



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN GATO
***Cephaloscyllium ventriosum* (GARMAN, 1880) EN**
BAHÍA TORTUGAS, B.C.S.

TESIS

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

PRESENTA
LCA. GUILLERMO ALBERTO PASILLAS LÓPEZ

LA PAZ, BCS, JUNIO 2019



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 10 del mes de Junio del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN GATO *Cephaloscyllium ventriosum*
(GARMAN, 1880) EN BAHÍA TORTUGAS, B.C.S."

Presentada por el alumno:

PASILLAS Apellido paterno	LÓPEZ materno	GUILLERMO ALBERTO nombre(s)							
		Con registro: <table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>1</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>4</td> </tr> </table>	A	1	7	0	8	8	4
A	1	7	0	8	8	4			

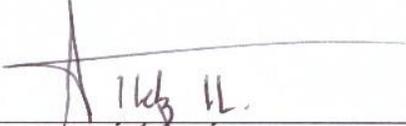
Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

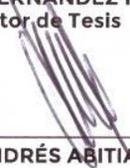
Directores de Tesis



DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA
Director de Tesis



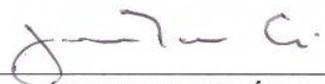
DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA
2º. Director de Tesis



DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

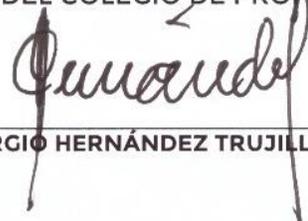


M en C. FELIPE NERMELO BARRERA



DR. JAVIER TOVAR ÁVILA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 13 del mes de Junio del año 2019

El (la) que suscribe LCA. GUILLERMO ALBERTO PASILLAS LÓPEZ Alumno (a) del Programa
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A170884 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA Y DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN GATO *Cephaloscyllium ventriosum*

(GARMAN, 1880) EN BAHÍA TORTUGAS, B.C.S."

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: memopasillaslopez@yahoo.com.mx - aherrera@ipn.mx - galvan.felipe@gmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

LCA. GUILLERMO ALBERTO PASILLAS LÓPEZ

Nombre y firma del alumno

DEDICATORIA

A Dulce mi esposa, que enfrentó el dejarlo todo por acompañarme en esta gran aventura, por tu apoyo incondicional en todos los aspectos y aguante. Tú formas parte de este trabajo. Gracias infinitas mochis ¡Te amo!

A Nicole y Leah quienes son lo mejor que me ha pasado. Ustedes dos son lo que más me inspiran para dar lo mejor de mí día a día. ¡Las amo con todo mi corazón!

A Laura y Guillermo, por ser unos padres ejemplares a quienes admiro mucho y que, gracias a su apoyo, se logró esto. ¡Este trabajo también es por ustedes!

A Omar y Edgar, mis hermanos, que hemos pasado por momentos buenos, malos y extraordinarios. ¡Los quiero mucho!

Al Dr. Agustín Hernández Herrera y al Dr. Felipe Galván Magaña porque desde mi propuesta de hacer Maestría con ustedes, recibí un sí de inmediato. ¡Gracias por todo el apoyo y la oportunidad de realizar un sueño de conocer un poco más sobre estos fascinantes organismos llamados tiburones, algo, que veía cada vez más difícil!

A todos aquellos que de alguna manera forman parte de este trabajo tan especial para mí.

AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) por abrir sus puertas hacia mi persona y darme la oportunidad de hacer realidad lo que empezó como un sueño.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado para la realización de Maestría, sin esto, no hubiera sido posible.

A los proyectos de Tiburones y Rayas de CICIMAR, así como de Edad y Crecimiento de elasmobranquios en el área de Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Al Dr. Agustín Hernández Herrera, a quien admiro y respeto profundamente, le agradezco enormemente por permitirme formar parte de su equipo. Gracias también por su confianza, tiempo, atenciones y paciencia que tuvo hacia conmigo para la realización de la tesis. ¡Gracias infinitas Dr. Agustín!

Al Dr. Felipe Galván Magaña por su amabilidad y motivación que siempre me brindó para seguir adelante. ¡Muchas gracias Doc!

Al M. en C. Felipe Neri Melo Barrera por atenderme cada vez que lo necesité, así como sus puntos de vista, importantes comentarios y pertinentes observaciones en la tesis. ¡Muchas gracias maestro Felipe!

Al Dr. Javier Tovar Ávila, que, a pesar de la distancia, siempre estuvo dispuesto a orientarme y darme consejos sobre mis constantes dudas. ¡Muchas gracias Dr. Javier!

Al Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas por sus oportunas observaciones a la tesis. ¡Muchas gracias Dr. Leonardo!

Al Dr. Jaime Paz Soldán del laboratorio Dental X y a su equipo de trabajo por su disposición y amabilidad en la realización de rayos X y tomografías computarizadas a las vértebras cervicales de *C. ventriosum*. ¡Muchas gracias!

Al equipo de laboratorio de ecología de peces CICIMAR-IPN por la asesoría brindada en el procesamiento de las muestras. ¡Muchas gracias!

