



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**EDAD Y CRECIMIENTO DEL CAZÓN
PARDO, *Mustelus henlei* (Gill, 1863), EN LA
REGIÓN NORTE DEL GOLFO DE
CALIFORNIA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

IVÁN MÉNDEZ LOEZA

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE 2008

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS.....	I
LISTA DE FIGURAS.....	II
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. OBJETIVOS.....	9
3.1. Objetivo general.....	9
3.2. Objetivos particulares.....	9
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	10
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
5.1. Trabajo de campo.....	13
5.2. Trabajo de Laboratorio.....	14
5.3. Análisis de datos.....	15
6. RESULTADOS.....	21
6.1. Estructura de tallas.....	22
6.2. Relación Peso-Longitud (PT-LT).....	24
6.3. Relación longitud total-radio de la vértebra (LT-RV).....	26
6.4. Determinación de la edad.....	27
6.5. Precisión de las lecturas.....	28
6.6. Periodicidad de los anillos de crecimiento.....	29
6.7. Estructura de edades.....	30
6.8. Descripción del crecimiento.....	31
7. DISCUSIÓN.....	34
7.1. Estructura de tallas.....	34
7.2. Relación Peso-Longitud (PT-LT).....	35
7.3. Relación longitud total-radio de la vértebra (LT-RV).....	37
7.4. Determinación de la edad.....	38
7.5. Precisión de las lecturas.....	39
7.6. Periodicidad de los anillos de crecimiento.....	40
7.7. Estructura de edades.....	42
7.8. Descripción del crecimiento.....	43
8. CONCLUSIÓN.....	47

9. RECOMENDACIONES.....	48
10. LITERATURA CITADA.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Número de organismos capturados por mes y sexo.....	21
Tabla 2	Valores de los parámetros de la relación peso – longitud total del cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California.....	26
Tabla 3	Número de anillos de crecimiento por sexo para el cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California.....	27
Tabla 4	Porcentaje de acuerdo (PA) entre lectores.....	28
Tabla 5	Resultados de las pruebas de precisión y reproductibilidad de conteos por lector.....	29
Tabla 6	Parámetros estimados de crecimiento por el modelo de von Bertalanffy del cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California	32
Tabla 7	Valores de LT (cm), crecimiento neto anual (cm) y porcentaje de L_{∞} alcanzado por año, estimados a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para el cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California.....	33
Tabla 8	Parámetros de edad y crecimiento para algunas especies del género <i>Mustelus</i>	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cazón pardo, <i>Mustelus henlei</i> (Gill, 1863).....	7
Figura 2	Norte del Golfo de California. Límite de la reserva del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado (---).....	11
Figura 3	Esquema de la columna vertebral de <i>Mustelus spp.</i> El recuadro muestra la zona de donde se extrajeron las vértebras utilizadas en el presente estudio. Modificado de Potter <i>et al.</i> (2007).....	14
Figura 4	Sección longitudinal de la vértebra de cazón pardo, <i>M. henlei</i> . RV- Radio de la vértebra, MN- Marca de nacimiento, 1, 2, 3 = Anillos de crecimiento y edad, CC- <i>corpus calcareum</i> . AM - Acho del margen, ABP - Ancho de la última banda formada.....	15
Figura 5	Distribución de tallas del cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California.....	22
Figura 6	Distribución de tallas mensual por sexo para el cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California. Kolmogorov-Smirnov (KS); Proporción de Hembras por cada macho (H:M); Chi-cuadrada (X^2).....	23
Figura 7	Número de hembras por macho por mes y promedio mensual de la temperatura superficial del mar durante 2003 y 2004. Correlación de Spearman (r_s).....	24
Figura 8	Relación peso – longitud total de hembras (a) y machos (b) del cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California.....	25

Figura 9	Relación longitud total (LT) y radio de la vértebra (RV) de hembras (a) y machos (b) del cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California.....	26
Figura 10	Curva de tendencia de los conteos entre lectores. Lecturas hipotéticas (---); Chi – Cuadrada (X^2).....	29
Figura 11	Incremento marginal relativo (IMR) para el cazón pardo, <i>M. henlei</i> , en el norte del Golfo de California (● Promedio Desviación estándar y los valores significan la n de cada mes).....	30
Figura 12	Estructura por edades del cazón pardo, <i>M. henlei</i> , para hembras (a) y machos (b) en el norte del Golfo de California.....	31
Figura 13	Modelo de crecimiento de von Bertalanffy del cazón pardo, <i>M. henlei</i> , para hembras y machos en el norte del Golfo de California.....	32

RESUMEN

El presente trabajo describe la edad y el crecimiento del cazón pardo, *Mustelus henlei*, capturado en la región norte del Golfo de California, México, durante 2003 y 2004. En total se registraron 741 organismos con una estructura de tallas que varió entre 35.9 a 93 cm de longitud total (LT) con un promedio de 66.8 cm LT. Se encontraron diferencias significativas en la estructura de tallas entre sexo (K-S, $p < 0.05$), existiendo mayor abundancia de hembras en intervalos por arriba de 60 cm de LT que los machos, coincidiendo con lo reportado para otras especies del género *Mustelus*. La proporción de sexos por mes fue diferente a 1H:1M sólo en los meses de noviembre, abril y mayo, diferencias que pueden ser explicadas por segregación sexual. La relación peso-longitud total se calculó para sexos separados (ANCOVA, $p < 0.05$). El coeficiente de alometría b de la relación peso longitud fue de tipo alométrico positivo ($b > 3$) para las hembras e isométrico para los machos ($b = 3$), diferencia debida al porcentaje de hembras grávidas obtenidas en el presente estudio (40%). Se realizaron 322 cortes vertebrales, de los cuales 256 fueron hembras y 66 machos. La relación entre el radio de la vértebra y la LT mostró una tendencia rectilínea para ambos sexos ($R^2 > 0.90$), lo cual sugiere que las vértebras son una estructura confiable para describir el crecimiento en esta especie. Por su parte, los resultados de la precisión de las lecturas indicaron que existió un buen porcentaje de acuerdo (PA) entre lectores ($94.7\% \pm 2$ bandas) y un porcentaje de error promedio (APE) de 8.39% y 7.64% para cada lector, respectivamente. Mediante el incremento marginal relativo se asumió que la formación de un anillo de crecimiento tuvo una temporalidad anual. Se detectaron 14 grupos de edad (1-14) para las hembras y 8 (1-9) para los machos, con una moda en los grupos de 6-7 y 4-6, respectivamente. Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy se estimaron por sexos separados debido a las diferencias encontradas en las curvas de crecimiento mediante el Análisis de Suma de Cuadrados Residual (ARSS; $p < 0.05$). Los machos presentaron un crecimiento rápido ($L_{\infty} = 72.33$ cm LT, $k = 0.28$ año⁻¹ y $t_0 = -1.35$ años) comparado con el de las hembras ($L_{\infty} = 95.41$ cm LT, $k = 0.14$ año⁻¹ y $t_0 = -2.38$ años), similar a lo reportado para las especies del género *Mustelus*.

ABSTRACT

This study describes age and growth of Brown smoothhound shark, *Mustelus henlei*, captured in northern region of the Gulf of California, during 2003 and 2004. Recorded a total of 741 organisms with size interval from 35.9 to 93 cm of total length (TL), with average at 66.8 cm LT. Significant differences were detected in the size structure between sexes (K-S, $p < 0.05$), the females were more abundant at intervals over 60 cm TL than males, this result coincides with other studies for genus *Mustelus*, they observed that females grew larger than males. The monthly sex ratio was different from 1F:1M only in November, April and May, differences can be explained by sexual segregation. Significant differences were found in the weight – length relationship between males and females (ANCOVA, $p < 0.05$). The allometric coefficient b of the weight–length relationship showed a positive allometric growth for females ($b > 3$) and isometric growth for male ($b = 3$). For growth analyses 322 vertebral cuts were realized, of which 256 were from females and 66 from males. The relation between the radius of the vertebra and the LT showed a rectilinear tendency for both sexes ($R^2 > 0.90$), which suggests that vertebrae are reliable structures for the description growth of this specie. Results of reading precision indicate a good percentage of agreement (PA) between readers (94.7% ± 2 rings) and a low percentage of error average (APE) of 8.39% and 7.64% for each reader, respectively. The relative marginal increment showed that the growth ring formation occurs annually. For the age structure, 14 age groups were detected for females (1-14) and 8 (1-9) for males, with a mode in age groups 6-7 and 4-6, respectively. The parameters of the von Bertalanffy growth model were estimated for separated sexes due the differences considered in the growth curves by the analysis of the residual sum of squares (ARSS; $p < 0.05$). The males showed a faster growth ($L_{\infty} = 72.33$ cm LT, $k = 0.28$ año⁻¹ y $t_0 = -1.35$ years) than females ($L_{\infty} = 95.41$ cm LT, $k = 0.14$ año⁻¹ y $t_0 = -2.38$ years), similar to reported for the species of genus *Mustelus*.

1. INTRODUCCIÓN

Los peces cartilaginosos, clase Chondrichthyes, son un diverso grupo de peces mandibulados el cual incluye tiburones y rayas (superorden Elasmobranchii) y quimeras (superorden Holocephali). En general, son organismos con estrategia de vida K (presentan baja fecundidad, lento crecimiento, madurez sexual tardía y larga vida) y debido a sus características son particularmente vulnerables a impactos antropogénicos tales como la sobreexplotación o pesca no regulada (Camhi *et al.*, 1998). No obstante su vulnerabilidad, los elasmobranquios han sido explotados en todo el mundo por pesquerías industriales, artesanales y recreativas (Walter, 1998), para la obtención de productos como aletas, carne, cartílago, piel, aceite, dientes y mandíbulas (Musick, 2004). De acuerdo con la FAO las capturas mundiales de condriictios se han incrementado de 271 813 t en 1950 a 828 364 t en el año 2000, siendo los principales grupos de especies de las familias Carcharhinidae y Squalidae seguidos por las especies del género *Mustelus* (Catarci, 2004).

En México, la pesca de tiburones es principalmente de tipo artesanal multiespecífica y representa una fuente importante de alimento y empleo en ambos litorales (Castillo *et al.*, 1998). De acuerdo a Lack y Sant (2006), México se sitúa como el octavo país en la explotación de este recurso, obteniendo el 3.6% de la captura mundial.

La captura anual promedio de tiburones en el Golfo de California es de 12,643 t, de las cuales las especies del género *Mustelus* (*M. lunulatus*, *M. californicus* y *M. henlei*) constituyen el 79.6% de las capturas y están representadas, principalmente, por el cazón pardo, *Mustelus henlei*, con más del 60% en las capturas. A pesar de la gran importancia que tiene esta especie, no se cuentan con datos de captura y esfuerzo, ni información biológica básica en los organismos que habitan el Golfo de California, lo que limita la posibilidad de realizar un análisis adecuado de la pesquería y conocer las características poblacionales. (Márquez-Farías, 2000).

Uno de los elementos más importantes para el estudio de la dinámica de poblaciones, es la determinación de la edad, ya que es la base para la estimación del crecimiento individual, la mortalidad, el reclutamiento y otros parámetros importantes para la evaluación de recursos. El método generalmente empleado para la determinación de la edad, en especies ícticas se basa en las discontinuidades que ocurren durante el crecimiento de sus estructuras duras con características ópticas que se aprecian como zonas oscuras y claras, las cuales están relacionadas con cambios en el ambiente como la temperatura y/o fisiológicos como la reproducción (Holden y Raitt, 1975).

En elasmobranquios, la determinación de edad y crecimiento se ha generado a partir de una gran variedad de métodos, tales como, el análisis de frecuencia de longitudes, los estudios de marcado y recaptura, el conteo de bandas de crecimiento en las espinas dorsales, para aquellas especies que las poseen, y la lectura de marcas formadas en las vértebras. Sin embargo, la mayor información se ha derivado del conteo de las marcas concéntricas presentes en las vértebras (Cailliet *et al.*, 1986).

El patrón de marcas comúnmente distinguible en las vértebras, al observarlas microscópicamente, son marcas anchas separadas por marcas delgadas, las cuales se distinguen mediante los términos de banda opaca y banda translúcida, y tienden a depositarse en verano e invierno, respectivamente. De esta manera, la diferencia en apariencia de las bandas opacas y translúcidas provee la base para la determinación de la edad que en la mayoría de los casos cada par de bandas (anillo de crecimiento) se considera que representan un ciclo anual (Cailliet y Goldman, 2004).

Es importante señalar que en los estudios de edad y crecimiento, no solo es necesaria la estimación del número de anillos de crecimiento en las estructuras duras, además, se requiere incorporar las fuentes de variación y error asociadas a dicha estimación. Para ello, es necesario determinar que anillos de crecimiento

serán considerados y cuales no, así como probar la precisión que tienen las estimaciones por parte de los lectores y entre lectores (Goldman, 2004). Asimismo, es vital realizar la evaluación de temporalidad de la formación de las zonas de crecimiento, la cual se puede categorizar en términos de validación y verificación (Cailliet, 1990). La verificación se define como la confirmación de una estimación de edad realizando comparaciones entre dos métodos de datado; y la validación es la confirmación del significado temporal de la formación de un incremento en la estructura utilizada y es análogo a una prueba de la exactitud de una estimación de edad por comparaciones con métodos determinados. Sin embargo, son pocos los estudios de edad y crecimiento que presentan alguna prueba de validación o verificación (Campana, 2001; Goldman, 2004).

Uno de los métodos más utilizados para evaluar la periodicidad de la formación de las bandas o anillos de crecimiento es el análisis de incremento marginal relativo (IMR), el cual calcula la proporción entre el ancho del margen de la vértebra y el ancho de la última banda completamente formada (Cailliet y Goldman, 2004).

A pesar de que existen varios modelos de crecimiento y modificaciones de los mismos para describir el patrón de crecimiento y estimar las tasas de crecimiento en peces, los modelos de von Bertalanffy (1938) y Gompertz (1825) son los más comúnmente utilizados (Haddon, 2001; Goldman, 2004). Entre ellos, von Bertalanffy es el más utilizado en biología pesquera (Haddon, 2001), debido a que se basa en la premisa biológica de que el tamaño de un organismo en cualquier momento de su vida depende del resultado de dos fuerzas opuestas: anabolismo y catabolismo (Goldman, 2004).

En México, los estudios de edad y crecimiento son escasos para la mayoría de los tiburones (Downton, 2001; Sánchez-De Ita, 2004), incluyendo el cazón pardo, *Mustelus henlei*. No obstante que *M. henlei*, es el tiburón más frecuente en las capturas de algunas regiones del Golfo de California (Márquez-Farías, 2000;

Santana-Morales *et al.*, 2004) existe un escaso conocimiento de su historia de vida, por lo que en el presente trabajo abordó el estudio de la edad y el crecimiento del cazón pardo, *M. henlei*, en la región norte del Golfo de California (NGC).

