultó un corte en forma de “corbatín” (Cailliet & Goldman, 2004). Se aplicaron



distintos tintes tales como; rojo de alizarina, verde malaquita, azul de metileno, cristal violeta, fuscina básica (0,01%) y aceite de inmersión. Cada tipo de tinte fue aplicado sobre un corbatín de cada uno de los cortes realizados (0.4 y 0.5 mm), mientras que se mantuvo como punto de comparación un “corbatín” sin ningún tipo de tinción de cada una de las vértebras trabajadas. Una técnica complementaria fue aplicada al teñir vértebras enteras con nitrato de plata al 1%; las cuales fueron expuestas a la luz ultravioleta en diferentes periodos de tiempo (Tabla 1, Fig. 6).

Tabla 1. Tiempos de exposición de vértebras con nitrato de plata y luz ultravioleta. '(minutos), "(segundos).

| Vértebras | Nitrato De Plata (AgNO ₃) | Luz Ultravioleta |
|--------------|---------------------------------------|------------------|
| Muy Pequeñas | 1' | 30" |
| Pequeñas | 2' | 1' |
| Medianas | 3' | 2' |
| Grandes | 3' | 2' |

El patrón de lectura que se siguió fue el de una banda muy calcificada (opaca) seguida de una banda menos calcificada o hialina (clara) que tienden a ocurrir en verano e invierno (Cailliet & Goldman, 2004; Goldman, 2005). Para la lectura de bandas se utilizó un microscopio estereoscopio con una cámara digital conectada a un ordenador. En dicho equipo se tomó una imagen digital de cada vértebra utilizando el software Image Pro Plus 7.0, con la cual se midió el radio (R) y la distancia del foco (F) al borde exterior de la última (U) y penúltima banda (P) translúcida completa (Fig. 7). El conteo de bandas fue realizado por cuatro lectores de forma simultánea pero independiente y sin conocer el sexo y talla del ejemplar analizado. Una vez encontrado el método más adecuado para la visualización y lectura de las bandas de crecimiento el conteo final fue realizado por dos lectores.



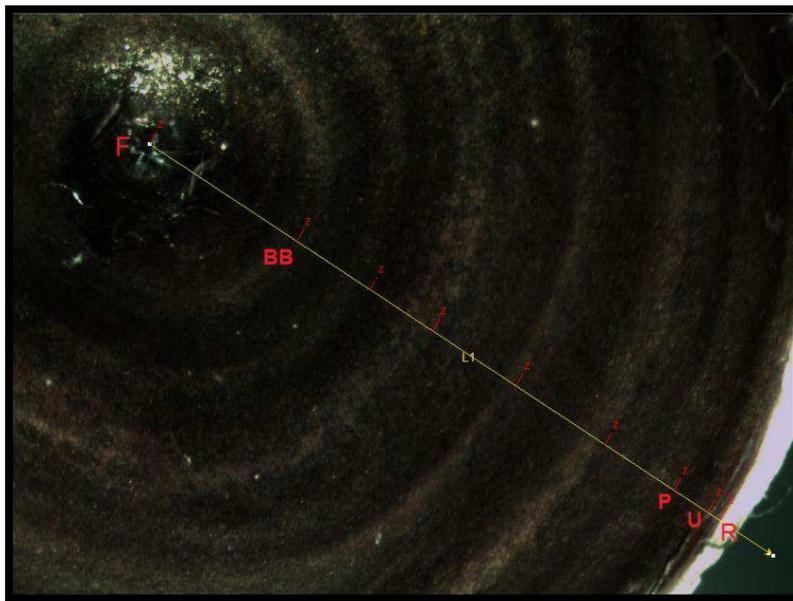


Figura 6. Vértebra entera teñida con nitrato de plata, foco (F), banda de nacimiento (BB), penúltima banda (P), última banda (U), radio (R).

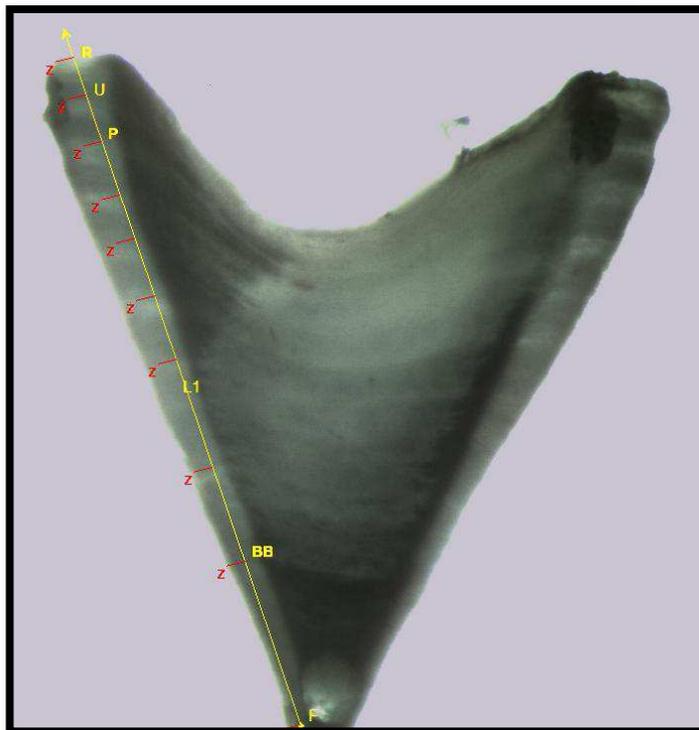


Figura 7. Corte de vértebra en 0.4 mm, foco (F), banda de nacimiento (BB), penúltima banda (P), última banda (U), radio (R).



5.4. ANÁLISIS DE DATOS

5.4.1 Estructura de talla

Para describir las estructuras de tallas se elaboraron histogramas de distribución de frecuencias con longitud total utilizando intervalos de 7 cm, las estructuras de tallas fueron comparadas entre hembras y machos. Se realizó la prueba de de Mann Whitney, con el fin de saber si existió o no diferencias entre sexos.

5.4.2 Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total del organismo

Con las medidas de los radios de las vértebras y las tallas de los individuos se estableció la relación que existe entre el crecimiento de la estructura (vértebra) y la longitud total, ajustando el modelo lineal, cuadrático e isométrico y potencial.

5.4.3 Precisión y sesgo

Se realizó el porcentaje de acuerdo entre lectores (PA, Número de acuerdo / Número de lectores * 100) siguiendo a Beamish & Fournier 1981, con el fin de estimar la precisión de las lecturas entre los dos lectores. Así mismo, se realizó la prueba de simetría de Bowker (Hoenig et al., 1995) que determina si las diferencias entre los lectores son sistemáticas o debidas a error aleatorio. Por último, se evaluó el porcentaje de error promedio (APE, por sus siglas en ingles), el que calculó como:

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



donde **N** es el número de individuos a los que se les determinó la edad, **R** es el número de veces que se determinó la edad, **X_{ij}** la i-ésima lectura de la edad del j-ésimo pez, **X_j** es la edad promedio calculada para el j-ésimo pez.

5.4.4 Verificación de la deposición de las bandas de crecimiento

Para determinar la periodicidad de formación de las bandas de crecimiento en las vértebras se calculó el porcentaje de vértebras con bordes oscuros y con bordes claros para cada mes, obteniendo así la distribución mensual de los tipos de borde. Así mismo, se empleó el análisis de incremento marginal (MIR) usando la fórmula propuesta por (Natanson et al., 1995):

$$MIR = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}$$

donde **R**= radio vertebral; **R_n** = radio de la última banda de crecimiento formada y **R_{n-1}** = radio del penúltimo anillo completo.

5.4.5 Curvas de crecimiento

Para el ajuste se consideró el mes promedio de formación de banda (febrero) y el mes promedio de nacimiento (octubre), así pasan cuatro meses entre que nacen y se forma la banda (octubre-febrero), es decir $4/12=0.33$ años.

Para describir el crecimiento del tiburón azul se ajustaron cuatro modelos de crecimiento a los datos observados de longitud total-edad. Dado que sólo se muestrearon individuos mayores a 3 años los modelos ajustados fueron aquellos que



incluyeron la talla de nacimiento como uno de los parámetros conocidos (42 cm LT), a saber:

1) von Bertalanffy con dos parámetros (VBGM-2) (von Bertalanffy, 1983). La función de crecimiento de von Bertalanffy (FCVB) ha sido ampliamente utilizada desde su introducción en la ciencia pesquera por Beverton & Holt 1957, y aunque ha recibido fuertes críticas por años (Roff, 1982), es la función de crecimiento más utilizada en biología pesquera (Haddon, 2001). Este modelo también ha sido frecuentemente utilizado en los estudios de crecimiento de numerosas especies de elasmobranquios (Cailliet & Goldman, 2004). Su modelo es:

VBGM-2

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - L_0) \cdot e^{(-Kt)}$$

2) Gompertz con dos parámetros (GGM-2) (Ricker, 1979). Es una función de crecimiento en forma de S similar a la función logística, se ha aplicado más en peces batoideos (Mollet et al., 2002), pero también puede ser el modelo más adecuado para algunas especies de tiburones (Wintner et al., 2002).

GGM-2

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

3) Logístico con dos y parámetros (LGM-2) (Ricker, 1979). Este modelo de crecimiento define una curva de tipo sigmoidal similar al de Gompertz. Su modelo es:

LGM-2

$$L_t = L_\infty \cdot \left(1 + \left(\frac{L_\infty - L_0}{L_\infty}\right) \cdot (e^{-kt})\right) - 1$$



4) Modelo bifásico (TPGM) (Soriano et al., 1992) ajustado a cuatro parámetros y es una versión modificada del modelo de von Bertalanffy.