A mi amigo Héctor Fernando González Jiménez por el apoyo en la elaboración de mapas. ¡Muchas gracias mi buen Fer!

A las personas que en su momento me apoyaron con sus consejos e información:
Armando, Alain, Fabián, Kathy, Maythé, Jorge, Diego. ¡Muchas gracias!

A Airam, Alain, Chuy, Julio, Jaime; por la gran amistad que nació durante este
proceso. ¡Muchas gracias!

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
GLOSARIO	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. OBJETIVOS	11
4.1 OBJETIVO GENERAL	11
4.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	11
5. MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1 Área de estudio y trabajo de campo.....	11
5.2 Trabajo de campo	13
5.3 Trabajo de laboratorio y procesamiento de datos	14
5.3.1 Limpieza, medición de diámetro de vértebras (DV) y relación entre DV-LT.	14
5.3.2 Identificación de marcas de crecimiento	14
5.3.2.1 Cortes longitudinales.....	14
5.3.2.2 Tinción	15
5.3.2.3 Rayos X	16
5.3.2.4 Tomografía computarizada	17
5.3.2.5 Imágenes digitales de vértebras húmedas.....	18
5.3.2.5.1 Vértebras completas	18
5.3.3 Conteo de las marcas de crecimiento	19

5.4	Estimación de la edad.....	20
5.4.1	Precisión de las lecturas de marcas de crecimiento	20
5.5	Validación de la edad.....	21
5.5.1	Periodicidad de formación de marcas de crecimiento.....	21
5.5.2	Estructura de edades	21
5.5.3	Descripción del crecimiento	22
5.6	Comparación entre modelos de crecimiento.....	23
6	RESULTADOS.....	24
6.1	Estructura de tallas	24
6.2	Relación entre el diámetro de la vértebra (DV) y longitud total (LT)	26
6.3	Identificación de marcas de crecimiento	27
6.3.1	Cortes longitudinales.....	27
6.3.2	Tinción	28
6.3.3	Rayos X	29
6.3.4	Tomografía computarizada	30
6.3.5	Imágenes digitales de vértebras húmedas.....	31
6.4	Estimación de la edad.....	34
6.5	Validación de la edad.....	36
6.5.1	Periodicidad de formación de marcas de crecimiento.....	36
6.6	Estructura de Edades.....	37
6.7	Crecimiento individual.....	38
7	DISCUSIÓN	42
7.1	Estructura de tallas y proporción sexual	42
7.2	Relación entre el diámetro de la vértebra (DV) y longitud total (LT)	43
7.3	Identificación de marcas de crecimiento	44

7.3.1	Corte longitudinal	44
7.3.2	Tinción	44
7.3.3	Rayos X	45
7.3.4	Tomografías computarizadas.....	45
7.3.5	Vértebras completas y cortes longitudinales de vértebras húmedas	46
7.4	Determinación de la edad.	46
7.5	Periodicidad de formación de marcas de crecimiento.....	47
7.6	Estructura de edades	47
7.7	Crecimiento individual	48
8	CONCLUSIONES.....	50
9	RECOMENDACIONES	50
10.	LITERATURA CITADA.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de distribución de <i>Cephaloscyllium ventriosum</i>	2
Figura 2. Vista dorsal de <i>C. ventriosum</i>	4
Figura 3. (a) Fluorescencia de <i>C. ventriosum</i> presentado con una longitud de onda de 450-500 nm. (b) Organismo en condiciones normales con luz blanca (Gruber <i>et al.</i> , 2016).	5
Figura 4. Área de estudio. El recuadro en color negro señala la zona donde se encuentra ubicada Bahía Tortugas, BCS.	12
Figura 5. Esquema de corte longitudinal.....	15
Figura 6. Parte del equipo Corix medical systems. El círculo rojo señala el área de escaneo.....	16
Figura 7. Tablilla periapical (2x3 cm).	17
Figura 8. Parte del equipo HYPERION X9. El círculo color negro representa el área de exposición.....	17
Figura 9. Izquierda: Equipo de tomografía computarizada HYPERION modelo X9. Derecha: Vértebras de <i>C. ventriosum</i> sobre la tarjeta en el área de escaneo.	18
Figura 10. Estructura de tallas de la muestra original de <i>C. ventriosum</i>	25
Figura 11. Estructura de tallas de organismos de los que se obtuvieron vértebras de <i>C. ventriosum</i>	26
Figura 12. Relación entre el diámetro de la vértebra y la talla (DV-LT) de machos y hembras de <i>C. ventriosum</i>	27
Figura 13. a) Corte longitudinal (0.4 mm de grosor) bajo luz reflejada, b) Corte longitudinal de 0.5 mm de grosor bajo luz reflejada, c) Corte longitudinal de 0.4 mm de grosor bajo luz transmitida, d) Corte longitudinal de 0.3 mm de grosor bajo luz reflejada.....	28
Figura 14. Resultado de las tinciones con diversos colorantes: a) y e) Nitrato de plata 100%, b) Fucsina ácida al 1%, c) Verde claro 1%, d) Rojo de alizarina 1%, f) Azul de metileno 0.01%, g) Carboncillo de lápiz #2 y h) Maquillaje facial.	28
Figura 15. Radiografías de vértebras de <i>C. ventriosum</i> obtenida de la placa periapical. Tiempo de exposición: a) 10 s, b) 11 s, c) 12 s y d) 13 s.	29