2. ANTECEDENTES

A la fecha, del total de estudios de edad y crecimiento en elasmobranquios un 70% han utilizado las vértebras para determinar la edad, y que el método comúnmente empleado para determinar la temporalidad de los anillos de crecimiento es el incremento marginal relativo (IMR) comprendiendo el 50% de los estudios revisados (Cailliet y Goldman, 2004).

No obstante de que las vértebras son las estructuras más utilizadas para determinar la edad en elasmobranquios, la posición de éstas en la columna vertebral tiene efecto sobre dichas estimaciones. Officer *et al.* (1990) y Piercy *et al.* (2006) sugieren que las vértebras situadas en la zona torácica (debajo de la primera aleta dorsal) ofrecen mejores resultados para cuantificar las bandas de crecimiento; y mencionan que las vértebras situadas en la zona cervical (adyacentes al condrocáneo y de la zona branquial) son de menor tamaño que aquellas situadas en la zona torácica (Piercy *et al.*, 2006).

Francis (1981) realiza estimaciones de tasas crecimiento por medio del modelo de von Bertalanffy para siete especies de *Mustelus* a partir de la extrapolación de tasas de crecimiento embrionarias. Concluye que la constante de crecimiento (k) para machos oscila en un intervalo de 0.22 a 0.53 y para hembras de 0.21 a 0.36 para las siete especies, a su vez menciona que estos resultados sugieren que el género *Mustelus* tiene una tasa de crecimiento mayor a otras especies de tiburones.

En general, los estudios de edad y crecimiento para especies del género *Mustelus* han reportado que las hembras tienden alcanzar mayor longitud y edad que los machos, dando como resultado diferentes curvas de crecimiento (Francis, 1981; Yudin & Cailliet, 1990; Moulton *et al.*, 1992; Yamaguchi *et al.*, 1999; Conrath *et al.*, 2002; Da Silva, 2007).

En cuanto a la validación de edad, Conrath *et al.* (2002) utilizaron el análisis de incremento marginal relativo (IMR) para validar la edad del tiburón perro, *Mustelus canis*, en el Atlántico Noroeste. Reportan incrementos máximos para los organismos capturados en marzo y observaron una disminución pronunciada en los incrementos en organismos del mes de mayo, por lo que suponen que la formación de los anillos de crecimiento es anual y ocurre en el mes de abril.

Los estudios que se han realizado para el cazón pardo, *M. henlei*, han sido desarrollados principalmente en las costas de California, en los cuales analizan información acerca su abundancia (Compagno, 1984; Castro, 1996a), reproducción (Compagno, 1984) hábitos alimentarios (Russo, 1975; Talent, 1982), edad y crecimiento (Yudin y Cailliet, 1990) y demografía (Smith *et al.*, 1998).

En California central, Yudin y Cailliet (1990) realizaron un estudio sobre edad y crecimiento del cazón gris, *Mustelus californicus*, y el cazón pardo, *Mustelus henlei*, a partir del conteo de bandas de crecimiento en radiografías de los centros vertebrales y concluyen que las dos especies de *Mustelus* tienen características de crecimiento similares a otras especies del mismo género. Para *M. henlei*, reportan que existe una relación lineal entre el radio de la vértebra y la longitud total y que los parámetros de crecimiento entre machos y hembras no son estadísticamente diferentes ($L_{\infty}=977\text{mm}$, $k=0.22$, $t_0=-1.30$; sexos combinados), también mencionan que la edad máxima reportada fue de 13 años para una hembra.

El único estudio sobre el cazón pardo realizado en el norte del Golfo de California fue desarrollado por Pérez-Jiménez y Sosa-Nishisaki (2008), el cual aborda aspectos reproductivos, y reporta que la especie tiene un ciclo reproductivo anual con un periodo de gestación de 10 meses y pueden tener hasta 21 crías por camada. La talla de madurez para las hembras tuvo un intervalo de 57 – 60 cm longitud total (LT) y para machos de 55 – 60 cm LT.

Descripción de la especie

El cazón pardo, *Mustelus henlei*, presenta un cuerpo esbelto con cabeza corta, ojos pequeños y ovalados, espiráculo visible detrás del ojo, dientes pequeños y asimétricos, una coloración dorsal café claro y ventral de color blanco. La primera aleta dorsal triangular con el margen posterior rasgado, tiene origen por encima del final de las aletas pectorales. La segunda aleta dorsal es más larga que la aleta anal. Las aletas pectorales y el pedúnculo caudal son moderadamente largos (Compagno, 1984) (Fig. 1).

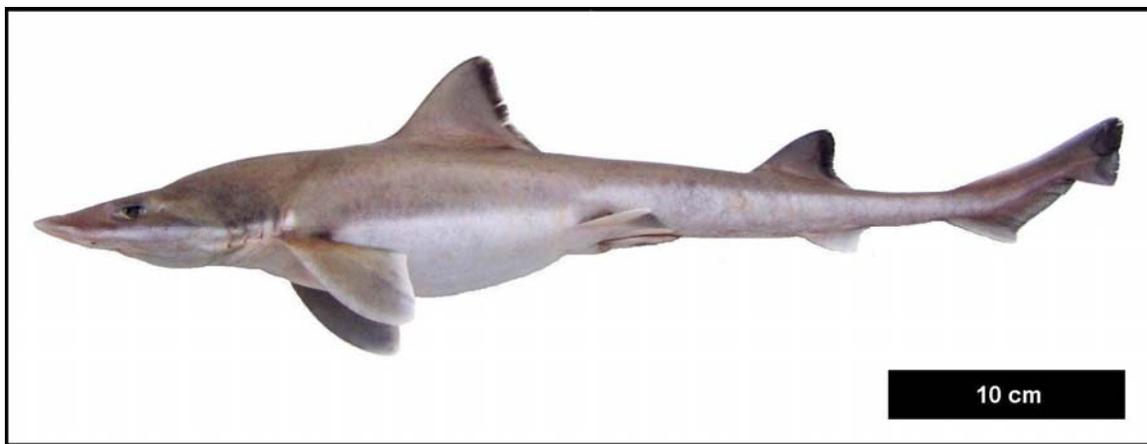


Figura 1. Cazón pardo, *Mustelus henlei* (Gill, 1863).

El cazón pardo se distribuye en la costa oriental del Océano Pacífico, desde el norte de California (EUA) hasta el Golfo de California en su distribución nortea, y de Ecuador a Perú en su distribución sureña. Habita en la plataforma continental, aunque existen algunos grupos poblacionales en bahías cerradas. Vive cerca del fondo marino desde la zona intermareal hasta los 200 m de profundidad. Su talla máxima reportada es de 1 m de longitud total (LT), con un promedio entre 50 y 60 cm LT (Compagno, 1984). La talla de primera madurez para las hembras es 57-60 cm LT y para los machos de 55-56 cm LT. Su reproducción es vivípara placentaria y pueden llegar a tener hasta 21 crías por camada (Perez-Jimenez y Sosa-Nishizaki, 2008). Nacen alrededor de 20 cm LT de longitud total, aproximadamente. Se cree que el ciclo de vida de esta especie es alrededor de

los 15 años. Se alimenta principalmente de cangrejos, camarones, calamares y de algunos pequeños peces, como anchovetas. Los adultos se alimentan con mayor proporción de peces óseos que los juveniles (Compagno, 1984).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Estimar la edad y describir el crecimiento del cazón pardo, *Mustelus henlei*, de la región norte del Golfo de California, México.

3.1. Objetivos particulares

- I. Describir la estructura de tallas de *M. henlei*.
- II. Estimar la relación peso-longitud de *M. henlei*.
- III. Establecer la relación entre el radio de la vértebra y la longitud total de *M. henlei*.
- IV. Estimar la periodicidad de los anillos de crecimiento en las vértebras.
- V. Describir la estructura de edades de la especie.
- VI. Estimar los parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy para *M. henlei*.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California es un cuerpo de agua que separa la Península de Baja California del macizo continental mexicano. Sus dimensiones son de 1130 km de largo y 80-209 km de ancho. Lavín y Marinone (2003) dividen al Golfo de California en 5 provincias: 1) Zona de entrada, en comunicación abierta con el Océano Pacífico; 2) El Sur del Golfo de California, desde Cabo San Lucas hasta el sur de las grandes islas (Isla Tiburón); 3) El archipiélago ó las grandes islas caracterizados por canales estrechos y profundidades entre 300 y 600 m ; 4) El norte del Golfo de California (NGC), desde el norte de las grandes islas (Isla Ángel de la Guarda e Isla Tiburón) (Fig. 2); 5) El Alto Golfo de California caracterizado por ser una zona somera (<30 m profundidad).

El NGC es una zona relativamente somera con una profundidad aproximada de los 200 m y presenta una amplia plataforma costera. El agua somera y el clima desértico extremo de la zona, provoca un ambiente altamente salino el cual es favorecido por el bajo nivel de aporte de agua dulce, en donde el único aporte es el Río Colorado (Maluf, 1983).

Álvarez-Borrogo (2003), menciona que la región NGC presenta una variabilidad anual en temperatura superficial desde 8.2 °C como mínima en diciembre a 32.5 °C como máxima en agosto. Aunque estos registros extremos se presentan principalmente en zonas someras. En cuanto a la salinidad, Lavín *et al.* (1998) reportan valores máximos de 39 (UPS) en los meses de mayo y septiembre, y mínimos de 37 (UPS) entre diciembre y febrero.

El NGC se caracteriza por presentar un patrón inusual de mareas con una amplitud mayor a los 7 m en la zona más norteña y mayores a 4 m en el límite sur (grandes islas) durante el verano. Estas condiciones generan fuertes corrientes de marea en los canales entre las islas creando una gran turbulencia y una fuerte mezcla de la columna de agua hasta grandes profundidades, siendo uno de los principales mecanismos de fertilización para la zona (Álvarez-Borrogo,

2003). Además de la intensa mezcla de agua en la zona, el fenómeno de surgencias eólicas se presenta en invierno a lo largo del Golfo de California por lo que esta zona es altamente productiva (Lluch-Cota *et al.*, 2007).

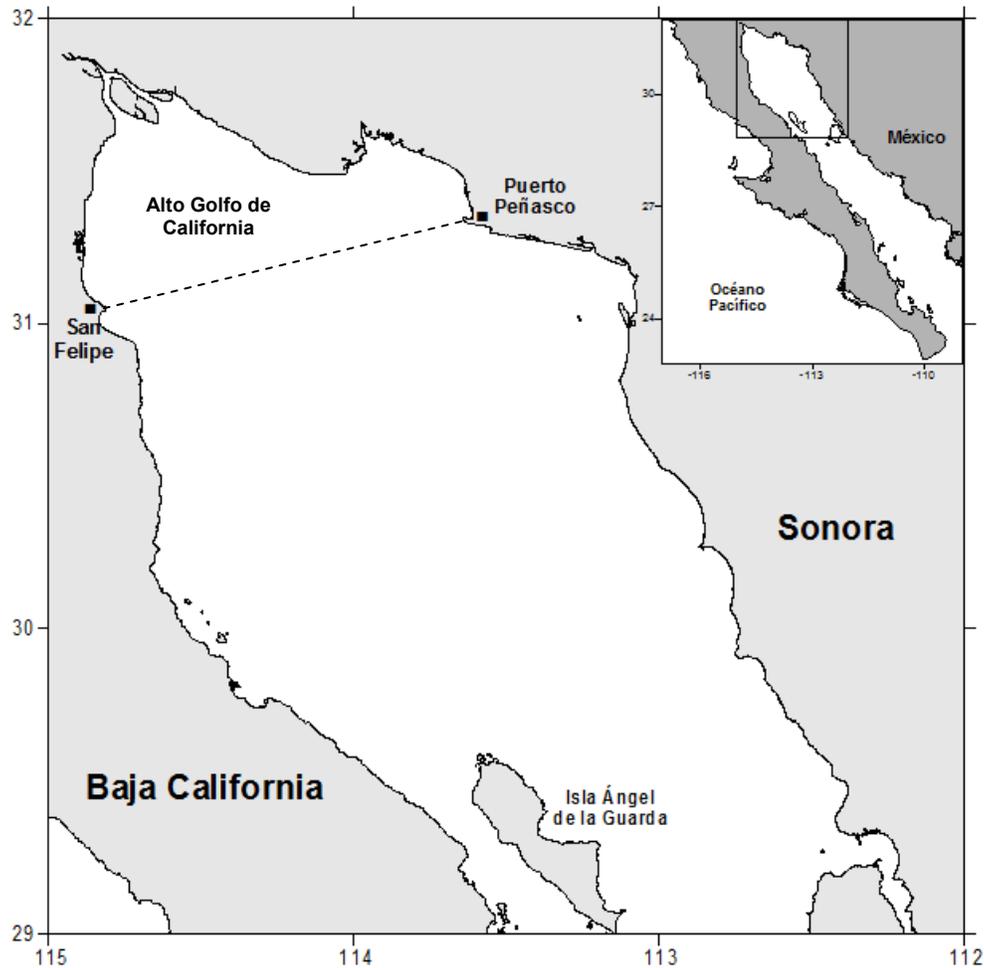


Figura 2. Norte del Golfo de California. Limite de la reserva del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado (---).

En condiciones normales la circulación de la región NGC está caracterizada por un giró ciclónico en verano y anticiclónico en invierno. El giro ciclónico en verano ocurre en los meses de septiembre a octubre y domina la porción central y sur del norte del golfo. En invierno, el giro anticiclónico ocurre de marzo a abril y esta ligeramente desplazado hacia el noroeste con una circulación más débil que el giro estival (Lavín *et al.*, 1997; Palacios-Hernández *et al.*, 2002).

En 1993, el Gobierno Mexicano decretó la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo y Delta del Río Colorado a raíz de una crisis pesquera y la preocupación por la mortalidad incidental de la vaquita marina, *Phocoena sinus*, en las redes de los pescadores artesanales que operaban en esta zona. La Reserva de la Biosfera está delimitada por una línea imaginaria entre San Felipe, B.C. y Puerto Peñasco, Son. (Cudney-Bueno y Turk-Boyer, 1998).

La pesca en la región NGC es la principal actividad humana y sus principales pesquerías comerciales son el camarón, la corvina y el tiburón, que se extraen por dos flotas pesqueras: la artesanal (embarcaciones pequeñas de fibra de vidrio) y la industrial (barcos de arrastre) (Cudney-Bueno y Turk-Boyer, 1998).