TPGM

$$L_T = L_\infty - (L_\infty - L_0) * e^{(-AKt)}$$

Para todos los modelos, los parámetros a estimar son L_∞ longitud asintótica que puede alcanzar la especie; K , es el coeficiente de crecimiento que determina que tan rápido se alcanza la talla máxima. Para el modelo bifásico, donde th es la edad a la cual se produce la transición entre las dos fases y h determina la magnitud entre la ecuación tradicional y la propuesta.

Los modelos fueron ajustados mediante verosimilitud, utilizando el complemento Solver de Microsoft Excel. Para seleccionar el modelo que mejor se ajusta al crecimiento del tiburón azul (*P.glauca*) se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC; Akaike 1973). Por último, las diferencias en las curvas de crecimiento entre los sexos para el modelo seleccionado se sometieron a pruebas de tasa de verosimilitud chi-cuadrado (Kimura, 1980; Haddon, 2001).

5.4.6 Estructura de edad

Las estructuras de edades se obtuvieron a través de un histograma de frecuencias de grupos de edad general. Se realizó un histograma tanto para hembras y machos. Se realizó la prueba de de Mann Whitney, con el fin de saber si existió o no diferencias entre sexos.



6. RESULTADOS

6.1 Estructura de tallas

Durante los 12 meses de monitoreo se registraron 577 individuos, (297 machos y 280 hembras), con tallas entre 136 y 307 cm LT (promedio \pm SD= 215.7 \pm 33,6), siendo más frecuentes (53%) aquellos con tallas entre 193 y 229 cm LT (Fig.8).

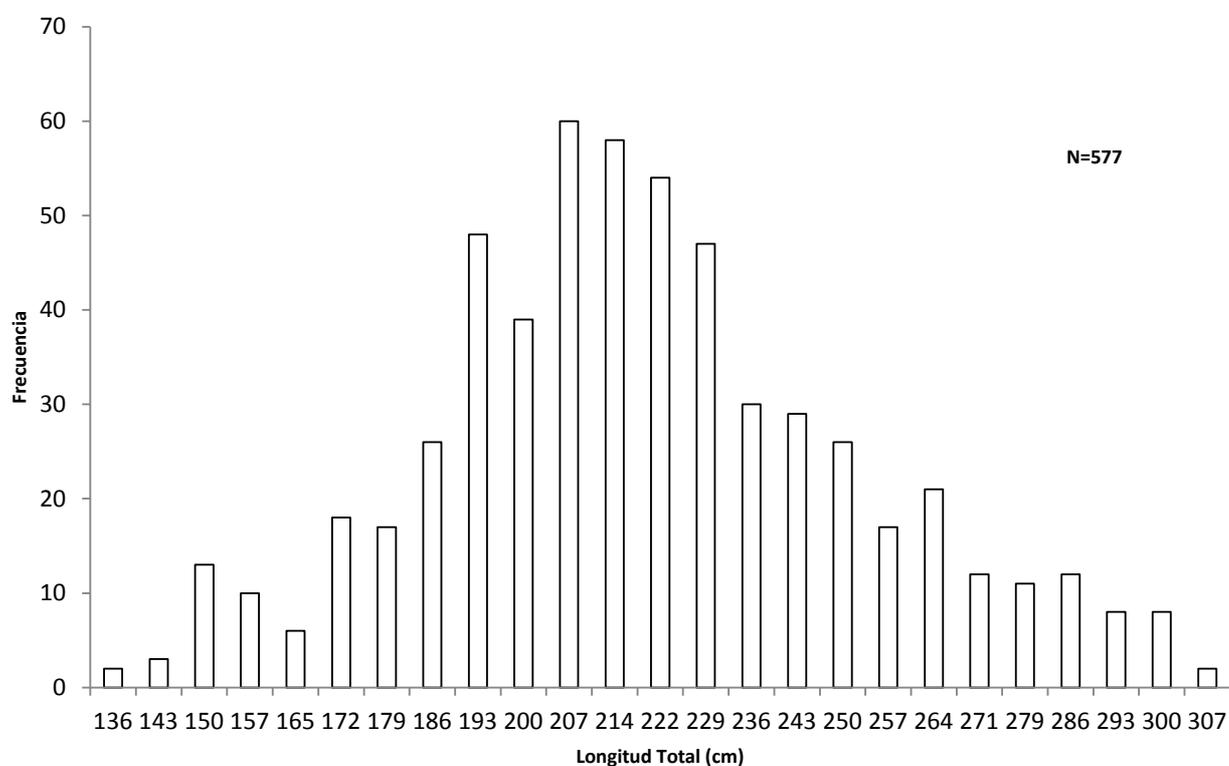


Figura 8. Estructura de tallas Longitud Total (LT) de *P.glauca*.



Las hembras presentaron tallas entre 136 cm y 297,4 cm LT ($214,05 \pm 32,96$; Fig. 9) y los machos entre 136 y 307 cm LT ($297,66 \pm 34,39$; Fig. 9) y no se encontraron diferencias entre sexos ($Z = -1,39$, $P = 0,1628$). En hembras fueron más frecuentes los individuos entre 196 a 227 cm LT (64,16%), mientras que en machos lo fueron aquellos entre 206 a 237 cm LT (46,64%).

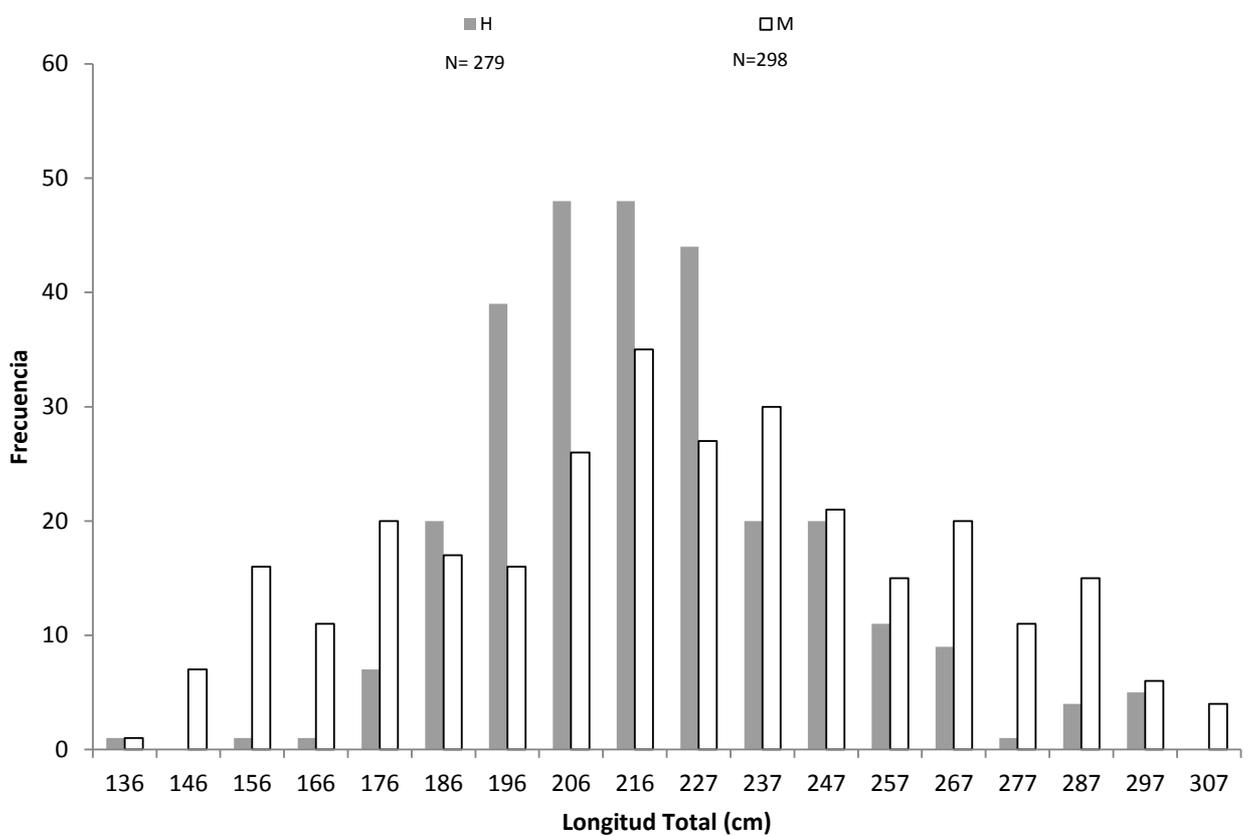


Figura 9. Estructura de tallas entre hembras (H) y machos (M).



6.2 Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total del organismo

Del total de individuos (577) se analizaron vértebras de 204 (94 hembras y 108 machos). La relación radio de la vértebra y la longitud total fue descrita adecuadamente por un modelo potencial ($21,803x^{0,9528}$, $r^2= 0,66$; Fig.10). Una relación similar fue encontrada para hembras ($24,841x^{0,8885}$, $r^2=0,52$; Fig. 11) y machos ($20,143x^{0,9951}$, $r^2=0,72$; Fig. 11).