Figura 16. Radiografías de vértebras de <i>C. ventriosum</i> obtenida de la placa carpal. Tiempo de exposición: 3.6 s.	29
Figura 17. Tomografía computarizada de las vértebras cervicales de <i>C. ventriosum</i> obtenidas.	30
Figura 18. Tomografía computarizada HD de una misma vértebra. Izquierda: vista superior. Derecha: Vista lateral.	30
Figura 19. Corte longitudinal (Cervantes-Gutiérrez, 2017) (a) y TC HD (b) de vértebras del mismo individuo de <i>Zapterix exasperata</i> , donde se identificaron 12 y 11 marcas de crecimiento respectivamente.	31
Figura 20. Vértebra húmeda sin ajuste (a) y con ajuste (b) por medio de Adobe Photoshop 2016.	31
Figura 21. Marcas de crecimiento observadas en vértebras <i>C. ventriosum</i> que permanecieron en agua durante cinco horas a 60°C.	32
Figura 22. Comparación marcas observadas en una misma vértebra de <i>C. ventriosum</i> . izquierda: Vértebra completa sumergida en agua durante cinco horas. Derecha: TC HD.	32
Figura 23. Cortes longitudinales en vértebras de distintos organismos de <i>C. ventriosum</i> sumergidas en agua durante cinco horas, a una temperatura inicial de 60 °C.	33
Figura 24. Vértebra de <i>C. ventriosum</i> cortada longitudinalmente. Foco (F), Corpus Calcareum (CC), Intermedialia (I), Banda Opaca (BO), Banda Translúcida (BT), Marca de Nacimiento (MN).....	33
Figura 25. Vértebra de <i>C. ventriosum</i> con seis marcas de crecimiento.	34
Figura 26. Gráfico de sesgo entre la primera y segunda lectura del lector 2 (n=131). .	35
Figura 27. Gráfico de sesgo entre lectores (n=131).....	35
Figura 28. Temporalidad de captura para ambos sexos de <i>C. ventriosum</i> (n=131). ...	36
Figura 29. Estructura de edades de <i>C. ventriosum</i> para ambos sexos.	38
Figura 30. Curva de crecimiento para hembras de <i>C. ventriosum</i> (n=77).	39
Figura 31. Curva de crecimiento para machos de <i>C. ventriosum</i> (n=48).....	40
Figura 32. Curva de crecimiento para sexos combinados de <i>C. ventriosum</i> (n=125)...	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Procedimientos para llevar a cabo las pruebas de tinción.	15
Tabla 2. Modelos de crecimiento aplicados a los datos de las hembras de <i>C. ventriosum</i> . En negritas se resalta el modelo con el mejor ajuste.	39
Tabla 3. Modelos de crecimiento aplicados a los datos de machos de <i>C. ventriosum</i> . En negritas se resalta el modelo con mejor ajuste.....	40
Tabla 4. Modelos de crecimiento aplicados a los datos de sexos combinados de <i>C. ventriosum</i> . En negritas se resalta el modelo con mejor ajuste.....	41

GLOSARIO

Banda opaca: Zona de la vértebra que por su composición densa (mayor concentración de carbonatos) impide el paso de la luz y se asocia a periodos de rápido crecimiento y se tiende a depositar en verano o meses cálidos. (Cailliet *et al.*, 1983; Cailliet y Goldman, 2004).

Banda translúcida: Zona de la vértebra que permite el paso de luz, se asocia a periodos de crecimiento lento y tiende a depositarse en invierno o meses fríos (Cailliet *et al.*, 1983; Cailliet y Goldman, 2004).

centrum: Zona de la vértebra donde se forman las bandas concéntricas de crecimiento en condriictios (Cailliet y Goldman, 2004).

Corpus calcareum: Parte más calcificada en las vértebras de los elasmobranquios y en un corte longitudinal de la vértebra, la parte externa (Ashley y Chiasson, 1988).

Corte sagital: Porción que se toma de la vértebra para estimar la edad (Cailliet y Goldman, 2004).

Crecimiento: Incremento en el tamaño de un organismo, ya sea de longitud, peso o talla (e.g. altura de un humano, largo de las uñas, grosor de masa corporal; Sánchez-Cota, 2016).

Edad: Tiempo que ha vivido un organismo, desde el nacimiento hasta el momento en el que se determina su edad (pueden ser años, meses, semanas o días; Sanchez-Cota, 2016).

Foco: Parte central de una estructura, en este caso la vértebra que será analizada (Wilson *et al.*, 1983).

Grupo de edad: Grupo de organismos de una edad determinada (e.g. Grupo de edad 1: Todos los organismos que tienen solo una marca sin contar la de nacimiento; edad que tenemos en años; Sánchez-Cota, 2016).

Incremento marginal: Método útil para validar la periodicidad de la formación de bandas de crecimiento (Panfili *et al.*, 2002).