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Trabajo de campo

Los organismos se obtuvieron a partir de muestreos mensuales de la pesca artesanal en el puerto de San Felipe, Baja California y de la pesca de mediana altura en Puerto Peñasco, Sonora, durante 2003 y 2004, como parte de los proyectos “Biología de la Pesquería de Elasmobranquios del Alto Golfo de California”, e “Historias de vida, pesca y conservación de los Elasmobranquios que habitan la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado”. Ambos proyectos desarrollados en el Laboratorio de Ecología Pesquera del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

Las artes de pesca utilizadas por las embarcaciones de mediana altura fueron redes de arrastre con 9 cm de luz de malla, y siendo su especie objetivo la merluza, *Merluccius productus*, a profundidades de 100 a 300 m, y chano, *Micropogonias megalops*, entre 30 y 150 m. Las embarcaciones menores (pangas) usaron redes agalleras de fondo con 10 y 20 cm de luz de malla para la captura de cazones y algunas especies de batoideos, operando a profundidades entre 6 y 55 m.

La identificación del cazón pardo se llevó a cabo por medio del diagnóstico de características externas utilizando las claves de Compagno (1984). Para cada uno de los organismos capturados se registro la siguiente información (muestreo masivo): longitud total (LT): distancia en cm, desde la punta del hocico o morro hasta la punta del lóbulo superior de la aleta caudal (sin seguir el contorno del espécimen), mediante una cinta métrica flexible. Peso total (Kg): se determinó con una balanza de mano (± 100 g). Sexo: por medio de características sexuales externas, presencia de gonopterigios en los machos y ausencia en las hembras.

Para llevar a cabo las estimaciones de la edad se obtuvieron entre 4 a 5 vértebras de la zona branquial (muestreo biológico) (Fig. 3). Las vértebras se colocaron en una bolsa de plástico, se etiquetaron con los datos correspondientes (fecha, longitud total, sexo etc.) y se congelaron para su análisis en el laboratorio.

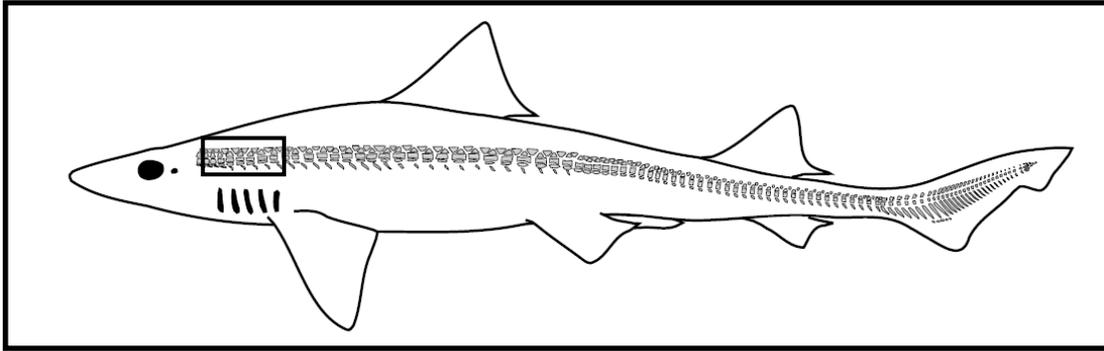


Figura 3. Esquema de la columna vertebral de *Mustelus spp.* El recuadro muestra la zona de donde se extrajeron las vértebras utilizadas en el presente estudio. Modificado de Potter *et al.* (2007).

5.2. Trabajo de laboratorio

Inicialmente, se removió el exceso de tejido conectivo de las vértebras y posteriormente se realizaron cortes longitudinales en el *centrum* (secciones) con un grosor de 0.4 mm, utilizando una cortadora de baja velocidad ISOMET (Buehler) con navaja de diamante. Para que el corte pudiera ser considerado en las estimaciones de edad, éste debía contener el foco de la vértebra.

Con la finalidad de realzar las bandas de crecimiento y facilitar su lectura, las secciones se tiñeron con una solución de cristal violeta al 0.001% durante 30 minutos (modificado de Schawartz, 1983). Para eliminar el exceso de tinción se utilizó alcohol etílico al 70% hasta que las bandas de las secciones fueran visibles. Posteriormente los cortes se montaron en portaobjetos de vidrio con resina Cytoseal para facilitar su manipulación y observación.

Las secciones de las vértebras se digitalizaron con un equipo digitalizador formado por un microscopio estereoscópico con una videocámara SONY (CCD-

IRIS/RGB) que envía las imágenes a una tarjeta digitalizadora (TARGA 1000) desplegándose en un monitor LCD MAGNAVOX. Los cortes se observaron a 10 y 12 aumentos utilizando luz transmitida.

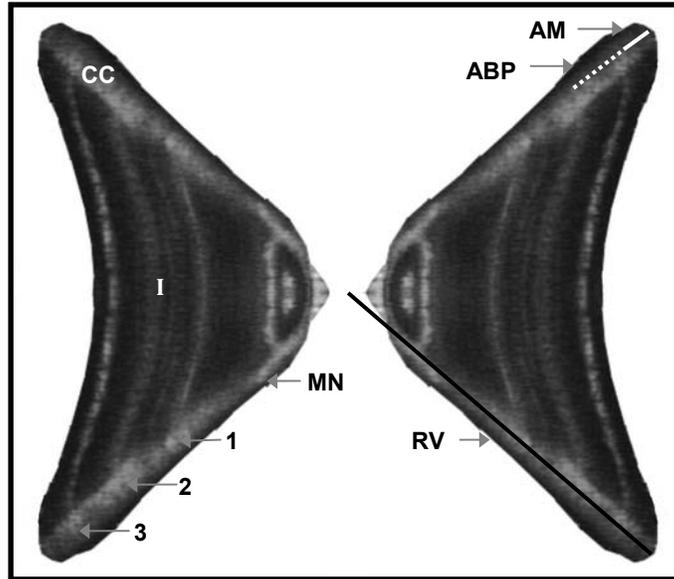


Figura 4. Sección longitudinal de la vértebra del cazón pardo, *M. henlei*. RV- Radio de la vértebra, MN- Marca de nacimiento, 1, 2, 3 - Anillos de crecimiento y edad, CC- *corpus calcareum*. AM - Acho del margen, ABP - Ancho de la última banda formada

En las imágenes digitalizadas, se midió el radio total (RV: distancia desde el foco al borde de la vértebra); el ancho del margen (AM: distancia desde la última marca totalmente depositada al borde de la vértebra); y el ancho de la última banda totalmente depositada (ABP). Todas las mediciones se realizaron sobre el *corpus calcareum* de la vértebra (Fig. 4).

5.3. Análisis de datos

Estructura de tallas

Utilizando la longitud total de los organismos se construyeron histogramas de frecuencia relativa usando intervalos de 5 cm para describir la estructura de

tallas de la captura. Para evaluar las diferencias en la estructura de tallas total y mensual entre machos y hembras se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1995). Asimismo, se evaluó la proporción sexual por mes respecto a 1H:1M por medio de una prueba de Chi-cuadrada. El número de hembras por macho fue relacionado mensualmente con la temperatura superficial del mar (<http://pfeg.noaa.gov/>) por medio del coeficiente de correlación de Spearman (r_s), con la finalidad de observar las variaciones estacionales entre machos y hembras a través del año.

Relación Peso-Longitud (PT-LT)

Con la información de peso y LT para cada organismo se evaluó la relación peso-longitud con la siguiente fórmula:

$$PT = a * LT^b$$

Donde:

PT = Peso total

LT = Longitud total

a = Ordenada al origen o factor de condición

b = Pendiente o parámetro de alometría

Esta relación se estimó para machos, hembras y sexos combinados y las diferencias entre sexos se evaluaron para el mismo intervalo de talla por medio de un análisis de covarianza (ANCOVA) para lo cual los datos de peso y talla fueron log-transformados, quedando la fórmula:

$$\log PT = \log a + b * \log LT$$

Para conocer el tipo de crecimiento del cazón se comparó el valor del coeficiente (b) ó parámetro de alometría respecto de $\beta=3$ con la prueba t-student (Sokal y Rohlf, 1995). Si el coeficiente es igual a 3, entonces el crecimiento es isométrico y si resulta diferente de 3 es alométrico.

Relación Longitud total-Radio de la vértebra (LT-RV)

La relación LT-RV se estimó para hembras y machos mediante usando una regresión lineal con la finalidad de comprobar si la estructura crece proporcionalmente a la longitud del organismo. Los coeficientes de la regresión se obtuvieron a través del método de mínimos cuadrados. Para determinar si la relación LT-RV fue diferente entre sexos, se aplicó un ANCOVA. La relación se expresó de la siguiente manera:

$$\mathbf{LT = a + b * RV}$$

Donde:

LT = Longitud total

RV = Radio de la vértebra

a = Ordenada al origen

b = Pendiente de la recta

Debido a la variabilidad morfológica de las vértebras a lo largo de la columna vertebral (ver antecedentes) fue necesario ajustar la relación LT-RV agrupando el RV a intervalos de 0.2 mm y calculando el promedio de LT para cada intervalo.

Determinación de la edad

Sobre las secciones de las vértebras se realizaron 3 lecturas de manera independiente de los anillos de crecimiento por dos lectores, las lecturas se hicieron de acuerdo a los criterios de Walker *et al.* (1998). El patrón de lectura que se utilizó, siguiendo el margen del *corpus calcareum*, fue el de una banda opaca seguida por una banda translúcida, cada par de bandas representó un anillo de crecimiento.

Las lecturas se realizaron a partir de la marca de nacimiento, la cual se identificó como el primer cambio de pendiente desde foco hacia el exterior de la vértebra (Fig. 4)

Precisión de las lecturas

La precisión y reproducibilidad de las lecturas de los anillos de crecimiento se comprobó por el método de Porcentaje de Acuerdo (Cailliet y Goldman, 2004) mediante la siguiente fórmula:

$$PA = (LI / TL) * 100$$

Donde:

LI = Número de lecturas iguales

TL= Total de lecturas realizadas para cada vértebra.

Este porcentaje se calculó entre lectores y se contrastaron sus lecturas con la curva de tendencia del lector 2 contra el lector 1, respecto a una línea diagonal indicando una relación uno a uno (Cailliet *et al.*, 2006). Las diferencias de las lecturas entre lectores se evaluaron por medio de una prueba de Chi-cuadrada.

Para verificar la precisión de cada lector, se calculó el Porcentaje de Error Promedio (APE) (Beamish y Fournier, 1981), el coeficiente variación (V) y el índice de precisión (D) (Chang, 1982) de la siguiente manera:

$$APE = 1/R \sum_{i=1}^R (|X_{ij} - X_j|) / X_j$$

$$V = \frac{\sqrt{\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}}}{X_j}$$

$$D = \frac{V}{\sqrt{R}}$$

Donde:

R = Número de veces que se determina la edad a cada muestra

X_{ij} = La *i*-ésima determinación de edad del *j*-ésimo organismo

X_j = La edad promedio calculada para el *j*-ésimo organismo

Los índices APE, V, D proveen una medida directa de la consistencia en el conteo y entre más pequeño el valor de cada índice existe mayor reproducibilidad y precisión en las lecturas.

Periodicidad de los anillos de crecimiento

Para estimar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento se utilizó el incremento marginal relativo (IMR) el cual estima la proporción entre el ancho del margen (AM) de la vertebra y el ancho de la última banda completamente formada (ABP). Esta proporción se grafico por mes para determinar si la formación de los anillos es anual y en qué mes termina la formación, valores cercanos a 1 indicaron el final de la formación de un anillo de crecimiento y valores cercanos a 0 indicaron el inicio (Conrath *et al.*, 2002). Teóricamente la gráfica del IMR contra las meses del año debe tener una tendencia sinusoidal, reflejando así una periodicidad anual de los anillos de crecimiento. Para determinar estadísticamente si los incrementos marginales fueron diferentes entre meses se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Cailliet *et al.*, 2006).

Estructura de edades

A partir del número de anillos de crecimiento de cada individuo se construyeron histogramas de frecuencia relativa con el fin de describir la estructura de edades de la captura. Asimismo, se evaluaron las diferencias en la estructura de edades por sexos aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1995).

Descripción del crecimiento

Con los datos promedio de longitud total de los organismos por edad se estimó el patrón de crecimiento individual para hembras y machos del cazón

pardo, *M. henlei*, mediante el modelo de von Bertalanffy. Los parámetros del modelo se calcularon utilizando el método de mínimos cuadrados no lineales (Haddon, 2001). El modelo se expresó de la siguiente manera:

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

Donde:

L_t = Longitud a la edad t

L_{∞} = Longitud máxima teorica

e = Base del logaritmo natural

t = Edad

t_0 = parámetro de ajuste

k = Coeficiente de crecimiento

Para evaluar las diferencias en las curvas de crecimiento entre sexos se utilizó el método del Análisis de la Suma de Cuadrados Residual (ARSS, por sus siglas en ingles) propuesto por Chen (1992).

$$ARSS = \frac{\frac{RSS_p - RSS_s}{3 \cdot (K - 1)}}{\frac{RSS_s}{N - 3 \cdot K}}$$

Donde:

RSS_p = Suma de cuadrados del ajuste común (hembras y machos)

RSS_s = Suma de cuadrados de hembras más la suma de cuadrados de machos, ajuste para cada juego de datos (machos – hembras)

K = Número de curvas en la comparación

N = Número total de datos

6. RESULTADOS

Del total de organismos muestreados (n=741) durante 2003 y 2004 en la región NGC más del 95% fueron capturados embarcaciones de arrastre de mediana altura (Barcos) y el 5% restante por la pesca artesanal (Pangas). Se registraron 555 hembras y 186 machos con una proporción sexual de 1:3 M:H. La mayor parte de los organismos se obtuvieron en los meses de marzo (285) y septiembre (143), mientras que en los meses de enero, octubre y diciembre no se capturó ninguno. Debido a que existieron dos tipos de muestreo, masivo y biológico, de los 741 organismos de muestreo masivo sólo se obtuvieron 322 muestras biológicas (vértebras) de los cuales 256 correspondieron a hembras y 66 a machos (Tabla 1).

Tabla 1. Número de organismos del tiburón pardo *M. henlei* muestreados por mes y sexo, en el norte del Golfo de California.

Mes	Masivo			Biológico		
	H	M	Total	H	M	Total
Enero	-	-	-	-	-	-
Febrero	44	26	70	23	6	29
Marzo	182	103	285	82	34	116
Abril	6	4	10	-	2	2
Mayo	23	1	24	11	-	11
Junio	5	2	7	3	1	4
Julio	35	-	35	22	1	23
Agosto	86	4	90	29	1	30
Septiembre	131	12	143	62	7	69
Octubre	-	-	-	-	-	-
Noviembre	43	34	77	24	14	38
Diciembre	-	-	-	-	-	-
Total	555	186	741	256	66	322

6.1. Estructura de tallas

La distribución de la frecuencia de tallas para las hembras se encontró dentro del intervalo de 39.5 a 93 cm de longitud total (LT) con un promedio de 65.2 cm de LT y para los machos de 35.9 a 81 cm con un promedio de 58.8 cm de LT (Fig. 5). En ambos sexos la estructura de tallas estuvo dominada por el intervalo de 65 cm LT comprendiendo el 26% de toda la captura.