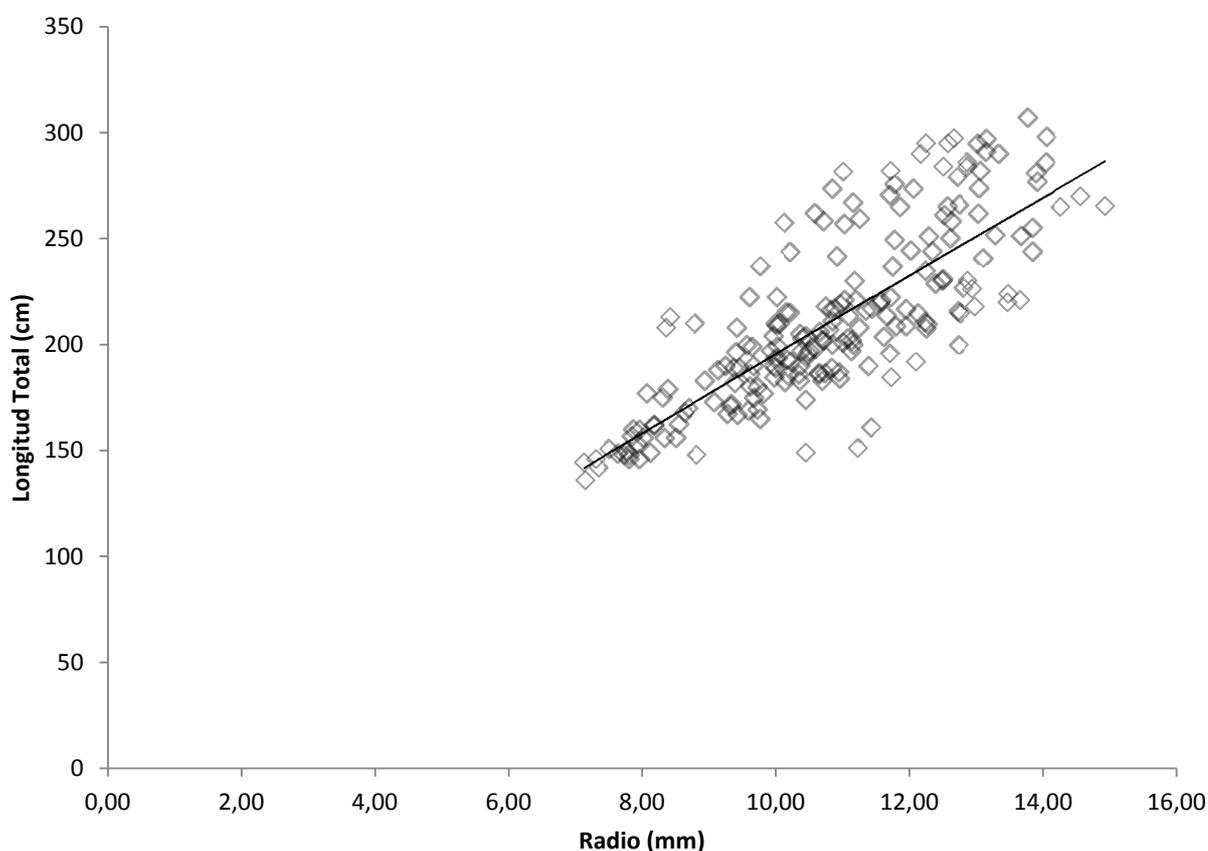


Figura 10. Relación del radio (mm) (milímetro)-Longitud total (cm) (centímetros) de los individuos de *Prionace glauca*.



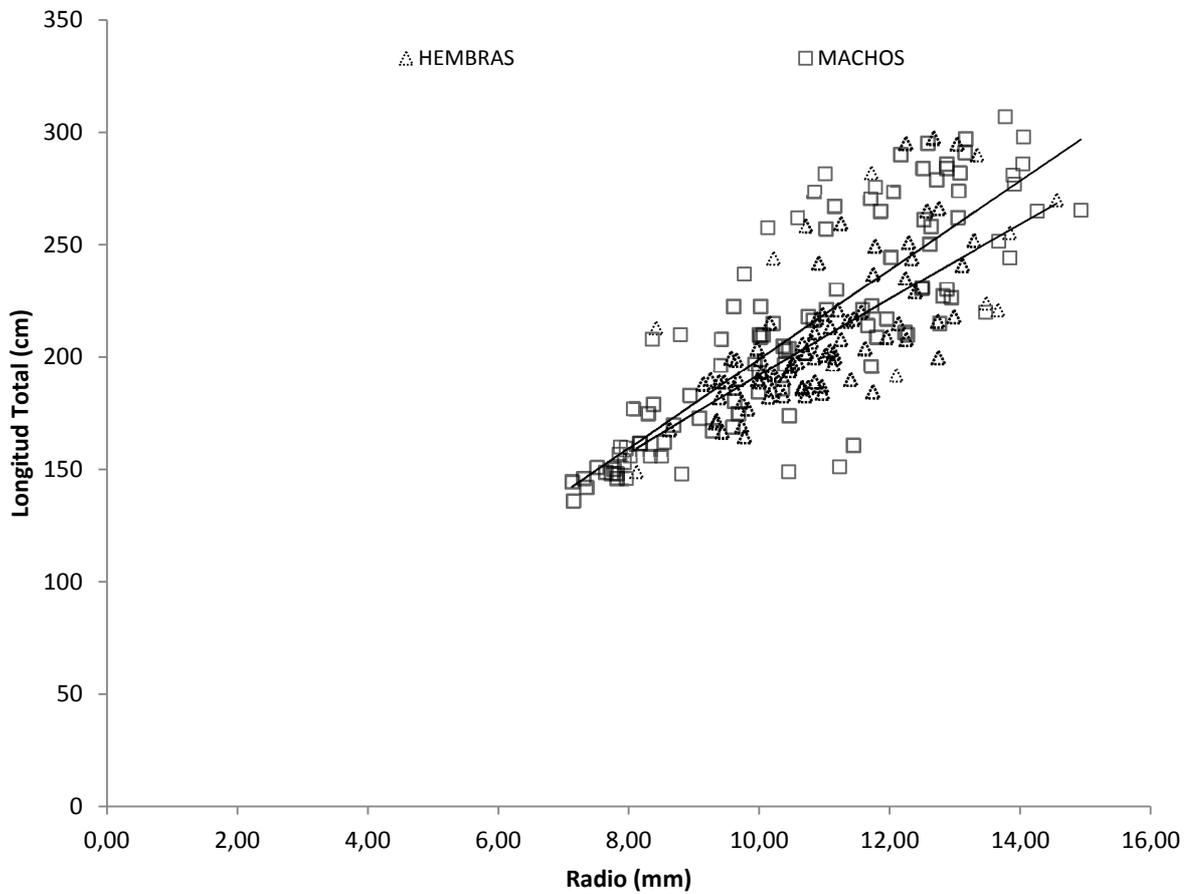


Figura 11. Relación radio (mm) - Longitud Total (cm) entre hembras y machos.

6.3 Precisión y Sesgo

El conteo de bandas entre lectores resultó con un APE (Porcentaje de Error promedio) de 2,8%, un PA del 96,6% ± 1 del 100%, el porcentaje de acuerdo para las vértebras pequeñas fue de 100% ± 1 , medianas 97,9% ± 1 , grandes 87,5% ± 1 , obteniendo mejores resultados con las vértebras pequeñas y un porcentaje de desacuerdo mayor con las vértebras grandes (Fig.12).



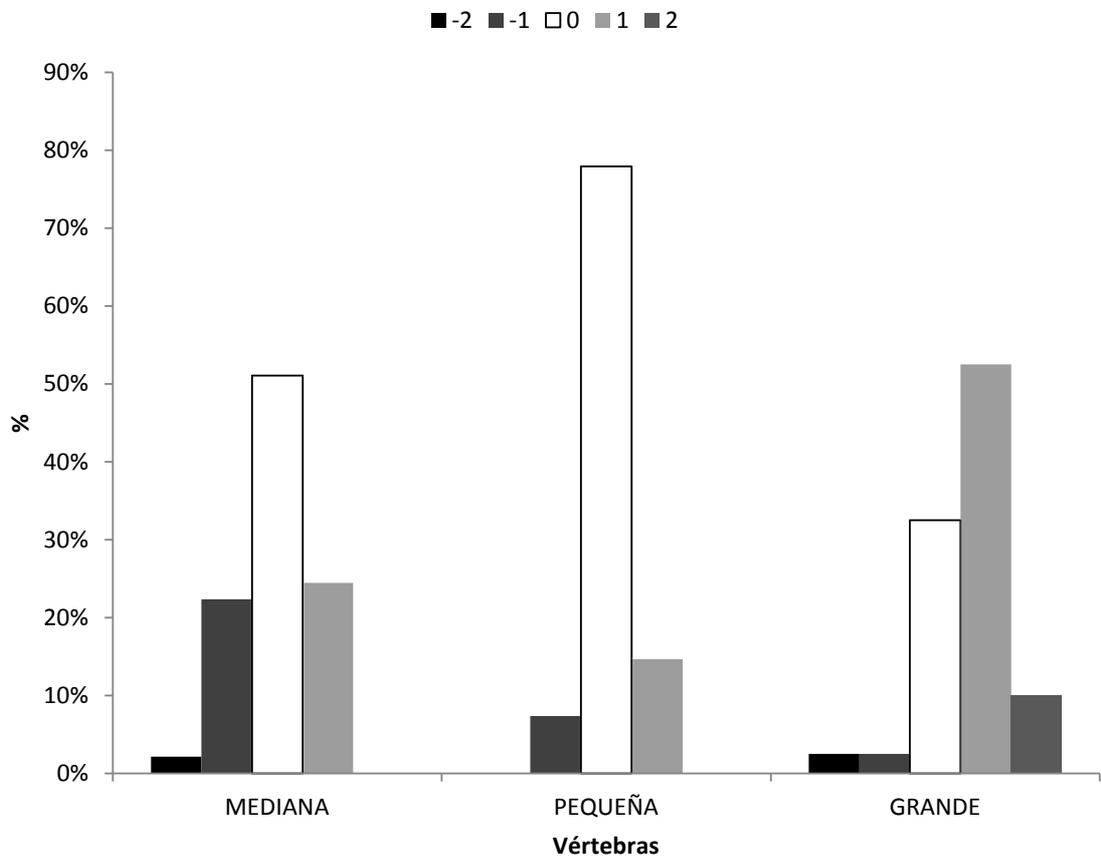


Figura 12. Porcentaje de acuerdo entre lectores 1 y 2 con vértebras pequeñas, medianas y grandes.