Intermedialia: Zona menos calcificada de la vértebra, es la región más interna si se observa en cortes longitudinales (Ashley y Chiasson, 1988).

Marca de crecimiento: Anillo concéntrico presente en la vértebra conformado por una banda opaca y una translúcida (Cailliet y Goldman, 2004).

Marca de nacimiento: Marca que se encuentra más próxima al foco donde se observa un cambio de ángulo en el eje de la vértebra como resultado de un crecimiento lento posnatal en comparación al crecimiento rápido intrauterino (Casey *et al.*, 1985). En el presente estudio, al no observar un cambio de ángulo, se consideró la primera marca completamente formada a partir del foco.

Precisión: Repetición de las mediciones en una misma estructura (Panfili *et al.*, 2002).

Retrocálculo: Método que permite asignar talla a un organismo a edades pretéritas, utilizando para ello, la relación del crecimiento de alguna estructura dura (vértebras, espinas, escamas u otolitos, etc.) (Cailliet y Goldman, 2004).

Tasa de crecimiento: Medida del cambio en el tamaño de un organismo en función del tiempo (DeVries y Frie, 1996).

Tinción: Es la utilización de sustancias colorantes para lograr el contraste suficiente entre los distintos componentes de la célula y los tejidos, para así poderlos diferenciar a simple vista o con el microscopio.

Validación: Método(s) que permite(n) confirmar la unidad temporal del crecimiento en la estructura. Se utilizan para determinar la exactitud en las estimaciones de edad respecto a la edad verdadera (e.g. marcaje y recaptura, marcaje con OTC y recaptura, análisis de incremento marginal) (Campana, 2001; Cailliet y Goldman, 2004).

Verificación: Confirmación de la estimación de edad comparado con otros métodos indeterminados (Cailliet, 1990).

RESUMEN

Cephaloscyllium ventriosum, conocido también como tiburón gato, pertenece a la familia Scyliorhinidae, se distribuye en el Océano Pacífico Oriental, es bentónica y de hábitos nocturnos, con un conocimiento limitado sobre sus parámetros biológicos. La edad y crecimiento son características biológicas de suma importancia, ya que permiten comprender la dinámica de las poblaciones y predecir el cambio que tendrán en el tiempo, así como el efecto producido por diversas perturbaciones incluyendo la pesca, lo cual es indispensable para un manejo pertinente de las pesquerías. En el presente estudio se estimó la edad y se describió el crecimiento individual de *C. ventriosum* a partir del análisis de 146 organismos (93 hembras y 53 machos) capturados por la pesquería artesanal de Bahía Tortugas, BCS, de 2013 a 2017. Se obtuvo una estructura de tallas para hembras de 48 a 94 cm LT y de 48 a 86 cm LT para machos, con diferencias significativas entre sexos (K-S; $p < 0.05$) y entre la proporción sexual (1.75H:1M) respecto a una proporción 1:1 ($X^2 = 10.95$; $p < 0.05$). Se utilizaron distintas técnicas para identificar las marcas de crecimiento como cortes sagitales, tinciones, rayos X y tomografías computarizadas. El mejor resultado se obtuvo por medio de vértebras cortadas longitudinalmente sumergidas en agua y con luz reflejada. Se encontró una relación lineal positiva entre el tamaño de la vértebra y la talla de los organismos, sin que el sexo tuviera un efecto en esta relación. No se logró identificar una periodicidad en la formación de marcas de crecimiento, asumiéndose la formación anual. Con base en lo anterior se estimó una estructura de edades para hembras de 3 a 11 años y de 2 a 12 años para machos con una diferencia significativa entre sexos (K-S; $p < 0.05$). Basados en el criterio de información de Akaike, los modelos de crecimiento que obtuvieron el mejor ajuste fueron: para hembras el logístico; para machos von Bertalanffy de dos parámetros y para sexos combinados el modelo de Gompertz de dos parámetros.

Palabras clave: *Cephaloscyllium ventriosum*, Bahía Tortugas, edad y crecimiento, tomografía computarizada, rayos X, cortes longitudinales, vértebras húmedas, modelo de crecimiento logístico, modelo de crecimiento von Bertalanffy de dos parámetros, modelo de crecimiento Gompertz de dos parámetros.

ABSTRACT

Cephaloscyllium ventriosum, also known as cat shark, belongs to the family Scyliorhinidae, is distributed in the eastern Pacific Ocean, benthic and nocturnal habits, with limited knowledge about its biological parameters. Age and growth are very important biological characteristics, since they integrate the dynamics of the populations and predict the change that occurs over time, as well as the effect produced by the various disturbances including fishing, which is essential for an appropriate management of fisheries. In the present study, age was estimated and the individual growth of *C. ventriosum* was described. From the analysis of 146 organisms (93 females and 53 males) captured by the artisanal fishery of Bahía Tortugas, BCS., from 2013 to 2017. A size structure was obtained for females from 48 to 94 cm TL and from 48 to 86 cm TL for males, with significant differences between sexes (KS; $p < 0.05$) and between the sex ratio (1.75H: 1M) with respect to a proportion 1:1 ($X^2 = 10.95$, $p < 0.05$). Different techniques were used to identify growth marks such as sagittal slices, X-rays, and computed tomography scans. The best result was obtained by means of vertebrae cut longitudinally submerged in water and with reflected light. A positive linear relationship has been found between the size of the vertebra and the size of the organisms, without sex having an effect in this relationship. It was not possible to identify a periodicity in the formation of growth bands, assuming annual formation. Based on the above, an age structure was estimated for females from 3 to 11 years and from 2 to 12 years for males with significant difference between sexes (K-S; $p < 0.05$). Based on the Akaike information criterion (AIC), growth model that obtained a better fit for females was the logistic, for males was von Bertalanffy two parameters growth model and for sex combined was Gompertz two parameters growth model.