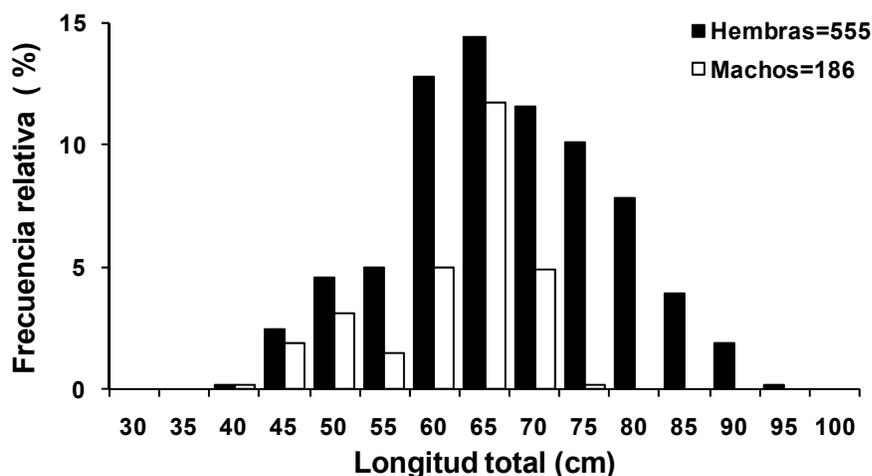


Figura 5. Distribución de tallas del cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California.

Al evaluar la estructura de tallas por sexos mediante la prueba de Kolmorov-Smirnov se encontró que las diferencias fueron significativas ($p < 0.05$), observando una mayor abundancia de hembras en los intervalos mayores a 65 cm de longitud a diferencia de los machos, los cuales muestran una distribución de tallas sesgada hacia tallas menores.

La distribución mensual de tallas mostró que los meses fríos (noviembre, febrero, marzo) tuvieron un intervalo de tallas de 45 a 90 cm de LT, además se puede observar que noviembre y marzo tienen una distribución bimodal. Para los meses de abril a julio se puede observar, principalmente que la estructura de tallas presenta intervalos con organismos de talla media (60-70 cm LT).

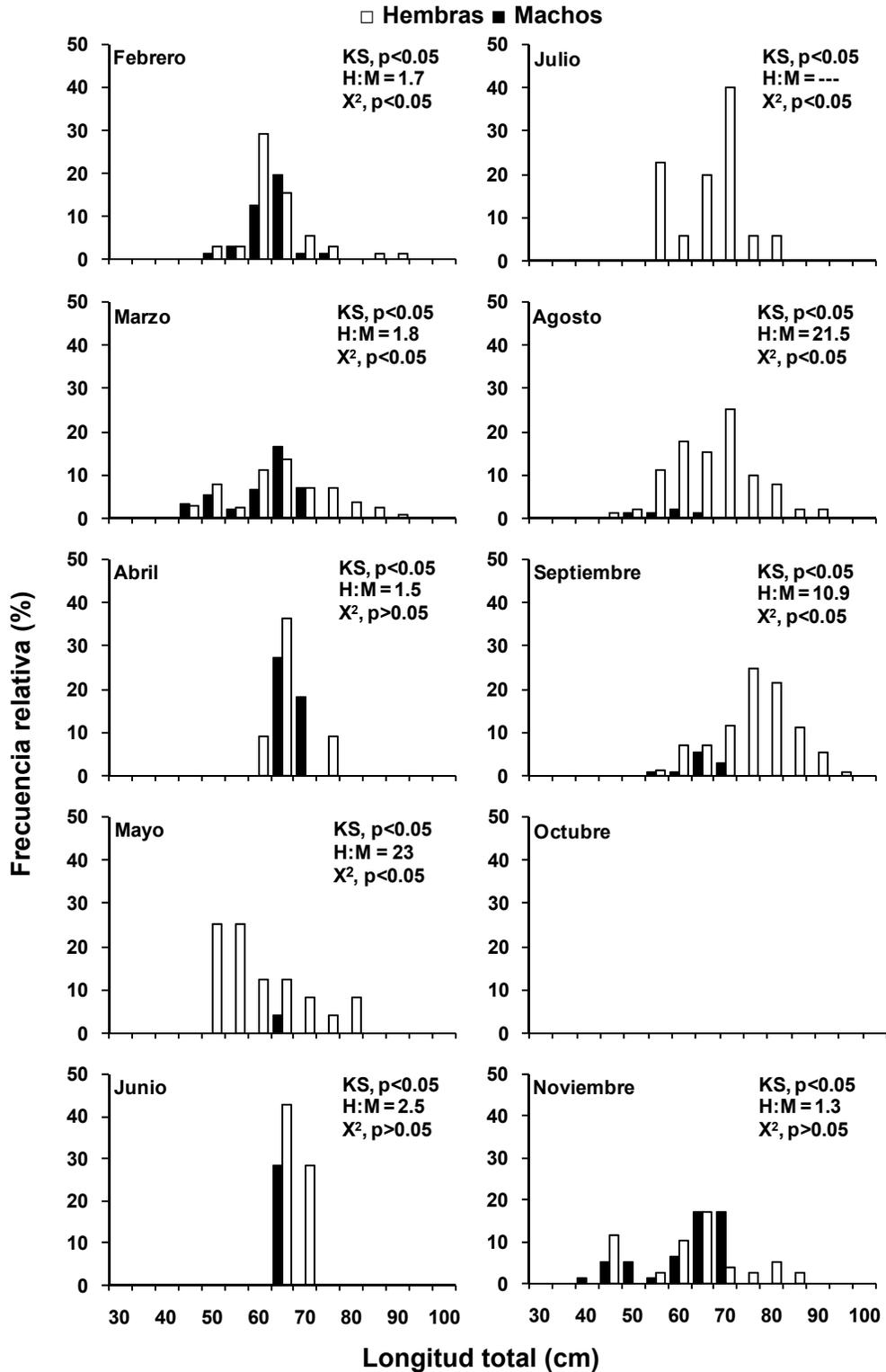


Figura 6. Distribución de tallas mensual por sexo para el cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California. Kolmogorov-Smirnov (KS); Proporción de Hembras por cada macho (H:M); Chi-cuadrada (X^2).

Los meses cálidos (Agosto y Septiembre) tuvieron una estructura de tallas compuesta principalmente por organismos de tallas mayores o iguales a la madurez sexual (> 55 cm LT). Por otro lado, la estructura de tallas mensual entre machos y hembras es diferente para todos los meses ($p < 0.05$).

La proporción de sexos para cada mes demostró que los meses de abril, junio y noviembre tuvieron una proporción no significativa, mientras que para los demás meses fue diferente (Fig. 6). La proporción sexual por mes estuvo significativamente correlacionada ($r_s, p < 0.01$) con la temperatura superficial de mar (TSM) mostrando que en los meses de invierno (temporada fría) el número de hembras por macho esta cercano a proporciones 2H:1M y para los meses de verano las proporciones aumentan hasta 23H:1M (Fig. 7).

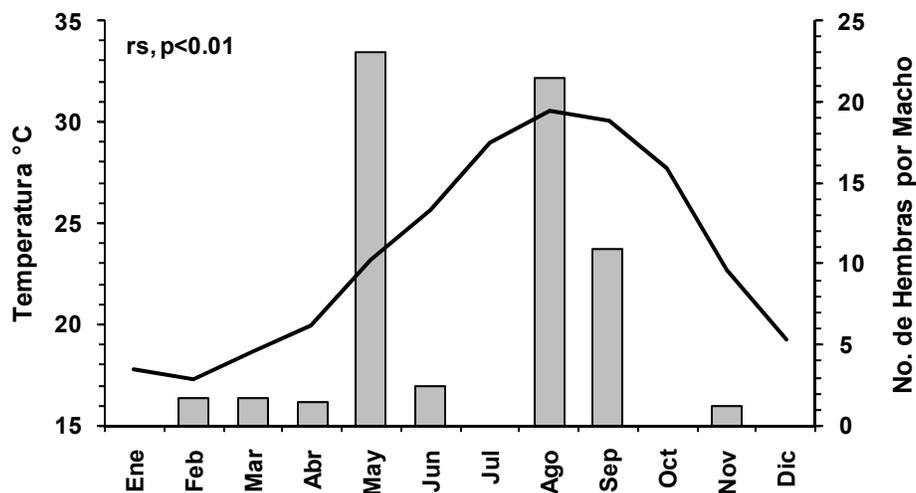


Figura 7. Número de hembras por macho por mes y promedio mensual de la temperatura superficial del mar durante 2003 y 2004. Correlación de Spearman (r_s).

6.2. Relación Peso–Longitud (PT-LT)

En general, el intervalo de peso del cazón pardo en NGC fue de 0.16 a 3.3 kg. Las hembras presentaron un peso mínimo de 0.16 kg para una longitud de 40.5 cm y un máximo de 3.3 kg para una longitud de 93 cm, mientras que los machos tuvieron un mínimo de 0.18 kg para una longitud de 35.9 cm y un máximo de 1.9 para una longitud de 71 cm (Fig. 8).

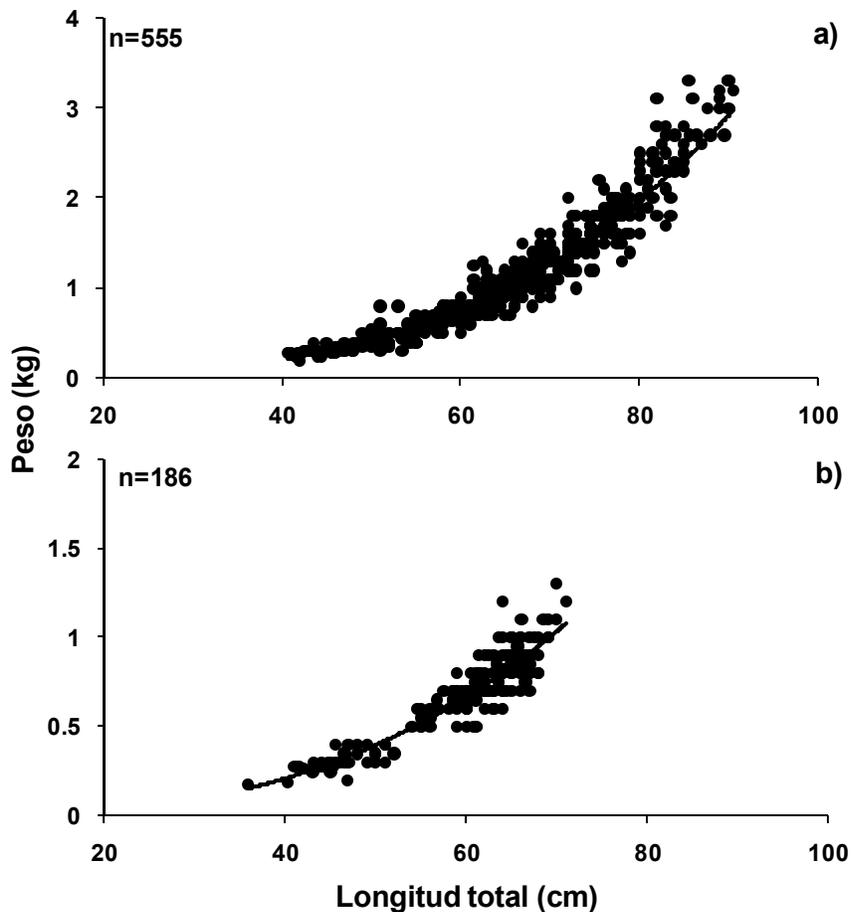


Figura 8. Relación peso–longitud total de hembras (a) y machos (b) del cazón pardo, *M. herlei*, en el norte del Golfo de California.

El modelo potencial se ajustó de manera significativa a los datos de PT y LT (Tabla 2). Las hembras presentaron un coeficiente de determinación mayor que los machos y al comparar la relación PT-LT por sexo, se encontró que existen diferencias significativas (ANCOVA, $p < 0.05$), siendo las hembras más pesadas y más grandes que los machos (Fig. 8).

La Tabla 2 presenta los valores de la relación PT-T para hembras, machos y sexos combinados. Al evaluar el coeficiente de alometría se determinó que el crecimiento es de tipo alométrico positivo para las hembras ($b > 3$) e isométrico para los machos ($b=3$).

Tabla 2. Valores de los parámetros de la relación peso – longitud total del cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California.

Parámetro	Hembras	Machos	Sexos combinados
a	0.000009	0.000006	0.000009
b	3.335	2.850	3.322
R ²	0.941	0.897	0.927
n	555	186	741

6.3. Relación Longitud total-Radio de la vértebra (LT-RV)

La relación LT-RV presentó una tendencia lineal en ambos sexos (Fig. 9), con un coeficiente de determinación de 0.97 para hembras y 0.91 para machos.

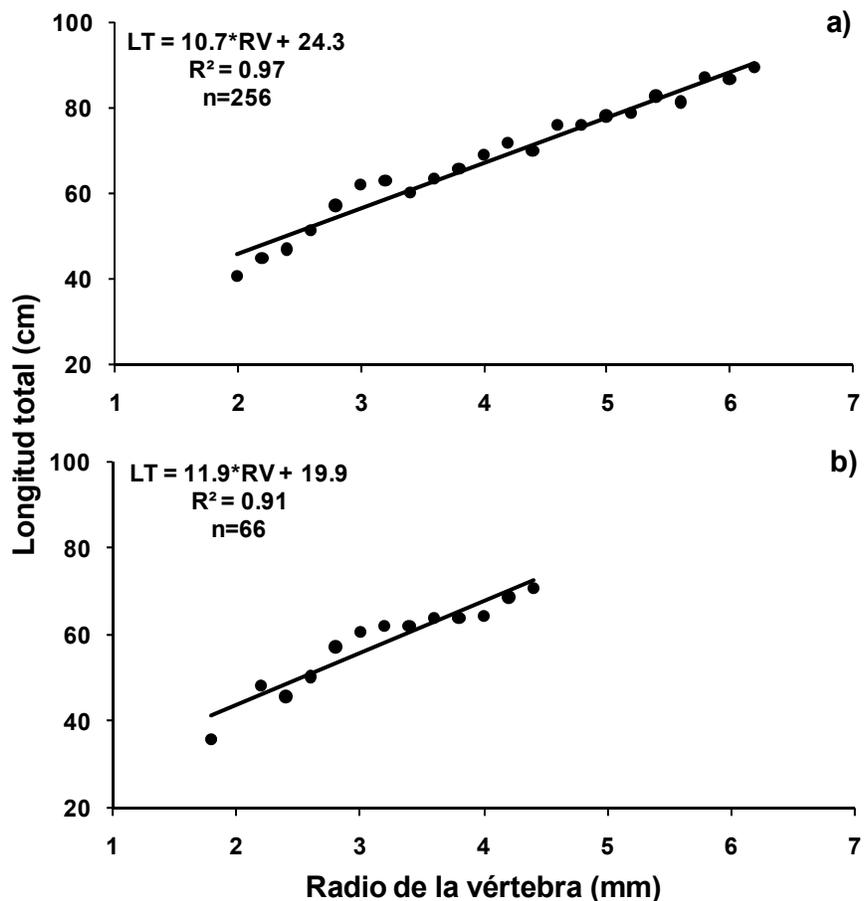


Figura 9. Relación longitud total (LT) y radio de la vértebra (RV) de hembras (a) y machos (b) del cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California.