La prueba de simetría de Bowker's ($\chi^2=28,7$, $d.f=17$, $P=0,96$) y el gráfico de sesgo por edad (Fig.13) indicaron que no hubo desacuerdo sistemático entre lectores.



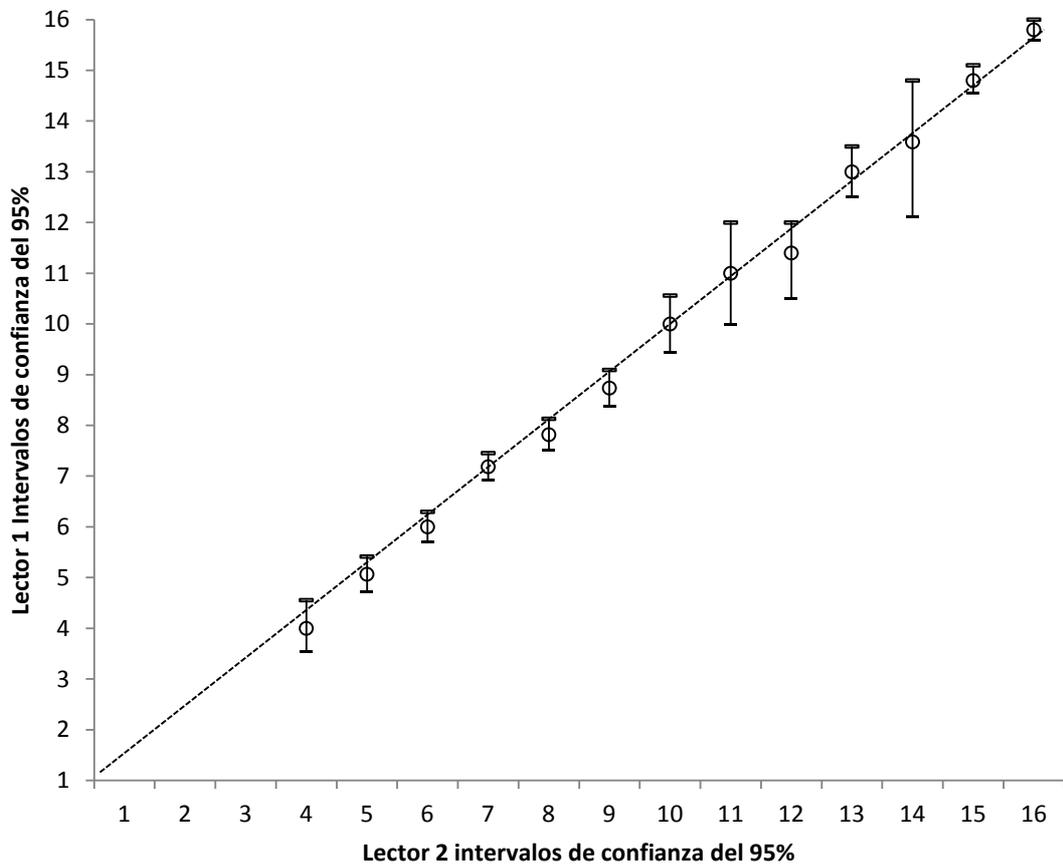


Figura 13. Grafico de sesgo del conteo de bandas de los lectores 1 y 2. Barras de error indican los conteos promedios del lector 2 (intervalos de confianza) con respecto al lector 1.

6.4 Verificación de la deposición de las bandas de crecimiento

Para realizar la verificación de la deposición de las bandas de crecimiento, se contó con muestras de todos los meses, con excepción del mes de Julio. El incremento marginal (IM) fue más bajo en el mes de febrero, aunque no se encontraron diferencias significativas en el IM entre meses ($H_{(10, 202)}=11,533$, $P=0,318$; Fig.14). Los bordes claros predominan en los primeros meses del año (enero-marzo; Fig. 15);



aunque en febrero, la mayor frecuencia de bordes oscuros pueda deberse al bajo número de muestras.

Los análisis de incremento marginal y de borde no fueron tan contundentes para la identificación de un mes específico de formación de las bandas, pero dado los resultados se asume que una banda de crecimiento es formada anualmente a principios de año.

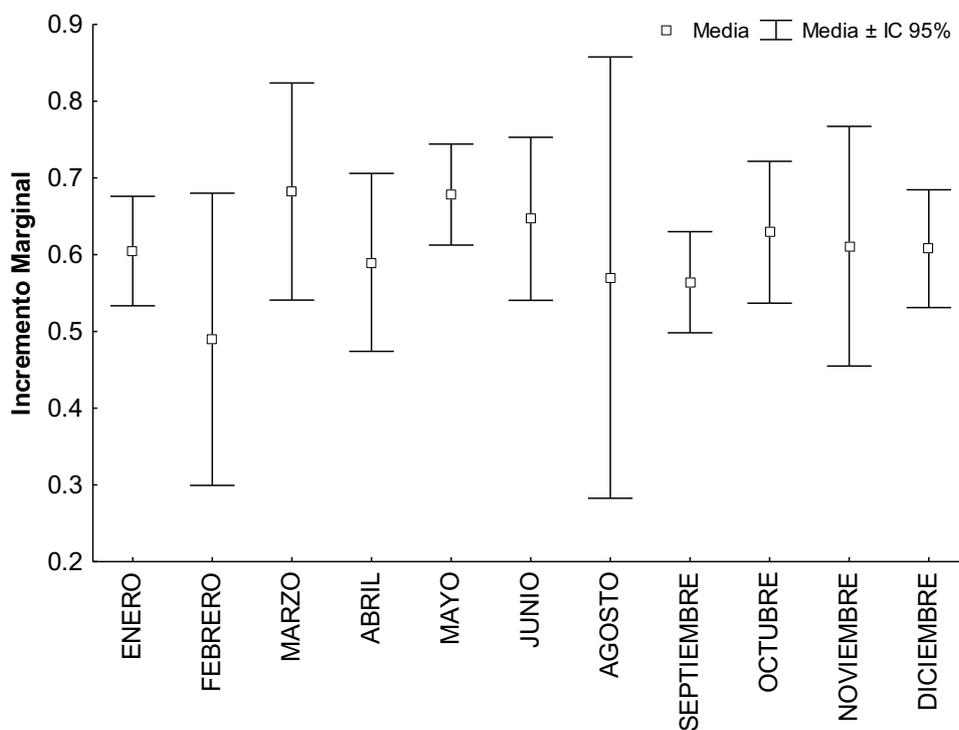


Figura 14. Valores promedio e intervalos de confianza del 95% del incremento marginal por mes de *P.glauca*



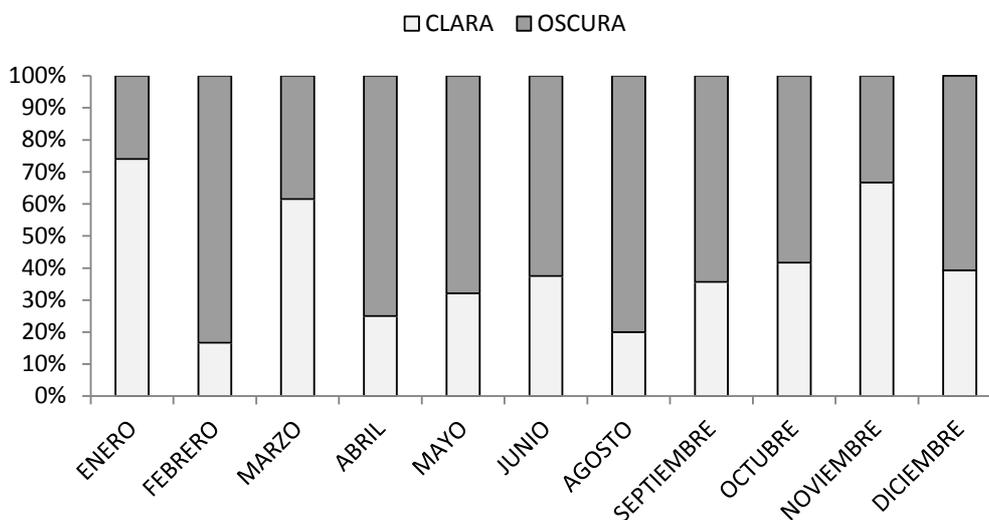


Figura 15. Porcentaje de bordes claros y oscuros en *Prionace glauca* durante un ciclo anual.