Key words: *Cephaloscyllium ventriosum*, Bahía Tortugas, age and growth, computerized tomography, X ray, longitudinally cut vertebrae, moist vertebrae, logistic growth model, von Bertalanffy two parameter growth model, Gompertz two parameter growth model.

1. INTRODUCCIÓN

Cephaloscyllium ventriosum (Garman, 1880), conocido también como tiburón gato pertenece al orden Carcharhiniformes y a la familia Scyliorhinidae. Los tiburones gato suelen ser pequeños, habitando zonas profundas en aguas con bajas temperaturas. Asimismo, constituyen una familia numerosa presentando, alrededor de 100 especies reconocidas (Castro, 2011).

El género *Cephaloscyllium* es un género en expansión, con cuatro especies que se han descrito desde 1966 y al menos siete especies actualmente reconocidas y en estudio (Last y Stevens 1994; Compagno *et al.*, 2005). *C. ventriosum* es la única especie de un total de 18 dentro de su género (Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008a; Nakaya *et al.*, 2013), reconocida como endémica del Océano Pacífico Oriental, con una distribución geográfica que abarca desde Bahía de Monterey en California, EUA, hasta el sur de México, con presencia dentro del Golfo de California y con reportes en la parte central de Chile (Ebert, 2003; Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008b; Castro, 2011) (Fig. 1).