El resultado anterior demostró que la vértebra es una estructura adecuada para describir el crecimiento y determinar la edad del cazón pardo. Para determinar si existieron diferencias entre hembras y machos en esta relación, se empleó un ANCOVA, el cual mostró que las diferencias entre los sexos fueron significativas ($p < 0.05$).

6.4. Determinación de la edad

De los 751 organismos medidos y pesados (muestreo masivo), solo fue posible obtener 322 secciones de vertebras, 256 para hembras y 66 para machos, durante la lectura de los anillos se registraron como ilegibles el 5.6% del total de cortes.

Tabla 3. Número de anillos de crecimiento por sexo para el cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California.

Anillos	Frecuencia	
	Hembras	Machos
0	-	-
1	4	2
2	6	3
3	21	8
4	36	12
5	26	10
6	34	17
7	29	9
8	22	2
9	14	1
10	5	
11	18	
12	12	
13	12	
14	2	
Legibles	240	64
Ilegibles	16	2
Total	256	66

Fue posible encontrar hasta 14 anillos de crecimiento para hembras y 9 para machos, y no se observaron organismos con 0 anillos de crecimiento (Tabla 3). A través del proceso de tinción fue posible observar con mayor claridad los anillos de crecimiento. Las bandas opacas se apreciaron oscuras, mientras que las translucidas, se veían claras. Se observó la marca de nacimiento en las secciones de las vértebras, gracias al cambio de pendiente de esta marca cerca del foco de la vértebra, por lo que no se incluyó en la estimación de la edad.

6.5. Precisión de las lecturas

El porcentaje de acuerdo se evaluó entre dos lectores, encontrándose un 84% de acuerdo con ± 1 anillos de crecimiento y aproximadamente el 95% con ± 2 anillos de crecimiento (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de acuerdo (PA) entre lectores.

Diferencia de anillos	Frecuencia	Anillos asignados	PA
-4	4		
-3	5		
-2	18		
-1	87	± 1	84.21
0	86	± 2	94.74
1	83	± 3	98.36
2	13		
3	6		
4	0		

Al graficar las lecturas realizadas por lectores se observó que existe una relación lineal ($R^2=0.98$) y al comparar las lecturas con la línea diagonal (lecturas hipotéticamente iguales) se observó que al incrementar el número de anillos en las vértebras, a partir del anillo 11, existe una mayor variabilidad en los conteos entre lectores (Fig. 10). Los resultados del PA y el gráfico entre lectores indicaron que existió acuerdo en las lecturas de los anillos de crecimiento. Por otro lado, la prueba Chi-cuadrada no evidenció diferencias significativas entre lectores ($p>0.05$).

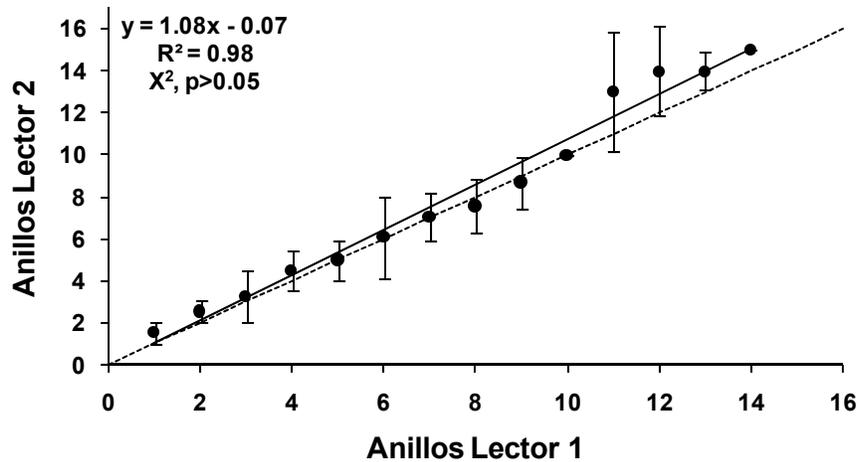


Figura 10. Curva de tendencia de los conteos entre lectores. Lecturas hipotéticas (---); Chi – Cuadrada (X^2).

El porcentaje de error promedio (APE), coeficiente de variación (V) y el índice de precisión (D) indicaron que ambos lectores tuvieron una buena precisión y reproductibilidad en las lecturas de crecimiento encontrando valores pequeños en los tres parámetros APE, V, D (Tabla 5). Asimismo, se puede observar que el lector 2 tiene mayor precisión y que el lector 1.

Tabla 5. Resultados de las pruebas de precisión y reproductibilidad de los conteos por lector.

Lector	No. Muestras observadas	No. Observaciones por muestra	APE	V	D
1	304	3	8.39	0.110	0.064
2	304	3	7.64	0.099	0.058

6.6. Periodicidad de los anillos de crecimiento

El promedio del incremento marginal relativo (IMR) graficado por mes (Fig. 11), mostraron que los valores mínimos de IMR se registraron en primavera, alrededor de 0.25, incrementando los valores hacia los meses de verano y otoño, (0.5 aproximadamente) hasta encontrar un máximo de IMR en el mes de noviembre (0.78). La tendencia del IMR sugiere que la formación de los anillos de crecimiento comienza a mediados de primavera (Abril) y finaliza a inicios de invierno (diciembre) encontrando una temporalidad anual.

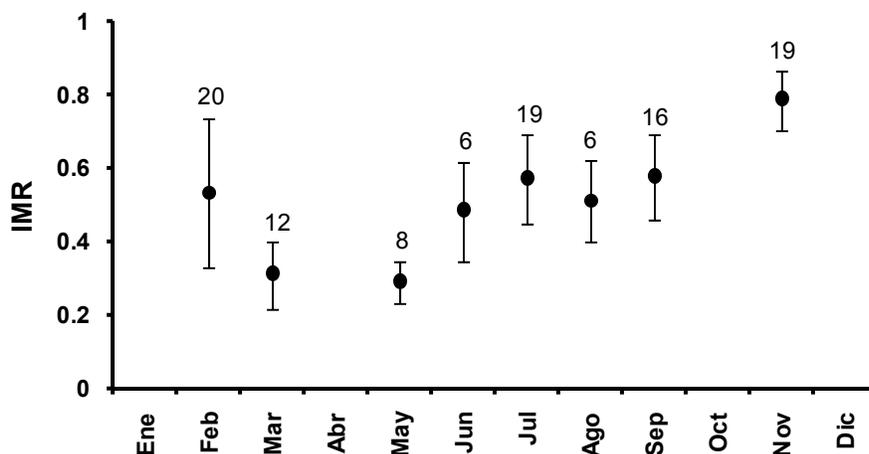


Figura 11. Incremento marginal relativo (IMR) para el cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California (● Promedio □ Desviación estándar y los valores son el n de cada mes).

Al evaluar el incremento marginal entre los meses mediante la prueba de Kruskal-Wallis se demostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$).

6.7. Estructura de edades

En general, se encontraron 14 grupos de edad para el cazón pardo, desde la edad 1 hasta la 14, sin la presencia de organismos de edad 0 (Fig. 12). Al evaluar la estructura de edades por sexos, la prueba de Kolmogorov-Smirnov demostró que existen diferencias significativas ($p < 0.5$).

La estructura de edades de las hembras estuvo compuesta por edades de 1 a 14 años sin organismos de 0 años (Fig. 12a). Los grupos de edad más abundantes fueron organismos que tenían entre 5 y 8 años, representando el 36% del total. En contraste, los organismos con poca abundancia fueron los organismos juveniles con edades entre 0 y 1 años (0.3%), y los de edades avanzadas de 10 y 14 años con aproximadamente el 4% de frecuencia relativa.

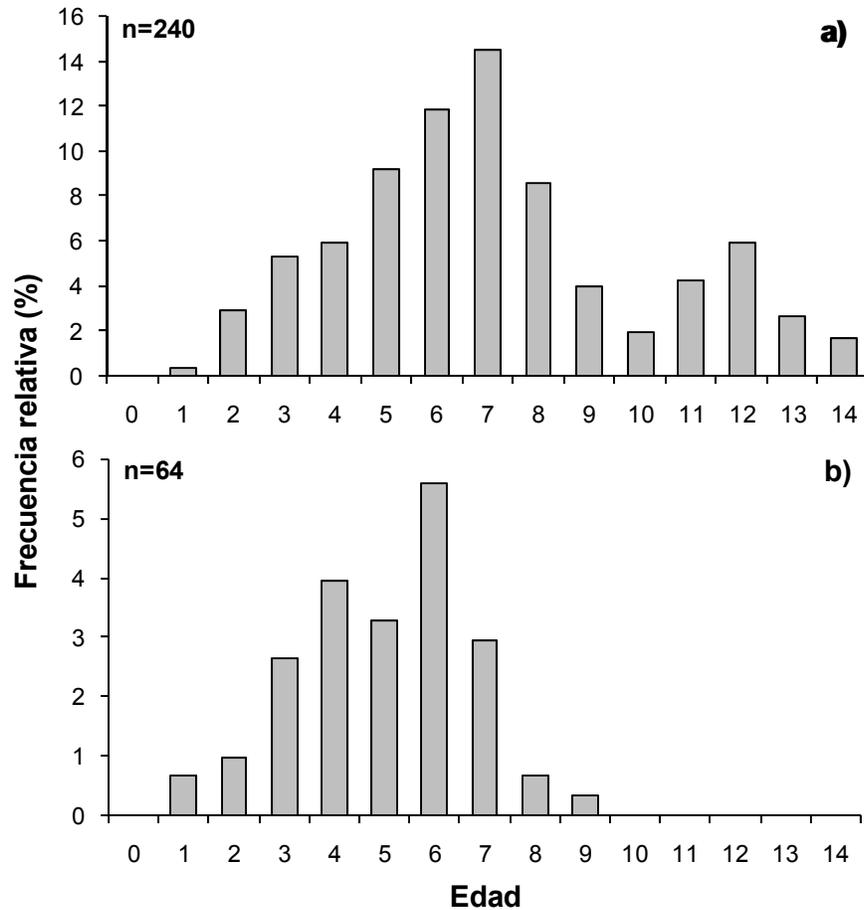


Figura 12. Estructura por edades de la captura del cazón pardo, *Mustelus henlei*, en el norte del Golfo de California. (a) hembras y (b) machos.

La estructura de edades de los machos mostró un intervalo de edades más pequeño, compuesta por edades de 1 a 9 con la ausencia de la edad 0 (Fig. 12b). Para los machos las edades más abundantes fueron organismos entre 4 y 6 años de edad, representando aproximadamente el 13% del total de la muestra. Los organismos con edades avanzadas de 8 a 9 estuvieron poco representados con un 1.2% de frecuencia relativa.

6.8. Descripción del crecimiento

Para describir el patrón de crecimiento del cazón pardo, se ajustó el modelo de von Bertalanffy a los datos observados de longitud total (LT) y edad. Debido a que se encontraron diferencias significativas por sexo en la estructura de tallas,

relación PT-LT y RV-LT, se procedió ajustar el modelo de crecimiento para sexos separados y se evaluó mediante el Análisis de Suma de Cuadrados Residual (ARSS) si las curvas fueron diferentes.

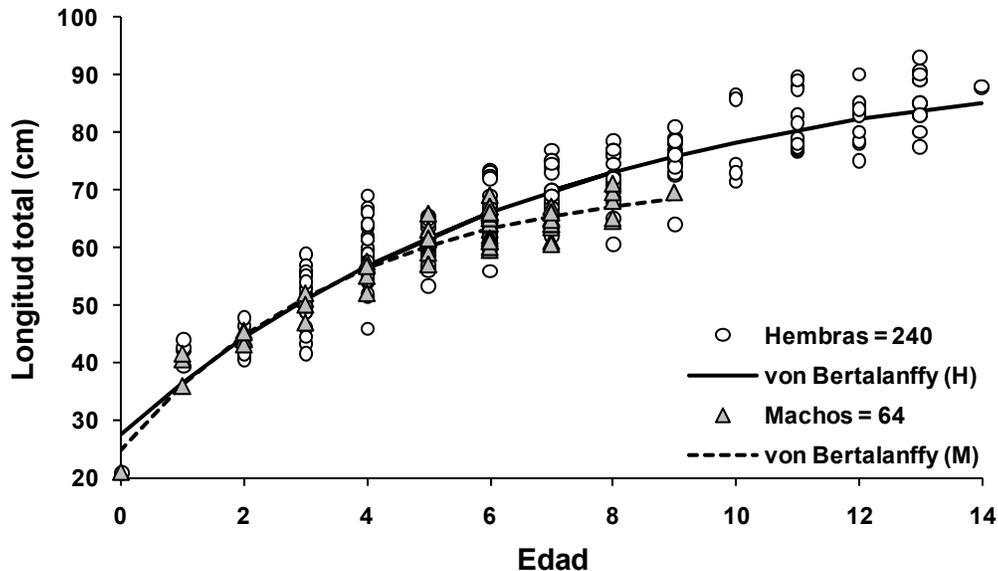


Figura 13. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy del cazón pardo, *M. henlei*, para hembras y machos en el norte del Golfo de California.

Los resultados del ARSS demostraron que hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre hembras y machos en el crecimiento descrito por el modelo de von Bertalanffy. Estas diferencias en la curva de crecimiento pueden ser observadas claramente en la figura 13.

Tabla 6. Parámetros estimados de crecimiento por el modelo de von Bertalanffy del cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California

Parámetros	Hembras	Machos	Sexos combinados
L_{∞}	95.41	72.33	96.13
K	0.144	0.285	0.142
t_0	-2.380	-1.359	-2.361

La Tabla 6 muestra los valores de los parámetros de crecimiento calculados para hembras, machos y sexos combinados. Se observa que los machos tienden a crecer más rápido ($k=0.28$) que las hembras ($k=0.14$), por otro lado los machos alcanzan una longitud infinita de 72.3 cm LT menor al de las hembras (95.4 cm

LT). Los parámetros de crecimiento calculados para sexos combinados son similares a los calculados por las hembras.