6.5 Curvas de crecimiento

De los cuatro modelos de crecimiento aplicados, el modelo de Von Bertalanffy con dos parámetros fue el que mejor se ajustó a los datos de longitud total-edad tanto de machos como de hembras de *P.glauca* (Tabla 3). El peso de AIC para este modelo fue de 99% para hembras y 60% para machos. Los parámetros de crecimiento resultantes fueron $L_{\infty} = 454$ cm LT, $K = 0,07$ año⁻¹ para las hembras (Tabla 4 (A), Fig.17) y de $L_{\infty} = 418$ cm LT, $K = 0,08$ año⁻¹ para machos (Tabla 4 (B), Fig.16). La prueba de tasa de verosimilitud no mostró diferencias en la curva de von Bertalanffy entre sexos ($\chi^2 = 1,665$, d.f=2, P=0,43) (Fig. 18).



Tabla 2. Parámetros de crecimiento de los diferentes modelos de crecimientos de *P. glauca*, LT_{∞} = longitud asintótica, K= coeficiente de crecimiento, AIC= criterio de información de Akaike, Δ_i = Delta I, W= peso.

| SEXO | Modelo | LT_{∞} | k | AIC | Δ_i | w |
|---------|---------------|----------------|--------------|----------------|-------------|-------------|
| FEMALES | VBGM-2 | 454,853 | 0,070 | 756,946 | 0,00 | 0,99 |
| | GGM-2 | 328,118 | 0,205 | 833,138 | 76,19 | 0,00 |
| | LGM-2 | 274,071 | 0,140 | 844,327 | 87,38 | 0,00 |
| | TPGM | 561,427 | 0,050 | 765,392 | 8,45 | 0,01 |
| MALES | VBGM-2 | 418,96 | 0,080 | 894,41 | 0,00 | 0,60 |
| | GGM-2 | 316,58 | 0,222 | 960,54 | 66,13 | 0,00 |
| | LGM-2 | 275,73 | 0,150 | 1049,86 | 155,45 | 0,00 |
| | TPGM | 452,50 | 0,070 | 895,23 | 0,83 | 0,40 |

Tabla 3. Valores de longitud total y crecimiento anual estimados para las hembras de *Prionace glauca*,
(A) Hembras, (B) machos

| (A) | | | (B) | | |
|------------|------------------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|---------------------------|
| Edad (Año) | LT estimada por el modelo | Crecimiento anual (cm) | Edad (Año) | LT estimada por el modelo | Crecimiento anual (cm) |
| 4 | 149,50 | 20,55 | 3 | 130,56 | 22,28 |
| 5 | 170,05 | 19,16 | 4 | 152,84 | 20,56 |
| 6 | 189,21 | 17,87 | 5 | 173,40 | 18,97 |
| 7 | 207,09 | 16,67 | 6 | 192,37 | 17,51 |
| 8 | 223,76 | 15,55 | 7 | 209,88 | 16,15 |
| 9 | 239,31 | 14,50 | 8 | 226,03 | 14,91 |
| 10 | 253,81 | 13,53 | 9 | 240,94 | 13,75 |
| 11 | 267,34 | 12,62 | 10 | 254,70 | 12,69 |
| 12 | 279,96 | 11,77 | 11 | 267,39 | 11,71 |
| 13 | 291,73 | 10,98 | 12 | 279,10 | 10,81 |
| 14 | 302,70 | 9,01 | 13 | 289,90 | 9,97 |
| | | | 14 | 299,88 | 9,20 |
| | | | 15 | 309,08 | 8,57 |



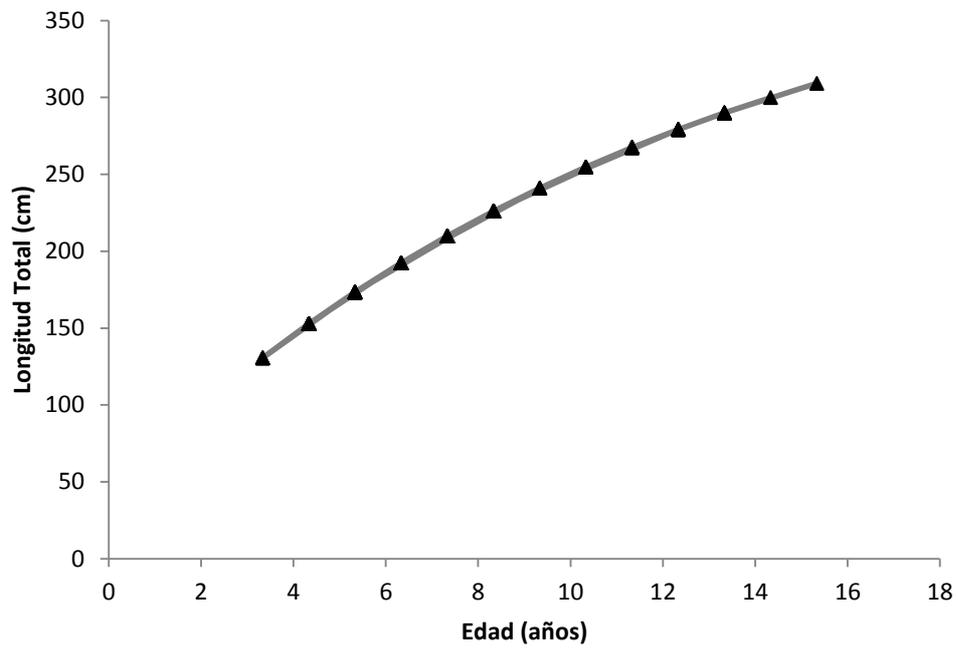


Figura 16. Curva de crecimiento del modelo von Bertalanffy en machos de *Prionace glauca*.

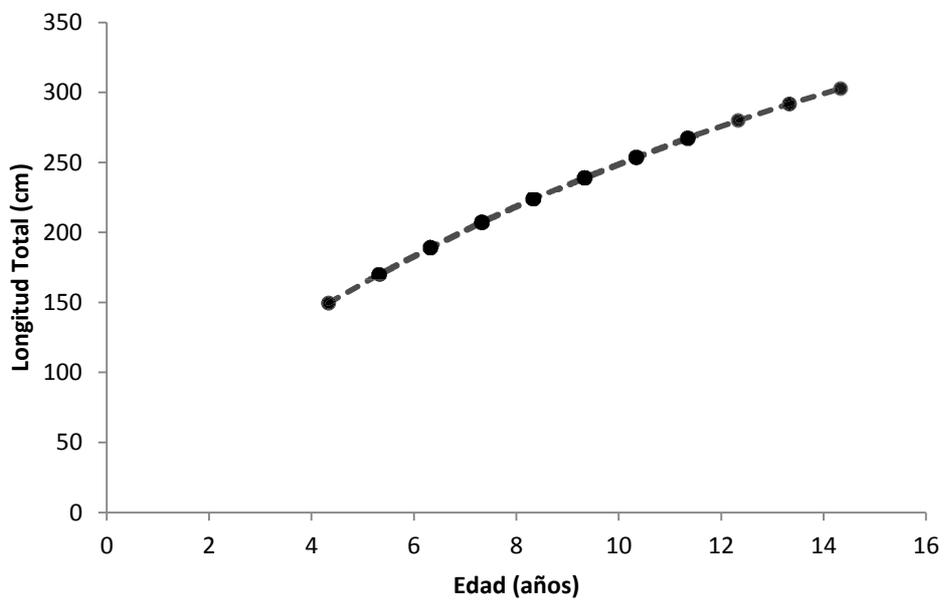


Figura 17. Curva de crecimiento del modelo von Bertalanffy en hembras de *Prionace glauca*.



6.6 Estructuras de edades

Los individuos presentaron entre 3,33 a 15,33 (136 a 307 cm LT) bandas de crecimiento. La distribución de edades indicó un mayor número de individuos entre los 6,33 a 8,33 años (Fig.18).

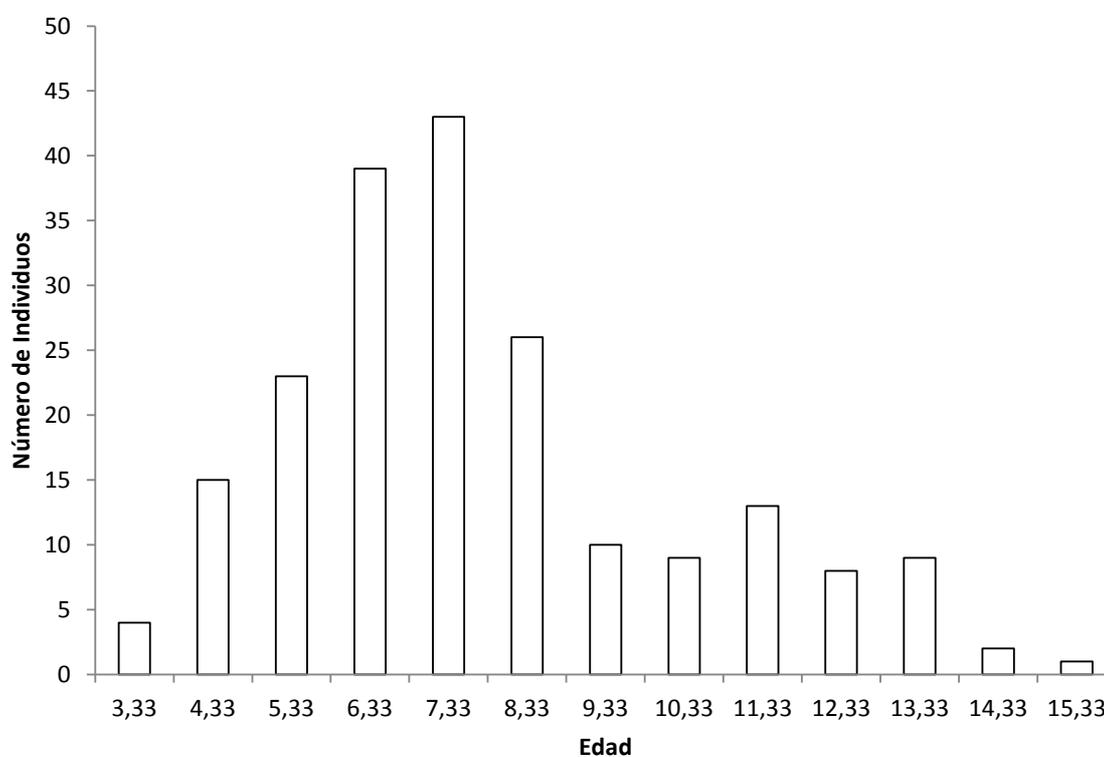


Figura 18. Estructuras de edades del tiburón azul (*P.glauca*).