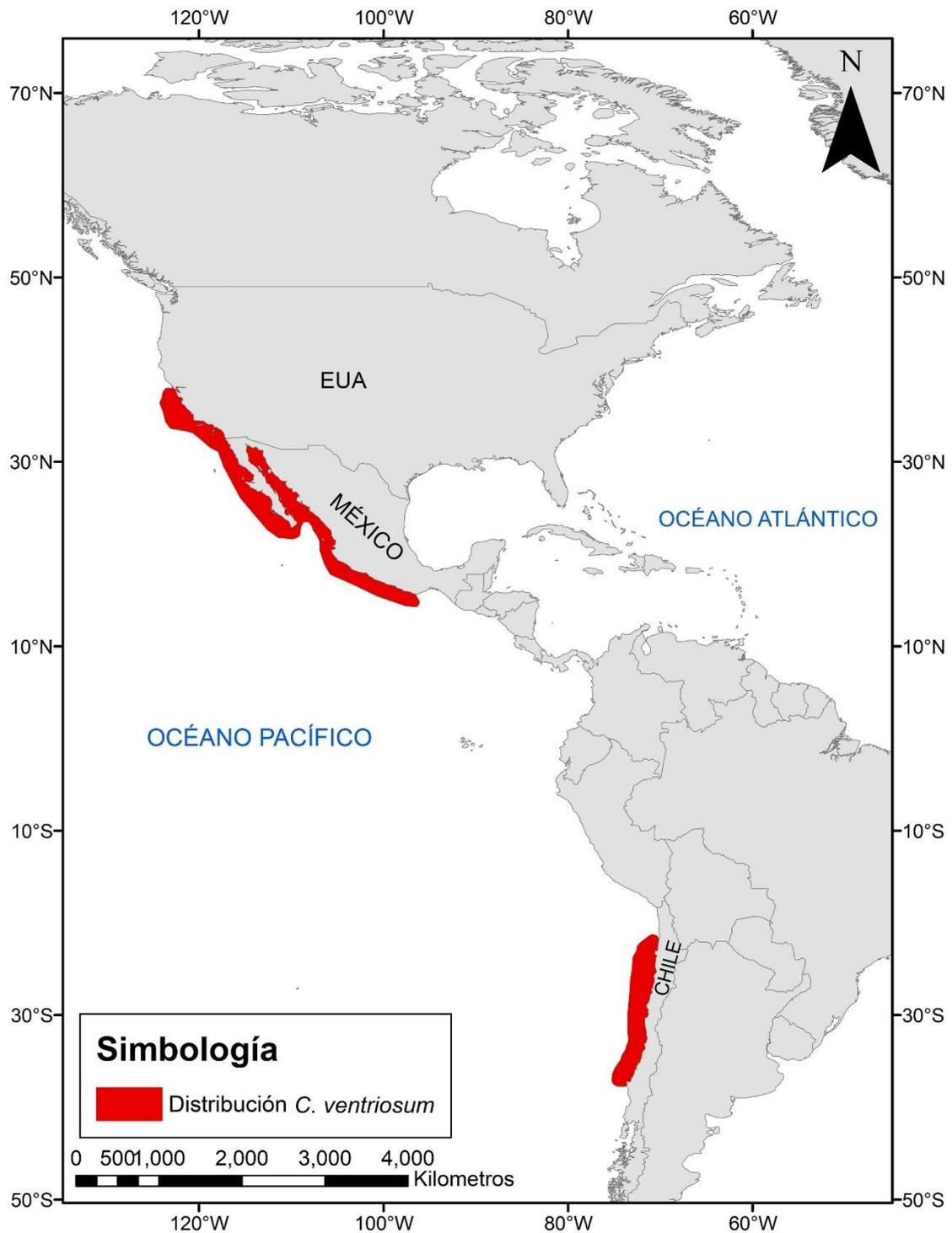


Figura 1. Área de distribución de *Cephaloscyllium ventriosum*.

Los tiburones pertenecientes a esta familia son considerados pesca incidental y representan aproximadamente el 1% de la captura que se realiza con red de enmalle en la costa occidental del Océano Pacífico (Ramírez-Amaro *et al.*, 2013); sin embargo, en

México) su captura se registra en el grupo “cazón” (que incluye a todas las especies e individuos menores a 1.5 m de longitud), lo que ocasiona que no se tenga un registro específico de su captura que permita la estimación de su abundancia. Se ha reportado que las poblaciones de *C. ventriosum* que rodean a la Isla Catalina, Cal. EUA, decrecieron en un periodo de 20 años, lo cual se atribuyó al incremento de la temperatura superficial del agua debido a los eventos del fenómeno “El Niño” (Strong, 1989; Ebert, 2003).

Poco se conoce de la biología de esta especie, y específicamente en lo que se refiere a la edad y modelar el crecimiento, no existen estudios previos. Por lo que en este trabajo se planteó determinar la edad y estimar el crecimiento por primera ocasión para la especie a través de las marcas observadas en las vértebras cervicales y seleccionando el modelo que mejor ajustó a los datos desde un enfoque multimodelo; lo anterior con el objetivo de contribuir al conocimiento de la biología y estimar otros importantes parámetros poblacionales, como la longevidad de la especie, la edad de primera captura y la edad de primera madurez que son utilizados en modelos demográficos o de riesgo ecológico.

2. ANTECEDENTES

Etimológicamente el nombre de género *Cephaloscyllium* deriva del griego “*kephale*” que significa cabeza y “*skylion*” que significa cazón (Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008a). Para la especie, el nombre “*ventriosus*” proviene del latín, que significa hinchar, referido al nombre común y su capacidad de inflar su estómago con agua o aire (Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008b). La especie conserva una sinonimia con *Cautulus uter* o *Cephaloscyllium uter* (Da Silva y Ebert, 2008b). El género *Cephaloscyllium* se diferencia dentro la misma familia Scyliorhinidae por no tener surcos labiales, una segunda aleta dorsal de menor tamaño que la primera y crestas supraorbitales en el cráneo (Compagno, 1984; Inoue y Nakaya, 2006; Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008a). El tiburón gato (Fig. 2), se caracteriza por presentar el origen de la primera aleta dorsal inmediatamente después del origen de la aleta pélvica; así como aletas pectorales, aletas pélvicas anchas, ojos ovalados sin presencia de glándula nictitante. Los dientes son pequeños, con multicúspides en ambas mandíbulas (Castro, 2011). Se tiene reportado un total de 109 vértebras en la columna vertebral de la especie (Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008b).



Figura 2. Vista dorsal de *C. ventriosum*.

Cephaloscyllium ventriosum es una especie sedentaria, que habita comúnmente los fondos rocosos y los bosques algales de aguas templadas con profundidades entre 5-37 metros; sin embargo, puede alcanzar profundidades de hasta 500 m (Grover, 1970; Nakaya, 1975; Compagno, 1984; Castro, 2011). Es un organismo nocturno, que se alimenta generalmente de peces pequeños, invertebrados y moluscos (Grover, 1970; Nelson y Johnson, 1970; Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008b). Sin embargo, Baró-Camarasa (2016), reportó que *C. ventriosum* se alimenta preferentemente de *Hemisquilla californiensis* y *Octopus bimaculatus*.

Cephaloscyllium ventriosum es ovíparo, y se desconoce el número de huevos que produce anualmente, aunque organismos de la familia Scyliorhinidae ponen hasta 60 huevos al año (Bernal-Pérez, 2017). Se ha reportado que las crías pueden eclosionar entre 7.5 y 12 meses de gestación (Castro, 1983; 2011), dependiendo de la temperatura del agua. Los huevos pueden medir entre 9-12.5 cm de longitud y de 2.8-5.5 cm de ancho. Los tendrilos que sujetan al huevo, miden de 2 hasta 80 y 120 cm (Cox, 1963). Ebert (2003), asegura que las hembras solo ponen un huevo por oviducto a la vez.