Los incrementos en longitud fueron mayores en los machos que en hembras durante los primeros 3 años de vida, observándose lo contrario a partir de los 4 años de edad (Tabla 7). Los machos crecieron en promedio 1.5 cm mas que las hembras durante los primeros 3 años de vida y alcanzaron el 71% de la L_{∞} , mientras que las hembras alcanzaron el 54%.

Tabla 7.- Valores de LT (cm), crecimiento neto anual (cm) y porcentaje de L_{∞} alcanzado por año, estimados a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para el cazón pardo, *M. henlei*, en el norte del Golfo de California.

Edad	Hembras			Machos			Sexos Combinados		
	LT	Δ Anual	% L_{∞}	LT	Δ Anual	% L_{∞}	LT	Δ Anual	% L_{∞}
0	27.68		29.0	23.10		32.0	27.37		28.5
1	36.77	9.08	38.5	35.31	12.21	49.0	36.47	9.10	37.9
2	44.63	7.86	46.8	44.49	9.18	61.7	44.37	7.90	46.2
3	51.44	6.81	53.9	51.39	6.90	71.2	51.22	6.85	53.3
4	57.34	5.90	60.1	56.59	5.19	78.5	57.17	5.94	59.5
5	62.44	5.11	65.4	60.49	3.90	83.9	62.33	5.16	64.8
6	66.87	4.42	70.1	63.43	2.94	87.9	66.80	4.47	69.5
7	70.69	3.83	74.1	65.63	2.21	91.0	70.68	3.88	73.5
8	74.01	3.31	77.6	67.29	1.66	93.3	74.05	3.37	77.0
9	76.88	2.87	80.6	68.54	1.25	95.0	76.97	2.92	80.1
10	79.36	2.49	83.2				79.51	2.54	82.7
11	81.52	2.15	85.4				81.71	2.20	85.0
12	83.38	1.86	87.4				83.62	1.91	87.0
13	84.99	1.61	89.1				85.28	1.66	88.7
14	86.39	1.40	90.5				86.71	1.44	90.2

7. DISCUSION

7.1. Estructura de tallas

La estructura de tallas del cazón pardo, *Mustelus henlei*, obtenida en el presente estudio se encontró dentro del intervalo de 35.9 cm a 93 cm de longitud total (LT) el cual coincide con lo reportado para la especie, excepto para la tallas pequeñas ya que no se obtuvieron organismos pequeños (neonatos) con longitudes de 19 a 32 cm. Compagno (1984) menciona que el intervalo de tallas para esta especie es de 19 a 95 cm de LT. La ausencia de tallas pequeñas en el presente estudio puede ser resultado de la profundidad en donde operaron las embarcaciones que capturaron los organismos. Pérez-Jiménez (2006) menciona que los neonatos de *M. henlei* en el norte del Golfo de California posiblemente no se distribuyen en aguas profundas mayores a 80 m de profundidad, donde operan las embarcaciones de mediana altura en el norte del Golfo de California. A su vez, menciona que posiblemente los organismos neonatos se encuentren distribuidos en zonas protegidas como bahías, tal como menciona Ebert (2003) quien señala que las bahías del centro de California son importantes zonas de crianza para esta especie.

Al comparar la estructura de tallas por sexo se encontró que las hembras tuvieron una mayor abundancia que los machos en los intervalos de tallas mayores a 65 cm de LT. El resultado anterior puede ser explicado por qué en las especies del género *Mustelus* es común que las hembras alcancen mayores tallas que los machos (Francis, 1981; Yudin y Cailliet, 1990; Moulton *et al.*, 1992; Yamaguchi *et al.*, 1999; Conrath *et al.*, 2002; Da Silva, 2007). Asimismo, Sims (2005) menciona que en la mayoría de las especies de tiburones las hembras son de mayor tamaño que los machos y que esta diferencia radica en los requerimientos energéticos que las hembras utilizan para el proceso de reproducción. Además, este tipo de dimorfismo sexual es más notable en especies

que presentan un modo de reproducción vivípara (Sims, 2005), como es el caso del cazón pardo, *M. henlei*.

Se observó que a través del año la estructura de tallas y la proporción de sexos cambia significativamente y que la proporción sexual tiene una correlación con la temperatura superficial del mar. McAuley y Simpfendorfer (2003) reportan para el cazón, *Mustelus antarcticus*, una segregación sexual temporal en donde la proporción de sexos pueden oscilar entre 1:6 M:H a 1:1 M:H y concluyen que esta segregación implica de alguna forma un tipo de migración reproductiva, en donde las proporción 1:1 indican el evento de apareamiento y las proporciones 1:6 indican segregación sexual. En el presente estudio se encontró que la proporción de sexos fue diferente a través del año, encontrando proporciones no significativas de 1:1 M:H en los meses de abril y noviembre (periodo frío), mientras que para los demás meses fue diferente, destacando los meses de mayo y agosto (periodo cálido) con una proporción mayor a 1:20, que refleja una segregación sexual por temporadas. Según Springer (1967), la segregación sexual en tiburones está dada por tres grupos: juveniles de ambos sexos, hembras adultas y machos adultos.

7.2. Relación peso–longitud (PT-LT)

Froese y Pauly (2008) mencionan que la relación PT-LT para el género *Mustelus* es de carácter cúbica con un valor promedio del parámetro de alometría de 3.2, es decir que presentan un crecimiento isométrico, o bien, proporcional en peso y talla. Resultados similares ha sido reportados por autores como Yamaguchi *et al.* (1999) para el cazón, *M. manazo* en 5 localidades de Japón, y Ecobedo-Olvera (2006) para el cazón, *M. lunulatus* en la región norte del Golfo de California, los cuales mencionan que la relación PT-LT es de carácter cúbica para ambos sexos presentando un crecimiento isométrico. Sin embargo, los autores anteriores sólo hacen una breve descripción de esta relación y no concluyen nada al respecto.

En el presente estudio los resultados obtenidos de la relación PT-LT mostraron que el crecimiento de las hembras es diferente al de los machos, además se encontró que el crecimiento de las hembras es de tipo alométrico positivo ($b=3.3$), es decir, tienden a crecer más en peso que en talla, discrepando con las estimaciones de esta relación para el género *Mustelus*, y para los machos se encontró un crecimiento isométrico ($b=2.8$), proporcional en peso y talla. Estimaciones similares a lo encontrado en el presente trabajo han sido anteriormente reportadas, por ejemplo, Chiaramonte y Pettovello (2000) para *M. schmitti*, en el sur de Patagonia, y Filiz y Mater (2002) para *M. mustelus*, en el norte del Mar Egeo, reportan que la relación PT-LT entre sexos fue diferente y estiman un crecimiento de tipo alométrico positivo para las hembras e isométrico para los machos, sin embargo, ambos estudios no discuten nada al respecto y sugieren que los resultados deben ser tomados con cautela ya que el número de muestra es reducido.

Los resultados obtenidos para las hembras del cazón pardo en el presente estudio podrían deberse a su condición reproductiva ya que un 40% de las hembras se encontraban en estado de gravidez. Sidders *et al.*, (2005) menciona que el crecimiento alométrico positivo de las hembras del cazón *M. schmitti*, se debe a la presencia de hembras preñadas durante su estudio realizado en el puerto de Quequén, lo cual concuerda con lo reportado en el presente estudio. Según Ehrhardt (1981) el coeficiente de alometría (b) puede variar de 2.4 a 3.3, para cualquier especie, y que tales cambios pueden deberse a un aumento en peso durante la época de desove y pérdida repentina del mismo al tiempo inmediatamente después de la evacuación de los productos del desove, por lo que un alto porcentaje de hembras grávidas dan como resultado un crecimiento alométrico positivo.

7.3. Relación longitud total–radio de la vértebra (LT-RV)

Los estudios de edad y crecimiento en tiburones han utilizado principalmente las vértebras como un indicador del crecimiento somático, sin embargo, es importante evaluar si existe una relación definida, generalmente lineal, entre el crecimiento de la vértebra y el crecimiento somático para justificar su uso para la determinación de la edad (Piercy *et al.*, 2006).

De acuerdo con Cailliet *et al.* (1983) y Golman (2004) las vértebras torácicas, situadas debajo de la primera aleta dorsal, son las más adecuadas para la determinación de edad ya que poseen el radio más grande a lo largo de la columna vertebral, de tal forma que facilitan las lecturas de las bandas de crecimiento.

Debido a que en el presente estudio las muestras provinieron de la captura comercial se obtuvieron las vértebras de la zona branquial para no dañar el producto ya que al remover aquellas situadas en la zona torácica se afecta su valor en el mercado. Este tipo de muestreo es común en algunas especies de tiburones que son capturadas para el consumo humano (Officer *et al.*, 1996; Natason *et al.*, 2002). Debido a esta problemática, Officer *et al.* (1996) y Piercy *et al.* (2006) realizaron estudios para determinar cuál es la variabilidad en los conteos de los anillos de crecimiento con base en la variabilidad morfológica de las vértebras a lo largo de la columna vertebral. De estos estudios se pueden remarcar dos aspectos importantes:

1. Las vértebras torácicas (zona dorsal) son de mayor tamaño que las vértebras cervicales (zona branquial) y ofrecen mejores resultados en los conteos de los anillos de crecimiento (Officer *et al.*, 1996; Cruz-Martínez *et al.*, 2005).
2. El uso combinado de vértebras de ambas zonas influye en la relación LT-RV, y por lo tanto en el método de retróculo (Piercy *et al.*, 2006).

A pesar de que todas las vértebras provinieron de la zona cervical y que existió cierta variabilidad en el radio de las vértebras utilizadas en el presente estudio, se encontró que el crecimiento de la vértebra es proporcional al crecimiento somático (LT) para ambos sexos del cazón pardo, encontrando una tendencia lineal con un coeficiente de determinación (R^2) alto de 0.97 y 0.91, respectivamente. Este resultado demuestra que la vértebra es una estructura confiable para describir el crecimiento del cazón pardo, similar a lo reportado para la misma especie por Yudin y Cailliet (1990), en la costa central de California, en donde la longitud total y el radio de la vértebra tienen una relación lineal significativa con un coeficiente de determinación de 0.86.

7.4. Determinación de los anillos de crecimiento

De acuerdo con el estudio realizado por Officer *et al.* (1996), los conteos de anillos en las vértebras de la zona cervical en algunas especies pueden subestimar las estimaciones por lo que sugieren hacer estudios específicos para observar si existen diferencias en los conteos entre vértebras cervicales y torácicas. Por otro lado, Piercy *et al.* (2006), no encuentra diferencias significativas en los conteos de crecimiento dentro y entre vértebras cervicales y dorsales.

En el presente estudio, no fue posible hacer una comparación de los conteos de crecimiento entre vértebras cervicales y dorsales debido a que las muestras sólo se obtuvieron de la cervical para no dañar el producto como se mencionó anteriormente.

Fue posible observar un total de 304 secciones de vertebras (95% de la muestra biológica), y se contaron hasta 14 anillos de crecimiento para hembras y 9 para machos, sin la presencia de organismos con 0 anillos de crecimiento. En contraste, Yudin y Cailliet (1990) reportaron para la misma especie en California central, la presencia de 13 anillos de crecimiento para las hembras y 7 para los machos. La diferencia en los conteos de anillos puede deberse a diferencias

espacio-temporales en ambos estudios. Frisk *et al.* (2001), señala que las variaciones en los parámetros de vida (edad, talla máxima, madurez, fecundidad) en las poblaciones de elasmobranchios son comunes en escalas espacio-temporales. Yamaguchi *et al.* (1999) en un estudio realizado en cinco localidades de Japón, el cual encuentra diferencias en hembras de 9 a 17 y en machos de 5 a 9 anillos de diferencia según la localidad.

7.5. Precisión de las lecturas

La precisión en las estimaciones de edad es un componente crítico en cualquier estudio de edad y crecimiento y es definida como la reproductibilidad de las lecturas en una estructura dada (Campana, 2001), sin embargo, estas estimaciones de edad pueden no ser exactas, es decir, no necesariamente representan la edad absoluta o verdadera (Goldman, 2004).

El cálculo de la precisión de las lecturas entre lectores a través del porcentaje de acuerdo PA, para este estudio, demostró que existió un buen acuerdo con un 84% en las lecturas con ± 1 anillo de crecimiento y aproximadamente el 95% con ± 2 anillos de crecimiento, similar a lo reportado por Yudin y Cailliet (1990) para la misma especie en California central, donde reportan que a pesar de la baja resolución de las bandas de crecimiento tuvieron un fuerte acuerdo en los conteos entre lectores entre 2 años de diferencia en un 98%.

El PA ha sido utilizado como un indicador de precisión de las lecturas asignadas a una estructura, sin embargo, esta medida de precisión varía ampliamente entre especies y entre la edad de las especies (Beamish y Fournier, 1981; Campana, 2001; Cailliet *et al.*, 2006). A pesar de lo anterior, es válido utilizar el porcentaje de acuerdo para hacer comparaciones entre lectores (Goldman, 2004), tal como fue utilizado en este estudio.

Por otro lado, la precisión para cada uno de los lectores en este estudio demostró que los lectores tuvieron una buena precisión en cada una de sus lecturas con valores del porcentaje de error promedio (APE) por debajo del 8.5%, coeficiente de variación (V) menores a 0.12 e índice de precisión (D) aproximadamente de 0.06. Según, Beamish y Fournier (1981) la interpretación de estas estimaciones es que existe mayor precisión cuando se obtienen valores pequeños de los índices anteriormente mencionados, y menor precisión en el caso contrario. Específicamente, Campana (2001) menciona que para la mayoría de los estudio en tiburones los valores del coeficiente de variación (V) expresado en porcentaje son menores al 10%, lo cual concuerda para el resultado obtenido es este estudio.

Cailliet *et al.* (2006) menciona que el uso combinado de varios métodos para evaluar la precisión de las estimaciones, como el APE, D, V, el porcentaje de acuerdo y la curva de edad entre lectores, es mejor que utilizar un solo método, ya que si los resultados por diferentes métodos son similares, entonces las conclusiones tienen mayor certeza.

7.6. Periodicidad de los anillos de crecimiento

Las estimaciones de edad, tasas de crecimiento y longevidad asumen que la formación de los anillos de crecimiento en las vértebras son un indicador fiel de la edad (Goldman, 2004). A pesar de lo anterior, pocos de los estudios de edad y crecimiento han validado la periodicidad de formación de los anillos en las vértebras (Cailliet y Goldman, 2004; Goldman, 2004). Según Cailliet *et al.* (2006), el método de incremento marginal relativo (IMR) es actualmente el más utilizado como técnica para verificar la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento en los estudios de edad y crecimiento en peces condriictios. Típicamente, este método consiste en medir el ancho del último anillo de crecimiento previamente formado y es comparado con el ancho del margen de la vértebra a través de los meses del año. Estos resultados son graficados contra los

meses del año esperando encontrar un ciclo sinusoidal con una frecuencia de un año (Carlson *et al.*, 1999).