Las hembras mostraron entre 4,33 a 14,33 (149 a 297,4 cm LT) bandas de crecimiento, presentado un mayor número en individuos de 7,33 a 8,33 (Fig. 19). En machos, se encontraron individuos de 3,33 a 15,33 (136 a 307 cm LT), presentando un mayor número de individuos de 6,33 a 7,33 (Fig. 19) bandas de crecimiento. No se encontraron diferencias entre sexos ($p= 0,63$).

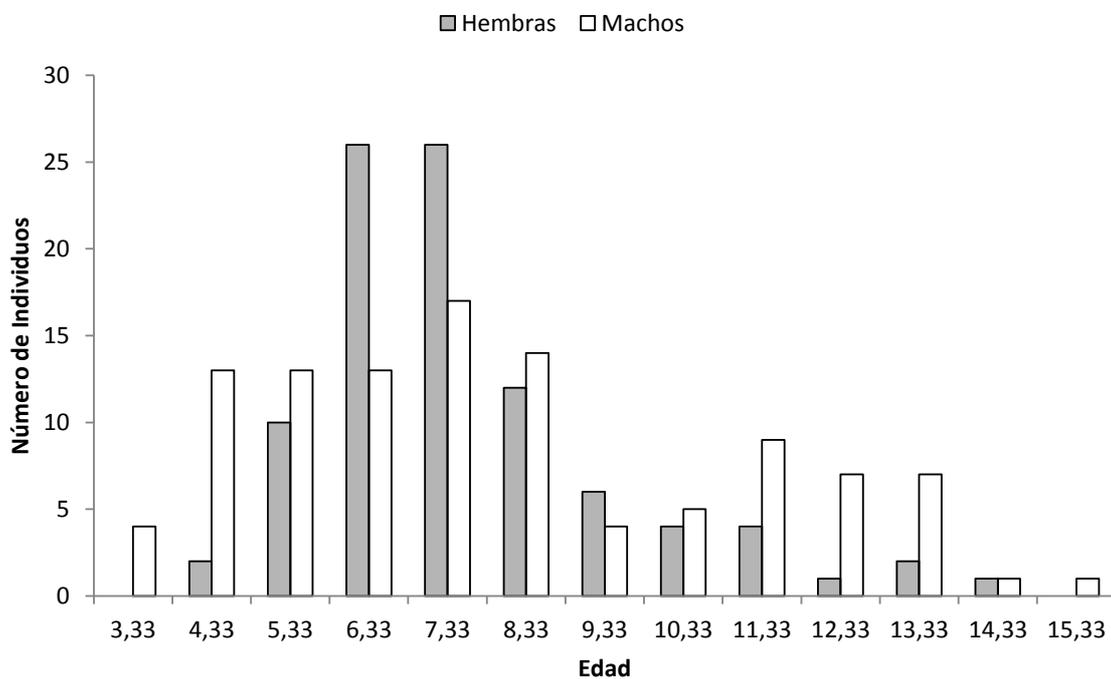


Figura 19. Estructuras de edades hembras y machos del tiburón azul (*P. glauca*).



7. DISCUSIÓN

En diferentes océanos del mundo se han realizado estudios de edad y crecimiento en tiburón azul (*Prionace glauca*), a saber; Atlántico Norte (Aasen, 1966; Stevens, 1975; Henderson et al., 2001; McNeil et al., 2002; Skomal & Natanson 2003), Atlántico sur (Lessa et al., 2004), Pacífico Norte (Cailliet et al., 1983; Tanaka et al., 1990; Nakano, 1994), Pacífico central (Blanco et al., 2008), y Océano Índico (Rabehagasoa et al., 2009). El presente estudio es el primero en realizarse en las costas ecuatorianas.

7.1 Estructura de tallas

El tamaño máximo reportado es de 383 cm, y la talla al nacer entre, 35 y 44 cm LT (Compagno, 1984), Lo que indica que este estudio no contó con individuos neonatos ni juveniles. En las costas ecuatorianas Ruiz & Díaz (2007) reportaron tallas de 120 a 310 cm LT para hembras de *P.glauca* y entre 110 y 311 cm LT para machos. Posteriormente Peralta (2008) reportó intervalos de tallas entre 132 a 304 cm LT en hembras y 154 a 318 cm en machos. Estos intervalos de tallas son similares a los reportados en este estudio (136 a 307 cm LT en machos y 136 a 297,6 cm LT en hembras), indicando que en el Pacífico ecuatoriano capturan individuos grandes, especialmente con tallas entre 186 y 235 cm LT.

En las costa noreste de México Blanco et al. (2008) reporta tallas de 81 a 270 cm LT, teniendo en su gran mayoría (75%) individuos juveniles (150 cm LT). Por otra parte en las costas brasileñas del Atlántico sur Lessa et al. (2004) reporta intervalos de tallas que van desde los 173,8 a 310 cm LT, teniendo en su gran mayoría individuos de maduros.



7.2 Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total del organismo

Para que una estructura pueda ser considerada como un buen indicador de la edad debe cumplir al menos tres condiciones: que no haya reabsorción, que los patrones de las bandas de crecimiento sean producto de diferencias en el crecimiento, y por último que exista un crecimiento proporcional entre la estructura y la longitud corporal del organismo (Cailliet et al., 1983).

Los estudios realizados de edad y crecimiento en tiburón azul, el coeficiente de determinación vario en mínimas proporciones con relación radio-longitud, en la costa noroeste de México Blanco et al., (2008) un $r^2=0,70$ en hembras y 0,76 en machos, en el atlántico sur, al noreste de Brasil, Lessa et al., (2004) un coeficiente de determinación en hembras $r^2=0,78$ y 0,73 en machos, en el presente estudio sexos combinados $r^2=0,69$, para hembras $r^2= 0,7025$ y 0,6586 en machos, se observa que tantos en hembras y machos los resultados se asemejan al presente estudio.

7.3 Precisión y Sesgo

El bajo valor de APE (2,8%) y el alto porcentaje de acuerdo entre lectores, indicaron un alto nivel de reproductibilidad, especialmente con vértebras pequeñas y medianas; con vértebras grandes la lectura se dificulta un poco, pero es confiable. Los datos de APE obtenidos en este estudio fueron similares a los obtenidos en otros estudios en el Pacífico central (3,0%; Blanco et al., 2008), en el atlántico sur (3,1; Lessa et al., 2004).



7.4 Verificación de la deposición de las bandas de crecimiento

En la gran mayoría de estudios de edad y crecimiento se han utilizado técnicas como incremento marginal y análisis de borde determinar la periodicidad de la formación de bandas, cuando no se pueden aplicar técnicas de validación como la oxitetraciclina (Goldman, 2005; Cailliet & Goldman 2004). En el Atlántico sur, Lessa et al. (2004) utilizó el incremento marginal para demostrar la formación de bandas anuales, basándose en sus resultados y en los estudios de reproducción de Amorim (1992) y de Hazin (1991) en *Prionace glauca* realizados en el Atlántico sur, concluye que el mes de nacimiento se da en los meses de Diciembre-Enero. En el presente trabajo en incremento marginal indico el pico más bajo en el mes de febrero, donde posiblemente se termina de formar la banda clara.

Por su parte en el Atlántico norte, Skomal & Natanson (2003), realizaron un estudio de edad y crecimiento del *P.glauca* utilizando para la validación anual oxitetraciclina inyectada con métodos de marcado y recaptura, produciendo marcas fluorescente en los centros vertebrales y teniendo resultados de una periodicidad anual de las bandas claras y oscuras. Los resultados tanto de incremento marginal y bordes claros y oscuros no son tan claros como los obtenidos por Lessa et al. (2004) y Skomal y Natanson (2003), quizás debido a las pocas muestras obtenidas en algunos meses.



7.5 Curvas de Crecimiento

Los parámetros de crecimiento encontrados en el presente estudio ($L_{\infty} = 454$ cm LT, $K = 0,09 \text{ año}^{-1}$ en hembras, y $L_{\infty} = 418$ cm LT, $K = 0,08 \text{ año}^{-1}$ en machos) fueron similares a los reportados por Manning & Francis (2005) en las costas de Nueva Zelanda en el Pacífico sur ($L_{\infty} = 267,5$ cm LF, $K = 0,13 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -1,04$ en hembras, y $L_{\infty} = 342$ cm LF, $K = 0,09 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -1,25$ en machos), los reportados en el atlántico norte por Stevens (1975) ($L_{\infty} = 423,0$ cm LT $K = 0,11$ sexo combinados).