Esta especie alcanza una longitud máxima de hasta 110 cm (Castro, 1983). Bernal-Pérez (2017), reporta que las hembras en la misma zona de estudio del presente trabajo maduran a una talla de 78.38 cm LT, mientras que los machos alcanzan la madurez sexual a los 74.24 cm LT. Los huevos de esta especie pueden ser recolectados o producidos en cautiverio, debido a que son tiburones fecundos y su crianza sucede con gran éxito ornamentalmente, de manera que los animales de edad conocida pueden ser utilizados para experimentos (Ferry-Graham, 1997). Feldheim *et al.* (2016), muestra que *C. ventriosum* se puede reproducir en cautiverio por medio de partenogénesis.

Cephaloscyllium ventriosum puede expandir su tamaño tragando agua o aire en su cavidad celómica, probablemente como una respuesta defensiva a los depredadores (Nelson y Johnson, 1970). Experimentos llevados a cabo en la Isla Santa Catalina, Cal. EUA, indican que, para detectar a su presa, depende de electrorecepción. *C. ventriosum* presenta características de fluorescencia como un avanzado sistema visual, absorbiendo energía azul a distinta longitud de onda que se presenta en su ambiente y es reemitida con una menor longitud de onda, dando como resultado un color verde fluorescente, visible para el humano (Fig. 3) (Gruber *et al.*, 2016). Esta especie suele coincidir con organismos de su misma especie durante la mayor parte del tiempo en presencia de luz solar, incluso pueden interactuar estando en grupos de varios organismos uno encima de otro (Gruber *et al.*, 2016).



Figura 3. (a) Fluorescencia de *C. ventriosum* presentado con una longitud de onda de 450-500 nm. (b) Organismo en condiciones normales con luz blanca (Gruber *et al.*, 2016).

En general, el método más utilizado para estimar la edad en elasmobranquios es la lectura o conteo de marcas de crecimiento en las vértebras, o en espinas de aquellas especies que las presentan (Cailliet *et al.*, 1983). Estas estructuras son adecuadas para la estimación de la edad y descripción del crecimiento somático debido a que su crecimiento se debe a un proceso continuo del depósito de calcio (Simkiss, 1974; Clement, 1992; Officer *et al.*, 1997). Estas marcas de crecimiento son el resultado del conjunto de una banda opaca y una banda translúcida, las cuales crecen en forma radial alrededor del foco en función de los cambios metabólicos a través del tiempo (Ehrhardt, 1981).

Para *C. ventriosum* no se tienen estudios previos en edad y crecimiento, sin embargo, actualmente existe información al respecto sobre especies pertenecientes a la familia Scyliorhinidae, ejemplo de ello es el trabajo realizado por Ivory *et al.* (2005), quienes determinan la edad, crecimiento y reproducción de *Scyliorhinus canicula*. Analizaron cortes sagitales teñidos con cristal violeta en vértebras de la zona torácica en 310 machos y 435 hembras. Las marcas de crecimiento se observaron en el *corpus calcareum* (CC), donde las hembras obtuvieron un intervalo de edad de 0 a 12 años y los machos de 0 a 11 años. Estimaron una periodicidad anual de marcas de crecimiento. En sus resultados observaron que los machos de *S. canicula* obtuvieron una constante de crecimiento (k) menor y una longitud asintótica (L_{∞}) mayor en comparación con las hembras (machos: $L_{\infty}=87.42$, $k=0.118$ y $t_0=-1.09$ y en hembras $L_{\infty}=75.14$, $k=0.150$ y $t_0=-0.96$).

Rodríguez-Cabello *et al.* (2005), analizó el crecimiento de *S. canicula* basado en datos de marcaje y recaptura, utilizando siete modelos de crecimiento basados en los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (1938), encontrando que para sexos combinados el mejor ajuste de acuerdo al criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés) fue el de Kirkwood y Sommers con error en el modelo (1984) ($L_{\infty}=64.5$ cm, $k=0.27/\text{año}$, $t_0=-0.62$), sin embargo, los autores consideraron que si bien el AIC es adecuado para escoger el mejor modelo, se debe también considerar el conocimiento previo para la especie; por lo que para ellos el modelo que mejor describió el crecimiento para sexos combinados fue Gulland y Holt (1959) ($L_{\infty}=69.3$ cm, $k=0.21/\text{año}$, $t_0=-0.76$). También encontraron que los machos presentaron longitudes mayores a las hembras, pero consideraron que las estimaciones de L_{∞} no fueron consistentes, debido que en algunos modelos los valores de L_{∞} fueron mayores para las hembras. La longevidad que estimaron para *S. canicula* fue de 17 años.