Existen varias modificaciones de este método, así como distintas terminologías para abordar la periodicidad de formación de los anillos, haciendo poco eficiente las comparaciones entre los diversos estudios. Debido a lo anterior, Cailliet *et al.* (2006) recomiendan que el método propuesto por Conrath *et al.* (2002) es el más apropiado para evaluar la temporalidad de los anillos, y además, mencionan que es importante el uso apropiado de pruebas estadísticas para evaluar las diferencias de IMR entre meses, ya que en la mayor parte de los estudios que abordan este tema sólo determinan la formación de las bandas a partir de la observación de las graficas de IMR meses graficado contra los meses del año.

En general, la formación de los anillos de crecimiento en tiburones es anual (Cailliet y Golman, 2004), patrón que se cumple para las especies del genero *Mustelus* (Yudin y Cailliet, 1990; Moulton *et al.*, 1992; Yamaguchi *et al.*, 1996; Conrath *et al.*, 2002; Da Silva, 2007).

Los resultados obtenidos de incremento marginal relativo (IMR) mostraron una tendencia sinusoidal encontrando valores mínimos en primavera, incrementando ligeramente en los meses de verano y máximos en el mes de noviembre, lo cual sugiere que la formación de los anillos de crecimiento es anual. Yudin y Cailliet (1990) llegan a la misma conclusión por medio de la caracterización del borde (traslúcido y opaco) de las vértebras, reportando que la formación de la marca tránslucida es a finales de invierno y la opaca desde finales de la primavera hasta finales del otoño. Sin embargo, encuentran los dos tipos de bordes en organismos recolectados durante los meses de verano, por lo que sugieren repetir dicho análisis con más organismos ya que el número de muestra utilizado para este análisis fue pequeño (48 organismos).

7.7. Estructura de edades

En el presente estudio se observó que la estructura de edades para el cazón pardo fue diferente entre sexos. La estructura de edades para hembras estuvo compuesta por edades de 1 a 14 años, y para machos de 1 a 9 años. Comparando los resultados con los obtenidos por Yudin y Cailliet (1990) en California se observó que los organismos de la región norte del Golfo de California presentan organismos más longevos, ya que para California central reportan edades máximas de 13 años para las hembras y 7 para los machos. No obstante, las edades más abundantes en ambos estudios y para ambos sexos fueron organismos de 4 y 6 años de edad.

Las diferencias de edades encontradas en la región norte del Golfo de California (este estudio) con respecto a Yudin y Cailliet (1990) en California central pueden ser atribuidas a que estas poblaciones están reproductivamente aisladas, las cuales están separadas por la península de Baja California y/o por barreras oceanográficas (Pérez-Jiménez, 2006). Frisk *et al.* (2001), señala que las variaciones en los parámetros de vida (edad, talla máxima, madurez, fecundidad) en las poblaciones de elasmobranchios son comunes en escalas espacio-temporales. Yamaguchi *et al.* (1999) encuentran diferencias en la edad del cazón, *Mustelus manazo*, en 5 localidades de Japón y Taiwán reportando una diferencias de 5 años para los machos y de 9 años para las hembras entre la localidad sureña (Taiwán) y norteña (Aomori), respectivamente. Además, Chiaramonte y Pettovello (2000) reportan variaciones latitudinales en los parámetros reproductivos para el cazón, *Mustelus schmitti*, y Lombardi-Carlson *et al.* (2003) diferencias en las características de vida para el tiburón martillo, *Sphyrna tiburo*, llegando a la conclusión de que estas diferencias son derivadas por adaptaciones a variaciones en las condiciones ambientales, tal como lo sugiere Pérez-Jiménez (2006) para los organismos de *M. henlei* entre California central y la región norte del Golfo de California.

Aunque las diferencias en la estructura de edades entre regiones han sido reportadas para varias especies de tiburones se debe destacar que las poblaciones norteñas presentan edades más longevas que las sureñas (Yamaguchi *et al.*, 1999; Carlson *et al.*, 2006), contrario al presente estudio en donde la población sureña (norte del Golfo de California) es más longeva a la norteña. Por lo tanto, otra explicación de las diferencias en la estructura de edades podría deberse al método utilizado en los diferentes estudios. El método utilizado en California por Yudin y Cailliet (1990) consistió en la lectura de anillos de crecimiento a partir radiografías de las vértebras, y en el presente este estudio, se utilizó un microscopio estereoscópico y luz transmitida para observación de las vértebras. Cailliet *et al.* (1990) y Carlson *et al.* (2006) mencionan que las diferencias metodológicas causan diferentes lecturas en los anillos de crecimiento y su vez diferentes asignaciones de edad por lo que sugieren que para hacer comparaciones entre diferentes localidades o temporadas es necesario estandarizar los métodos de muestreo y análisis de las muestras.

En cuanto a las diferencias de edad entre sexos, se encontró que las hembras son más longevas que los machos, similar a lo reportado para varias especies del mismo género (Yudin y Cailliet, 1990; Moulton *et al.*, 1992; Walker *et al.*, 1998; Yamaguchi *et al.*, 1999; Conrath *et al.*, 2002; Da Silva, 2007).

7.8. Descripción del crecimiento

El coeficiente de crecimiento (k) calculada por medio del modelo de von Bertalanffy indica que el cazón pardo presenta un rápido crecimiento en los primeros 4 años de edad para ambos sexos, alcanzando aproximadamente el 60% en hembras y el 75% en machos de la longitud infinita. Además, se observó que los machos se aproximan a una tasa de crecimiento más rápida a la longitud asintótica que las hembras, es decir, presentan un crecimiento más acelerado que las hembras, similar a lo reportado para la especie (Yudin y Cailliet, 1990) y para

otras especies del genero *Mustelus* (Moulton *et al.*, 1992; Walker *et al.*, 1998; Yamaguchi *et al.*, 1999; Conrath *et al.*, 2002; Da Silva, 2007).

La longitud asíntotica estimada para las hembras fue de 95.4 cm LT, y para los machos de 72.3 cm LT, resultados que son semejantes a las talla máxima reportadas por Compagno (1984), con longitud máxima de 95 cm LT para las hembras y en menor grado para los machos con una longitud máxima 79 cm LT.

Es importante mencionar que el parámetro t_0 en los estudios para elasmobranquios es considerado sólo como un parámetro de ajuste y que no debe ser considerado como un parámetro biológico (Cailliet *et al.*, 2006), ya que es irrazonable considerar que el crecimiento embrionario es gobernado por el mismo parámetro de crecimiento después de nacer (Cailliet y Goldman, 2004).

Las diferencias en los parámetros de crecimiento para el cazón pardo del presente estudio respecto a los estimados por Yudin y Cailliet (1990) en California central, posiblemente son consecuencia de las zonas de estudio y/o al método de lectura de los anillos de crecimiento. Yamaguchi *et al.* (1999) sugiero que las diferencias en los parámetros de crecimiento *Mustelus manazo* en el Pacífico occidental fueron resultado de las diferencias geográficas en la disponibilidad del alimento, densidad poblacional y temperatura del agua. Pérez-Jiménez (2006) menciona que posiblemente las poblaciones del cazón pardo, de California y Golfo de California, estén reproductivamente aisladas habitando zonas con distintas condiciones oceanográficas, dando como resultado diferencias en los parámetros biológicos. Planteamientos similares han sido reportados por Chiaramonte y Pettovello (2000) para el cazón *Mustelus schmitti*, en el sur de Patagonia, que sugieren que las variaciones latitudinales en las características de vida de una población pueden ser resultado de adaptaciones a pequeñas variaciones en las condiciones oceanográficas. Asimismo, Lombardi-Carlson *et al.*, (2003) demostraron que los tiburones martillo, *Sphyrna tiburo*, que se encuentran a latitudes más altas en el este del Golfo de México incrementaron algunas

características de su historia de vida, como la longitud máxima, talla de madurez y masa corporal en las primeras etapas del desarrollo embrionario.

En la tabla 8 se muestran los parámetros de crecimiento para especies del género *Mustelus* por diferentes autores. Los autores definen a las especies de este género como organismos con un crecimiento rápido, comparado con el resto de las especies de elasmobranquios (Francis, 1981; Yudin & Cailliet, 1990; Moulton *et al.* 1992; Yamaguchi *et al.*, 1996; Conrath *et al.*, 2002; Da Silva, 2007). Por ejemplo, las especies de lento crecimiento presentan tasas menores a 0.1 año^{-1} , entre dichas especies se destaca el tiburón toro, *Carcharhinus leucas* ($k=0.042 \text{ año}^{-1}$; Neer *et al.*, 2005), el tiburón blanco *Carcharodon carcharias* ($k=0.065 \text{ año}^{-1}$; Wintner y Cliff, 1999) y el tiburón marrajo, *Lamna nasus* ($k=0.07 \text{ año}^{-1}$; Natanson *et al.*, 2001).

Una mejor comprensión de la edad y los procesos de crecimiento dará mejores estimaciones del potencial de crecimiento de las poblaciones de elasmobranquios, así como, mejorará las estrategias para un manejo sustentable (Cailliet y Goldman, 2004). De tal forma, los resultados generados en el presente estudio sirven de base para posteriores investigaciones enfocadas a la evaluación de la población a través de la estimación de las tasas de mortalidad, reclutamiento y parámetros demográficos.

Tabla 8. Parámetros de edad y crecimiento para algunas especies del género *Mustelus*.

Especies	Sexo	k	L_{∞}	t_0	Referencia
<i>Mustelus spp.</i>	M	0.22-0.53	-	-	Francis (1981)
	H	0.21-0.36	-	-	
<i>M. californicus</i>	M	0.12	124.1	-2.59	Yudin y Cailliet (1990)
	H	0.11	134.1	-2.55	
	M+H	0.16	154.4	-1.27	
<i>M. antarcticus</i>	M	0.16	155.9	-1.94	Moulton <i>et al.</i> (1992)
	H	0.09	233.6	-2.05	
<i>M. manazo</i>	M	0.12	124.1	-2.59	Yamaguchi <i>et al.</i> (1996)
	H	0.11	134.1	-2.55	
<i>M. canis</i>	M	0.44	105.1	-1.52	Conrath <i>et al.</i> (2002)
	H	0.29	123.5	-1.94	
<i>M. mustelus</i>	M	0.12	145.1	-2.14	Da Silva (2007)
	H	0.06	204.9	-3.55	
<i>M. henlei</i>	M	0.28	72.3	-1.35	Presente estudio
	H	0.14	95.4	-2.38	
	M+H	0.14	96.1	-2.46	

8. CONCLUSIONES

La estructura de tallas por sexo fue significativamente diferente, encontrando que a tallas mayores las hembras son más abundantes que los machos (longitud promedio: $LT_{\text{hembras}} = 65.2 \pm 10.5$; $LT_{\text{machos}} = 58.8 \pm 7.7$).

Se detectaron diferencias significativas en la relación peso–longitud entre hembras y machos. Observando un crecimiento de tipo alométrico positivo para las hembras e isométrico para los machos.

Se detectó una relación lineal entre el crecimiento de la vértebra y el somático, lo cual sugiere que las vértebras del cazón pardo son una estructura adecuada para determinar la edad.

Los cambios mensuales del incremento marginal relativo (IMR) indicaron una periodicidad anual en la formación de los anillos de crecimiento, con valores máximos de IMR a inicios de diciembre y mínimos en abril.

Se encontraron 14 grupos de edad, de 1 a 14 años para las hembras y 9 para machos, de 1 a 9 años para los machos. Los grupos de edad más abundantes fueron los organismos que tenían de 4 a 5 años.

Se detectaron diferencias significativas en los parámetros de crecimiento estimados por medio del modelo de von Bertalanffy entre hembras y machos, obteniendo las siguientes estimaciones:

Hembras: $L_{\infty} = 95.41$ cm, $k = 0.14$ anual y $t_0 = -2.38$ años

Machos : $L_{\infty} = 72.33$ cm, $k = 0.28$ anual y $t_0 = -1.35$ años

9. RECOMENDACIONES

Debido a las inconsistencias en la terminología utilizada para la descripción de los patrones de crecimiento en los estudios de peces condricios, sugiero seguir las recomendaciones propuestas por Cailliet *et al.*, (2006), utilizando los términos banda opaca, banda translúcida y par de bandas, este último refiriéndose al término anillo de crecimiento, con la finalidad de tener consistencia en los estudios de este grupo de peces y hacer comparables sus resultados.

Es importante remarcar la necesidad de obtener vértebras situadas en la torácica, debajo de la primera aleta dorsal, ya que ofrecen mejores resultados para este tipo de estudios que aquellas que se encuentran en la zona branquial, adyacentes al condrocraqueo. A pesar de lo anterior, en algunos casos no es posible obtener las vértebras de la zona torácica por que se desvaloriza el precio del producto, en ese caso se recomienda eliminar las primeras 3 ó 4 vértebras (adyacentes al condrocraqueo) para el cazón pardo, *Mustelus henlei*, ya que son de tamaño reducido y posiblemente tengan repercusión en los estudios de edad y crecimiento.

Finalmente, se recomienda evaluar con una técnica más exacta la periodicidad de los anillos de crecimiento, como estudios de marcado-recaptura, inyectando tetraciclina a los organismos, para poder construir con mayor certeza modelos poblacionales estructurados por edad.