En el estudio de edad y crecimientos de tiburón azul realizado por Lessa et al., (2004) en el Atlántico sur, los autores sugieren que a pesar de un crecimiento diferencial por sexos postulado por varios autores (Natanson & Kohler, 1996; Cailliet et al., 1983), en su estudio no se demostraron diferencias entre hembras y machos, aceptando un crecimiento similar para ambos sexos. Por su parte Blanco et al. (2008) en las costa noreste de México Pacífico centro, reporta ($L_{\infty} = 237,5$ cm LT, $K = 0,15 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -2,15$ en hembras, y $L_{\infty} = 299$ cm LT, $K = 0,10 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -2,44$ en machos) un crecimiento diferente entre sexos, siendo un poco más rápido en hembras.

Las tasas anuales de crecimientos reportadas para el Pacífico centro por Blanco et al. (2008), durante el primer año los machos tienen un crecimiento de 22 cm, mientras que las hembras reportan un crecimientos de 24 cm. Por otra parte, Skomal & Natanson (2003) reportan para el atlántico un crecimientos similar entre macho y hembra en los primeros siete años de vida. En el presente estudio, los resultados de crecimientos obtenidos fueron casi similares entre sexos, teniendo un promedio de crecimiento de 20 cm por año en individuos de 3 a 7 años.

La diferencia entre resultados de estudios realizados de edad y crecimiento en *Prionace glauca* (Tabla 6) probablemente se deba a la ubicación geográfica, al tamaño de muestras, al intervalo de tallas, al tipo de tintes utilizados, a los tipos de modelos de crecimientos utilizados por cada autor.



Tabla 4. Parámetros de modelos de crecimiento de los estudios de edad y crecimiento en *P.glauca* realizados, LT= Longitud Total, PCL= Longitud Precaudal, LF= Longitud Furcal.

| Fuente | Océano | # | Sex | L^{∞} | K | t_0 | Edad | Longitud |
|--------------------------------|---------------------|------------|---------------|--------------|-------------|----------|-----------|-----------|
| Aasen (1966) | Atlántico Norte | - | Combinado | 394,0 | 0,13 | -0,80 | - | LT |
| Stevens (1975) | Atlántico Norte | 82 | Combinado | 423,0 | 0,11 | -1,04 | - | LT |
| Cailliet et al. (1983) | Pacífico Norte | 38 | Macho | 295,3 | 0,18 | -1,11 | 9 | LT |
| Cailliet et al. (1983) | Pacífico Norte | 88 | Hembra | 241,9 | 0,25 | -0,80 | 9 | LT |
| Tanaka et al. (1990) | Pacífico Norte | 43 | Macho | 308,1 | 0,10 | -1,38 | 7 | PCL |
| Tanaka et al. (1990) | Pacífico Norte | 152 | Hembra | 254,1 | 0,16 | -1,01 | 8 | PCL |
| Nakano (1994) | Pacífico Norte | 148 | Macho | 289,7 | 0,12 | -0,76 | 10 | PCL |
| Nakano (1994) | Pacífico Norte | 123 | Hembra | 243,3 | 0,14 | -0,84 | 10 | PCL |
| Aires-da-Silva (1996) | Atlántico | 308 | Combinado | 340,0 | 0,14 | -1,08 | 5 | LT |
| Henderson et al. (2001) | Atlántico Norte | 30 | Combinado | 376,5 | 0,12 | -1,33 | 6 | LT |
| McNeil et al. (2002) | Atlántico Norte | 185 | Combinado | 300,0 | 0,68 | -0,25 | 8 | LT |
| Skomal & Natanson (2003) | Atlántico Norte | 287 | Macho | 282,3 | 0,18 | -1,35 | 16 | LF |
| Skomal & Natanson (2003) | Atlántico Norte | 119 | Hembra | 310,8 | 0,13 | -1,17 | 15 | LF |
| Lessa et al. (2004) | Atlántico Sur | 236 | Combinado | 352,0 | 0,16 | -1,01 | 11 | LT |
| Manning & Francis (2005) | Pacífico Sur | 140 | Macho | 342,9 | 0,09 | -1,25 | 23 | LF |
| Manning & Francis (2005) | Pacífico Sur | 288 | Hembra | 267,5 | 0,13 | -1,04 | 22 | LF |
| Blanco et al. (2008) | Pacífico Centro | 122 | Macho | 299,9 | 0,10 | -2,44 | 16 | LT |
| Blanco et al. (2008) | Pacífico Centro | 62 | Hembra | 237,5 | 0,15 | -2,15 | 12 | LT |
| Presente estudio (2012) | Pacífico Sur | 187 | Hembra | 453,9 | 0,07 | - | 15 | LT |
| Presente estudio (2012) | Pacífico Sur | 202 | Macho | 418,0 | 0,08 | - | 16 | LT |



7.6 Estructura de edades

En la costa noreste de México, Pacífico central, Blanco et al. (2008) obtuvo edades de 0 a 16 años, con modas en grupos de edades de 3 a 4 años en machos y de 5 a 7 años en hembras, en su gran parte juveniles (70%). Por otra parte, al noreste de Brasil, Atlántico sur, Lessa et al. (2004) encontró individuos de 3 a 12 años de edad, con modas en grupos de edades de 5 años. Por su parte, en el Atlántico norte, Skomal & Natanson (2003) trabajaron con muestras de 411 individuos de tiburón azul, los cuales variaron entre 0 a 16 años.

En el presente estudio se estimaron edades entre los 3 y los 15 años de edad, con un predominio de 6 a 7 años en hembras y 7 a 8 años en machos. Estos grupos de edad encontrados en el presente estudio se asemejan a los resultados de los autores.

Un estudio de reproducción de tiburón azul realizado en la costa occidental de Baja California, México, reportan que los machos maduran al alcanzar 180 cm LT, mientras que las hembras lo hacen al alcanzar 200 cm LT (Carrera et al., 2010). De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo los machos alcanzan la madurez a los 5-6 años de edad, mientras que las hembras a los 6-7 años de edad. Este resultado es similar al encontrado por Blanco et al. (2008), quienes estimaron la edad de madurez en 5 años.



8. CONCLUSIONES

- ✓ El tiburón azul se encuentra presente en las costas ecuatorianas del Pacífico sur durante todo el año, siendo más frecuente en los meses de septiembre y octubre
- ✓ La relación que existe entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos es lineal, indicando que existe un crecimiento directamente proporcional entre la estructura dura y la longitud corporal.
- ✓ Con base en la distribución temporal del tipo de borde de las vértebras y del incremento marginal se sugiere que la formación de las bandas de crecimiento es un evento periódico formándose una banda clara y una banda oscura al año.
- ✓ Se encontraron modas en grupos de edades de 6 a 7 años en hembras, 7 a 8 años en machos, lo que se considera un gran porcentaje de individuos tanto hembras y machos de una misma edad en el Pacífico ecuatoriano.
- ✓ Los parámetros de crecimiento encontrados en el estudio de *P.glauca* fueron, $L_{\infty} = 454$ cm LT, $K = 0,07$ año⁻¹, en hembras, y $L_{\infty} = 418$ cm LT, $K = 0,08$ año⁻¹, en machos.



9. RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario hacer muestreos para obtener organismos de tallas menores a los 136 cm LT así como tratar de obtener organismos con tallas mayores a los 307 cm LT.

- ✓ Es importante realizar estudios complementarios de la biología de *Prionace glauca* con el fin de conocer todos los parámetros poblacionales y aplicarlo a un modelo de evaluación pesquera.

- ✓ Evaluar diferentes tratamientos a las vértebras antes de realizar el conteo de las bandas de crecimiento, con el fin de definir aquel que permita la mejor visualización de dichas bandas.

- ✓ Aplicar varios modelos de crecimiento, no tan sólo el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, el cual es el más utilizado en biología pesquera, pero no se puede asegurar que sea el que mejor se ajustara a los datos observados.

- ✓ Aplicar pruebas para permitir definir el mejor modelo, como el criterio de Akaike y el peso de AIC.

- ✓ Realizar estudios de edad y crecimiento no solo en *Prionace glauca*, también en muchas especies de elasmobranquios, ya que en el Ecuador no existen publicaciones sobre edad y crecimiento en tiburones.



10. BIBLIOGRAFIA

- Amorim, A.F. 1992.** Estudo da pesca e reprodução do cação-azul *Prionace glauca* L. 1758, capturado no Sudeste e Sul do Brasil. D.Sc. Thesis. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 205 pp.
- Akaike, H. 1973.** Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. In 'Second International Symposium on Information Theory'. (Eds B. N. Petrov and F. Csaki, F.) pp. 267'281.
- Babcock, E.A. 2008.** Recreational fishing for pelagic sharks worldwide. In: Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation (eds. M. D. Camhi, E. K. Pikitch and E. A. Babcock). Blackwell Publishing Oxford UK.
- Baum, K.R., Myers Koehler D.G., Worm B., Harley S.J., & Doherty P.A. 2003.** Collapse and conservation of shark populations in the northwest Atlantic. *Science* 299:389–392.
- Beamish, R.J., & Fournier, D.A. 1981.** A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38. 982-983.
- Blanco P.M., Galvan, F., & Marquez, F. 2008.** Age and growth of the Blue Shark, *Prionace Glauca Linnaeus, 1758*, In the Northwest Coast of Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 2008, Vol.43, N.3.



Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FOA Fisheries Technical Paper 341:119.

Cailliet, G.M., & Goldman, K. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. In 'Biology of Sharks and Their Relatives'. (Eds J. Carrier, J. A. Musick and M.Heithaus.) pp. 399-447. (CRC Press: Boca Raton, FL.).

Cailliet, G.M., Martin, L.K., Kusher, D., Wolf, P., & Welden, B. A. 1983. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs, in Proceedings International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, Sharks, E. D. Prince and L. M. Pulos, Eds., NOAA Tech. Rep. NMFS 8, 157–165.

Cailliet, G.M. 1990. Elasmobranch age determination and verification; an updated review. In H. L. Pratt Jr., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds). Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the Status of the Fisheries, pp. 157–165. NOAA Tech. Rep. NMFS 90.

Cailliet, G.M., Radtke, R.L., & Weldon, B.A. 1986. Elasmobranch age determination and verification: a review. In T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi & K. Matsura (eds). Indo-Pacific Fish Biology: proceedings of the second international conference on Indo-Pacific Fishes, pp. 345–360. Ichthyol. Soc. Japan, Tokyo.

Casey, J.M., & Myers, R.A. 1998. Near extinction of a large, widely distributed fish. Science 281, 690–692.



Castro, J.A., & Mejuto, J. 1995. Reproductive parameters of blue shark, *Prionace glauca*, and other sharks in the Gulf of Guinea. *Marine and Freshwater Research* 46, 967–973.

Carrera, F.M., Galván M.F., & Ceballos, V. 2010. Reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharinidae) off Baja California Sur, México. *Aqua* 16, 3-15

Clarke, M.R., Clarke, D.C., Martins, H.R., & da Silva, H.M. 1996. The diet of the blue shark (*Prionace glauca* L.) in Azorean waters. *Arquipélago Life and Marine Sciences* 14A, 41–56.

Compagno, J. 1984. Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date Journal/Book Name, Vol.1 No.: FAO Fisheries Synopsis, no. 125, vol. 4, pt. 2, 521-524.

Compagno, J. 2001. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 2. Bullhead, Mackerel and carpet sharks, Fao Species Catalogue For Fishery Purposes No. 1. Rome. pp. 269

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, C., & Nien, V. 1995. Pacífico centro oriental. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, (Vol. II). pp. 648 -665-685 Roma.

Francis, M.P., & Duffy, C. 2005. Length at maturity in three pelagic sharks (*Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus*, and *Prionace glauca*) from New Zealand. *Fishery Bulletin* 103, 489–500.



- Gallagher, M.J., & Nolan, C.P. 1999.** A novel method for the estimation of age and growth in rajids using caudal thorns. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Sci.*, 56,1590–1599.
- Goldman, K.J. 2005.** Age and growth of elasmobranchs fishes. In 'Management Techniques 550 for Elasmobranchs Fisheries'. (Eds J. A. Musick and R. Bonfil.) pp. 76-102. (FAO: 551 Roma.)
- Gubanov, Y.P., & Grigorev, V.N. 1975.** Observation on the distribution and biology of the blue shark *Prionace glauca* (*Carcharhinidae*) of the Indian Ocean. 43–50.
- Haddon, M. 2001.** Growth of individuals, in modelling and Quantitative measures in Fisheries, Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, FL, 187–246.
- Helfman, G.S., Collette, B.B., & Facey, D.E. 1997.** The Diversity of Fishes. Blackwell Science, Malden, Estados Unidos. 528 p.
- Henderson, A.C., Flannery, K., & Dunne, J. 2001.** Observations on the biology and ecology of the blue shark in the north-east Atlantic. *Journal of Fish Biology* 58, 1347–1358.
- Holden, M.J. 1974.** Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and 570 some suggested solutions. In 'Sea Fisheries Research'. (Ed E. H Jones.) pp. 187–215. 571
- Hazin, F.H. 1991.** Ecology of the blue shark, *Prionace glauca*, in the southwestern equatorial Atlantic. M.Sc. Tokio University of Fisheries, pp.123.



- Kohler, N.E., & Turner, P.A. 2008.** Stock structure of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean based on tagging data. In: Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation (eds. M. D. Camhi, E. K. Pikitch and E. A. Babcock). Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Kimura, D.K. 1980.** Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. Fishery Bulletin 578 77, 765-773.
- Last, P.L., & Stevens, J.D. 1994.** Sharks and Rays of Australia. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. Collingwood, Victoria, Australia.
- Lessa, R., Santana, F.M., & Hazin, F.H. 2004.** Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. Fisheries Research 66, 19-30.
- Lessa, R., & Santana, F. 1998.** Age determination and growth of the smalltail shark, *Carcharhinus porosus*, from northern Brazil. Marine Freshwater Research (49), 705-11.
- Lucifora, L.O. 2003.** Ecología y Conservación de los Grandes Tiburones Costeros de Bahía Anegada, Provincia de Buenos Aires, Argentina. pp. 106-145.
- Manning, M.J., & Francis, M.P. 2005.** Age and Growth of Blue Shark (*Prionace glauca*) from the New Zealand Exclusive Economic Zone. New Zealand Fisheries Assessment Report 2005/26. Ministry of Fisheries, Wellington, New Zealand, 52 pp.



- Mollet, H.F., Ezcurra, J.M., & O'Sullivan, J.B. 2002.** Captive biology of the pelagic stingray, *Dasyatis violacea* (Bonaparte, 1830). Mar. Freshwater Res. 53, 531–541.
- Nakano, H., & Stevens, J.D. 2008.** The biology and ecology of the blue shark, *Prionace glauca*. In: Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation (eds. M. D. Camhi, E. K. Pikitch and E. A. Babcock). Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Nakano, H. 1994.** Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. Bulletin of the National Research Institute of Far Seas Fisheries 31, 141–256
- Nakano, H., Makihara, M., & Shimazaki, K. 1985.** Distribution and biological characteristics of the blue shark in the central North Pacific. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University 36(3), 99–113 (in Japanese with English abstract).
- Natanson, L.J., Casey, J.G., & Kohler, N.E. 1995.** Age and growth estimates for the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. Fish. Bull. 93, 116–126.
- Peralta, B.M. 2009.** Artisanal fishery landings of large pelagic fishes and sharks in the Ecuadorian coast during 2008. Scientific Technical Bulletin, 2009, National Fisheries Institute pp. 16-18.
- Pratt, H.W. 1979.** Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fisheries Bulletin 77(2), 445–470..



- Ricker, W.E. 1979.** Growth rates and models. In 'Fish Physiology: Bioenergetics and Growth'. (Eds W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett.) pp. 677–743. (Academic Press: New York, NY.)
- Ricker, W.E. 1975.** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish Res Board Can. 191,1–382.
- Roff, D.A. 1982.** The evolution of life histories: Theory and analysis. New York, Chapman and Hall. 535 p.
- Ruiz, W., & Díaz, M. 2007.** Desembarques artesanales de tiburones y rayas en los principales puertos pesqueros del Ecuador durante 2007. Boletín científico Técnico, 2007, Instituto Nacional de Pesca, pp. 12.
- Sánchez De Ita, J.A. 2004.** Edad y crecimiento del tiburón Piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa Occidental de Baja California Sur, México. La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría.
- Schnute, J. 1981.** A versatile growth model with statistically stable parameters. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38, 1128-1140.
- Sciarrotta, T.C., & Nelson, D.R. 1977.** Diel behaviour of the blue shark, *Prionace glauca*, near Santa Catalina Island, California. Fishery Bulletin 75(3), 519–528.
- Skomal, G.B., & Natanson, L.J. 2003.** Age and growth of the blue shark, *Prionace glauca*, in the North Atlantic Ocean. Fishery Bulletin 101(3), 627-639.



Smith, C.L. 1983. Summary of round table discussions on back calculation. NOAA Tech. Rep. NMFS. 8, 45-46.

Snelson, F.F., Roman, B.L. & Burgess, G.H. 2008. The reproductive biology of pelagic elasmobranchs. In: Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation (eds. M. D. Camhi, E. K. Pikitch and E. A. Babcock). Blackwell Publishing, Oxford, UK.

Soriano, M., Moreau, J., Hoenig, J.M., & Pauly, D. 1992. New functions for the analysis of 637 two-phase growth of juvenile and adult fishes, with application to Nile perch. Transactions of the American Fisheries Society 131, 486-493. 638.

Stevens, J.D. 1975. Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca*). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 55: 657–665.

Stevens, J.D. 1984. Biological observations on sharks caught by sport fishermen off New South Wales. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 35, 573–590.

Stevens, J.D., & McLoughlin, K.J. 1991. Distribution, size and sex composition, reproductive biology and diet of sharks from northern Australia. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 42(2), 151–199.

Stevens, J.D., Bonfil, R., Dulvy N.K., & Walker, P.A. 2000. The effects of fish on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. ICES Journal of Marine Science. 57, 476–494.



- Strasburg, D.W. 1958.** Distribution, abundance, and habits of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. Fisheries Bulletin 138, 335–361.
- Suda, A. 1953.** Ecological study of blue shark (*Prionace glauca*). Bulletin of the Nankai Fisheries Research Laboratory 1(26), 1–11.
- von Bertalanffy, L. 1938.** A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). Human Biology 10, 181-213.
- Wintner, S.P., Dudley, S.F., Kistnasamy, N., & Everett, B. 2002.** Age and growth estimates for the Zambezi shark, *Carcharhinus leucas*, from the east coast of South Africa. Marine & Freshwater Research. 53, 557–566.



11. ANEXOS



Anexo 1. Sacando la muestra vertebral de la zona cervical.



Anexo 2. Muestra vertebral del tiburón azul (*P.glauca*).





Anexo 5. Vertebras en porta objetos fijadas con resina (Cristalbond).



Anexo 6. Cortadora isomet® buehler de baja velocidad.





Anexo 7. Vertebra entera teñida con nitrato de plata.



Anexo 8. Corbatines con diferentes tipos de tintes.





Anexo 9. Visualizando bandas en los cortes de las vertebrae de tiburón azul.



Anexo 10. Visualizando bandas en vertebrae enteras de tiburón azul.