10. LITERATURA CITADA

- Allen, T.B. 1999. The Shark Almanac. The Lyons Press. 300 p.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. *En: Ketchum, B. H. (Ed.), Ecosystems of the world 26. Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Scientific Publishing Company. 427-429 pp.
- Álvarez-Borrego, S. 2003. Physical oceanography, 41-59. *En: Case, T.J., M.L. Cody & Ezcurra (Eds.) A new island biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford University Press: New York, NY. 690 p.
- Beamish, R.J. y D.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **38**: 982 – 983.
- Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biol.* **10** (2): 181-213.
- Cailliet, G. M., L. K. Martin, D. Kusher, P. Wolf, & B. A. Welden. 1983. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs, 157-165. *En: Prince, E. D. & L. M. Pulos (Eds) Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks*. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8.
- Cailliet, G.M., R.L. Radtke & B.A. Welden, 1986. Elasmobranch Age Determination and Verification: A Review, 345 – 360. *En: Uyeno, T., R. Arai, T. Taniuchi & K. Matsuura (Eds) Indo – Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo – Pacific Fishes*. Ichthyological Society of Japan. Tokyo.
- Cailliet, G.M., 1990. Elasmobranch Age determination and verification: an updated review, 157-165. *En: Pratt, Jr., W.S., S.H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.) Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries..*, NOAA Tech. Rep. NMFS 90.
- Cailliet, G.M., K.G. Yudin, S. Tanaka & T. Taniuchi. 1990. Growth characteristics of two populations of *Mustelus manazo* from Japan based upon cross-readings of vertebral bands, 167–176 *En: Pratt, Jr., W.S., S.H. Gruber & T. Taniuchi*

- (Eds.) *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries.*, NOAA Tech. Rep. NMFS 90.
- Cailliet, G.M., & K.J. Goldman, 2004. Age Determination and Validation in Chondrichthyan Fishes, 399-439. En: Carrier, J.C., J.A. Musick & M.R. Heithaus (Eds.) *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, 2004. Florida, EU. 596 p.
- Cailliet, G.M., W.D. Smith, H.F. Mollet & K.J. Goldman. 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ Biol of Fish*. **77**(3-4): 211-228.
- Camhi, M., S.L. Fowler, J.A. Musick, A. Bräutigam & S.V. Fordham. 1998. *Sharks and their Relatives – Ecology and Conservation*. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 39 pp.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*. **59**: 197–242.
- Carlson, J. K., E. Cortes & D. M. Bethea. 1999. Age and growth of the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus*, in the Eastern Gulf of Mexico. *Copeia*. **3**: 684–691.
- Carlson, J.K., J.R. Sulikowski & I.E. Baremore. 2006. Do differences in life history exist for blacktip sharks, *Carcharhinus limbatus*, from the United States South Atlantic Bight and Eastern Gulf of Mexico? *Environ Biol Fish*. **77**: 279–292.
- Castillo-Géniz, J. L., J. F. Márquez-Farías, M.C. Rodríguez de la Cruz, E. Cortés, & A. Cid del Prado. 1998. The Mexican artisanal fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *Marine and Freshwater Research*. **49**: 611–620.
- Castro, J. I. 1996. *The Sharks of North American Waters*. Texas A. & M. University Press., College Station. Segunda Edicion. Texas, USA. 180 p.

- Catarci, C. 2004. *World markets and industry of selected commercially exploited aquatic species with and international conservation profiles*. FAO Fisheries circular. No. 990. Rome. 186 p.
- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **39**: 1208 – 1210.
- Chiaramonte, G. E. y A. D. Pettovello. 2000. The biology of *Mustelus schmitti* in southern Patagonia, Argentina. *Journal of Fish Biology.* **57**: 930-942.
- Compagno, L. J. V. 1984. FAO species catalogue 4. *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date*, 251-655. Part 2. *F.A.O. Fisheries Synopsis* 125.
- Compagno, L. J. V. 1990. Shark exploitation and conservation. 391-414. *En*: Pratt, Jr., W.S., S.H. Gruber & T. Taniuchi (Eds.) *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries.*, NOAA Tech. Rep. NMFS 90.
- Conrath, C.L., J. Gelsleichter y J.A. Musick, 2002. Age and Growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the northwest Atlantic Ocean. *Fish. Bull.* **100**: 674 – 682.
- Cruz-Martínez, J., X. Chiappa-Carrara & V. Arenus-Fuentes. 2005. Age and Growth of the Bull Shark, *Carcharhinus leucas*, from Southern Gulf of Mexico. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* **35**: 367-374.
- Cudney-Bueno, R. & P.J. Turk-Boyer. 1998. *Pescando entre Mareas en el Alto Golfo de California: una Guía sobre la pesca artesanal, su gente y sus propuestas de manejo*. Serie técnica No. 1. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos. Puerto Peñasco, Sonora, México. 166 p.
- Da Silva, C. 2007. The status and prognosis of the smoothhound shark (*Mustelus mustelus*) fishery in the southeastern and southwestern cape coasts, South Africa. Tesis de Maestría. Rhodes University. 154 p.
- Downton-Hoffmann, C. A. 2001. Edad y crecimiento del pez guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 72 p.

- Ebert, D. A. 2003. *Sharks, Rays, and Chimaeras of California*. California: University of California Press. 304 p.
- Ehrhardt, N. M. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera parte: Parámetros poblacionales. FAO–CICIMAR. 134 p.
- Escobedo-Olvera, M.A. 2006. Determinación de edad y crecimiento en el tiburón musola gris (*Mustelus lunulatus* Jordan y Gilbert, 1883) en la región norte del Golfo de California por medio de anillos vertebrales. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 46 p.
- Fermán-Almada, J.L. 1994. Programa de Manejo integrado de la reserva de la biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Tesis de Maestría. FCM UABC. Ensenada, B. C., México. 92 p.
- Ferreira, B. P. & C. M. Vooren. 1991: Age, growth, and structure of vertebra in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from southern Brazil. *Fishery bulletin*. **89**: 19-31.
- Filiz, H. & S. Mater. 2002. A preliminary study on length – weight relationships for seven elasmobranch from north Aegean Sea, Turkey. *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. **19**(3-4): 401-409.
- Francis, M. P. 1981. Von Bertalanffy growth rates in species of *Mustelus* (Elasmobranchii: Triakidae). *Copeia*. **1**:189–192.
- Frisk, M. G., Miller, T. J. & M. J. Fogarty. 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **58**: 969-981.
- Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2008. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (01/2008).
- Goldman, K.J. 2004. Age and growth of elasmobranch fishes. 97-131. En: Musick, J. & R. Bonfil (Eds.) *Elasmobranch Fisheries Management Techniques*. Asia Pacific Economic Cooperation. Singapore: 370 p.
- Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Phil. Trans. Royal Soc.* **182**: 513–585.

- Goosen, A. J. J. & M. J. Smale. 1997. A preliminary study of age and growth of the smoothhound shark *Mustelus mustelus* (Triakidae). *S. Afr. J. Mar. Sci.* **18**:85–91.
- Gruber, S.H. & R.G. Stout., 1983. Biological materials for study of age and growth in a tropical marine elasmobranch, the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, 193-205. En: Prince E.D. & L.M. Pulos (Eds). *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. Miami, Florida.* NOAA Tech. Rep. NMFS 8
- Jennings, S., M. J. Kaiser, and J. D. Reynolds. 2001. *Marine fisheries ecology.* Blackwell Science, Oxford, England. 417 p.
- Hernández-Becerril, D.U. 1985. Estructura del fitoplancton del Golfo de California. *Ciencias Marinas.* **2**: 23-38.
- Haddon, M. 2001. *Modeling and Quantitative Methods in Fisheries.* Chapman & Hall/ CRC Press. Florida, E.U. 406 pp.
- Helveston, L. 1999. Fisheries of the Northern Gulf of California. The oceanographic and biological environmental and fishery conservation. <http://www.masgc.org/director/gulfcalfisheries.htm>
- Holden, M.J. & D.F.S., Raitt. 1975. *Manual de ciencia. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación.* FAO, Doc. Téc. Pesca, No. 115. Rev.1:211 p.
- Lack, M. & G. Sant. 2006. *World shark catch, production and trade 1990-2003.* Australian Government and TRAFFIC report 28 p.
- Lavin, M.F. & S.G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. En: *Velasco-Fuentes O.U. (ed.) Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics.* 173-204.
- Lavín, M.F., V. Godínez & L.G. Alvarez. 1998. Inverse-estuarine features of the Upper Gulf of California. *Est. Coast. Shelf Sci.* **46**: 769-795.
- Lavín, M.F., R. Durazo, E. Palacios, M.L. Argote & L. Carrillo. 1997. Lagrangian observations of the circulation in the northern Gulf of California. *J. Physical Oceanogr.* **27**: 2298-2305.

- Lombardi-Carlson, L.A., E. Cortés, G.R. Parsons, & C.A. Manire. 2003. Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) from the eastern Gulf of Mexico. *Mar. Fresh. Res.* **54**: 875-883.
- Lluch-Cota S.E., E.A. Aragón-Noriega, F. Arreguín-Sánchez, D. Aurióles-Gamboa, J.J. Bautista-Romero, Brusca R.C., Cervantes-Duarte R., Cortés-Altamirano R., Del-Monte-Luna P., Esquivel-Herrera A., Fernández G., Hendrickx M.E., Hernández-Vázquez S., Herrera-Cervantes H., Kahru M., Lavín M., Lluch-Belda D., Lluch-Cota D.B., López-Martínez J., Marinote S.G., Nevárez-Martínez M.O., Ortega-García S., Palacios-Castro E., Parés-Sierra A., Ponce-Díaz G., Ramírez-Rodríguez M., Salinas-Zavala C.A., Schwartzlose R.A. & Sierra-Beltrán A.P. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography*. **73**: 1–26.
- Maluf, L.V. 1983. Physical Oceanography. 28 - 45. En: Case T. J. & M. L. Cody, (Eds.) *Island Biogeography in the Sea of Cortez*. U.C. Press, Berkeley.
- Márquez-Farías, F. 2000. Tiburones del Golfo de California, 237-257. En: *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y manejo 1999-2000*. México: INP, SEMARNAP.
- McAuley, R. & C. Simpfendorfer. 2003. Catch composition of the Western Australian temperate demersal gillnet and demersal longline fisheries, 1994 to 1999, Fisheries Research Report No. 146, Department of Fisheries, Western Australia, 78 p.
- Moulton, P.L., T.I. Walker & S.R. Saddler, 1992. Age and growth studies of gummy shark, *Mustelus antarcticus* Günther, and school shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus), from southern Australian waters.. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* **43**(5):1241-1267.
- Natanson, L. J., J. G. Casey & N. E. Kohler. 1995. Age and growth estimates for the duskyshark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*. **93**: 116-126.

- Natanson, L.J., J.J. Mello, & S.E. Campana. 2002. Validated age and growth of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean. *Fish.Bull.* **100**: 266-278.
- Neer, J.A., B.A. Thompson and J.K. Carlson. 2005. Age and growth of *Carcharhinus leucas* in the northern Gulf of Mexico: incorporating variability in size at birth. *Journal of Fish Biology.* **67**: 370-383.
- Musick, J.A. 2004. Shark Utilization, 223-236. En: Musick, J. y R. Bonfil (Eds). *Elasmobranch Fisheries Management Techniques*. Asia Pacific Economic Cooperation. Singapore: 370 p.
- Officer, R.A., A.S. Gason, T.I. Walker & J.G. Clement. 1996. Sources of variation in counts of growth increments in vertebrae from gummy shark, *Mustelus antarcticus*, and school shark, *Galeorhinus galeus*: implications for age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **53**: 1765-1777.
- Palacios-Hernández, E., E. Beier, M.F. Lavín, & P. Ripa. 2002. The effect of winter mixing on the circulation of the Northern Gulf of California. *J. Phys. Oceanogr.* **32**: 705-28.
- Pérez-Jiménez, J. C., O. Sosa-Nishizaki & J. L. Castillo-Geniz. 2005. A new Eastern North Pacific Smoothhound (Genus *Mustelus*, Family Triakidae) from the Gulf of California. *Copeia.* **4**: 834-845.
- Pérez-Jiménez, J. C. 2006. Biología y taxonomía de los tiburones del género *Mustelus* (Elasmobranchii) de la región norte del Golfo de California. Tesis de Doctorado. CICESE. 174 pp.
- Pérez-Jiménez, J. C. & O. Sosa-Nishizaki. 2008. Reproductive biology of the brown smoothhound shark, *Mustelus henlei*, in the northern Gulf of California, Mexico. *Journal of Fish Biology.* **73**: 782–792.
- Porter, M. E., Koob, T. J. & Summers, A. P. 2007. The contribution of mineral to the material properties of vertebral cartilage from the smooth-hound shark *Mustelus californicus*. *J.Exp. Biol.* **210**: 3319-332.
- Piercy, A N., T. S. Ford, Levy, L. M. & F. F. Snelson. 2006. Analysis of variability in vertebral morphology and growth ring counts in two Carcharhinid sharks. *Environ Biol of Fish.* **77**:401-406.

- Russo, R. A. 1975. Observations on the food habits of leopard sharks (*Triakis semifasciata*) and brown smoothhounds (*Mustelus henlei*). *California Fish and Game*. **61**: 95-103 p.
- 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. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 63 pp.
- Santana-Morales, O., J.L. Castillo-Géniz, O. Sosa-Nishizaki & C. Rodríguez-Medráno. 2004. Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes) que habitan las aguas del norte del Golfo de California. Reporte técnico. CICESE. 199p.
- Schwartz, F. J. 1983. Shark ageing methods and age estimation of scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, and dusky, *Carcharhinus obscurus*, sharks based on vertebral ring counts, 167-174. En: Prince y L. M. Pulos (Eds.) *Proceedings of the International Workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks*. E. D. NOAA Technical Report NMFS 8.
- Sidders, M.A., L.L. Tamini, J.E. Perez & G.E. Chiaramonte. 2005. Biología reproductiva del gatuzo *Mustelus schmitti* Springer, 1939 (Chondrichthyes, Triakidae) en el área de Puerto Quequén, Provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*. **7**: 89-101
- Sims, D.W. 2005. Differences in habitat selection and reproductive strategies of male and female sharks, 127-147. En: Ruckstuhl, K. & P. Neuhaus (Eds.) *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the two sexes* Cambridge: Cambridge University Press 488 p.
- Smith, S. E., D. W. Au, & C. Snow. 1998. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* **49**:663-678.
- Sokal R.R. y Rohlf F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed. W.H. Freeman, New York, 887 p.
- Springer S. 1967. Social organization of shark populations, 149-174. En: Mathewson PW & DP Rall (Eds.) *Sharks, skates and rays*. John Hopkins Press, Baltimore. 624 p.

- Stevens, J. D., R. Bonfil, N. K. Dulvy & P. A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*. **57**: 476-494.
- Talent, L. G. 1982. Food habits of the gray smoothhound, *Mustelus californicus*, the brownsnouthound, *Mustelus henlei*, the shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus*, and the bat ray *Myliobatis californica*, in Elkhorn Slough, California. *California Fish and Game*. **68**: 224-234.
- Yamaguchi A., T. Taniuchi & M. Shimizu. 1996. Age and growth of the starspotted dogfish *Mustelus manazo* from Tokyo Bay, Japan. *Fish., Sci.* **62**: 919– 922.
- Yamaguchi A., T. Taniuchi & M. Shimizu. 1999. Geographic variations in reproductive parameters of the starspotted dogfish, *Mustelus manazo*, from five localities in Japan and in Taiwan. *Environ. Biol. Fish.* **57**: 221– 233.
- Yudin, K. G. & Cailliet, G.M. 1990. Age and growth of the gray soothound, *Mustelus californicus*, and the brown smoothhound, *M. henlei*, sharks from central California. *Copeia*. **1**:191-204.
- Walker, T.I., B.L. Taylor, R.J. Hudson & J.P. Cottier. 1998. The phenomenon of apparent change of growth rate in gummy shark (*Mustelus antarcticus*) harvested off southern Australia. *Fish. Res.* **39**: 139-163.
- Wintner, S.P. and G. Cliff, 1999. Age and growth determination of the white shark, *Carcharodon carcharias*, from the east coast of South Africa. *Fish. Bull.* **97**(1):153-169.