Baptista *et al.* (2010), determinaron la edad y crecimiento de *Galeus melastomus*, tiburón que pertenece a la familia Scyliorhinidae y se distribuye en el Océano Atlántico. *G. melastomus* exhibe una vértebra con conicidad profunda, muy pequeña y con un grado limitado de calcificación, lo que provocó que las técnicas comunes para evidenciar las marcas de crecimiento fueran poco útiles. Baptista *et al.* (2010), utilizaron distintos reactivos (ácido nítrico, rojo de alizarina, hematoxicilina, nitrato de cobalto modificado y

cristal violeta) para mejorar la visualización de las marcas de crecimiento. El mejor resultado se logró en cortes longitudinales (mitad de vértebra y en cortes sagitales de 500 μm de grosor), sumergiendo el corte en nitrato de cobalto entre 12 y 24 horas. Se observó una relación lineal positiva entre la longitud cónica de la vértebra y el crecimiento individual del organismo. Los autores utilizaron cuatro modelos de crecimiento para observar cuál de ellos mostraba el mejor ajuste con los datos obtenidos (VBGF, VBGF con L_0 , Gompertz y logístico). Los modelos de VBGF y logístico dieron valores de L_∞ no razonables biológicamente. Como resultados se obtuvo que las tasas de crecimiento fueron más bajas para las hembras en comparación a los machos; las longevidades estimadas fueron de 14 años para machos y 17 años para hembras. En el estudio no se logró validar la edad y se asumió que el periodo de formación de marcas de crecimiento fue anual.

Gennari y Scacco (2007), registraron las primeras estimaciones en la edad y crecimiento del tiburón *Etmopterus spinax* (Familia: Etmopteridae) proveniente del mar Mediterráneo. Para elucidar las bandas de crecimiento hicieron uso modificado del método propuesto por Hoenig (1988), que se basa principalmente en un proceso de descalcificación por medio de nitrato de cobalto y una solución ácido-agua. La relación RV-LT que observaron fue lineal positiva en ambos sexos; los grupos de edad que identificaron en hembras fue de 0 a 9 años y de 0 a 7 años para machos; al no lograr observar una periodicidad en la formación de marcas de crecimiento, asumieron un periodo anual. Para la estimación del crecimiento en *E. spinax* se utilizó la ecuación de von Bertalanffy de manera separada para cada sexo, obteniendo para machos una $L_\infty = 39.43$ cm, $k = 0.19$ y $t_0 = -1.41$, $L_0 = 9.27$ cm y una longevidad estimada (Fabens, 1965), de 18.24 años y para hembras $L_\infty = 45$ cm, $k = 0.16$ y $t_0 = -1.09$, $L_0 = 7.2$ cm y una longevidad estimada de 21.66 años, concluyendo que *E. spinax* es un tiburón de larga vida donde las hembras alcanzan edades mayores que los machos.

Las vértebras de *C. ventriosum* se caracterizan por ser muy pequeñas, presentar una forma cónica, con poca calcificación y la parte externa de la vértebra tiende a doblarse al mismo tiempo que el organismo crece. Esto sucede con otras especies de tiburones como *E. spinax*, *E. baxteri*, *G. melastomus*, *G. galeus*.

Una de las técnicas utilizadas para identificar las marcas de crecimiento en elasmobranchios han sido los rayos X (Ferreira y Vooren, 1991; Officer *et al.*, 1996), y las micro-tomografías computarizadas (Geraghty *et al.*, 2012); ejemplo de ello, es el estudio de edad y crecimiento del tiburón ballena *Rhincodon typus* en el noroeste del Océano Pacífico elaborado por Hua-Hsun *et al.* (2014), quien por medio de rayos X, bajo una intensidad de 40-60 kV y de 16 a 32 mAs, y exposición de la muestra de 3 a 5 veces, lograron observar las marcas de crecimiento en las vértebras del área truncal de 43 machos y 30 hembras; comparando lo observado entre corte sagital, vértebra completa y rayos X obtuvieron un conteo máximo de 25 pares de bandas en una hembra de 6.38 m LT y de 42 pares de bandas para un macho de 9.88 m LT. En el crecimiento individual el mejor ajuste se observó con el modelo de von Bertalanffy de dos parámetros ($L_{\infty} = 16.80$ m TL, $k = 0.037$ año⁻¹), identificando una periodicidad bianual en la formación de pares de bandas de crecimiento, dando como resultado la primera estimación en el crecimiento de esta especie en aguas de Taiwán (antes de la prohibición de captura en el 2007).

Shoou-Jeng *et al.* (2015), en su estudio de edad y crecimiento del tiburón oscuro, *Carcharhinus obscurus* en el Noroeste del Océano Atlántico, utilizaron rayos X en cortes laterales de vértebras de 185 hembras y 249 machos, bajo la condición de 32.5-42.5 kV, 0.5 mA, durante 3-4 minutos dependiendo del tamaño de la vértebra, obteniendo edades para machos de hasta de 24 y 29 años para hembras; la periodicidad en la formación de marcas de crecimiento que identificaron fue anual y el modelo que mejor describió el crecimiento en ambos sexos fue el de Robertson (logístico) (1923), con $L_{\infty} = 369.4$ cm, $k = 0.126$ año⁻¹.

Joung *et al.* (2017), analizaron el patrón de distribución, edad y crecimiento a 318 machos, 295 hembras y 915 no sexados del tiburón azul *Prionace glauca* en el sur del Océano Atlántico; para leer las marcas de crecimiento en vértebras del pedúnculo caudal, utilizaron rayos X, a una intensidad de 36 kV y 25 mA durante 2.5 minutos. Las imágenes obtenidas se colocaron en un negatoscopio, donde se tomaron imágenes digitales. Los resultados indicaron una periodicidad anual en la formación de marcas de crecimiento, estimando una edad máxima de 15 años para ambos sexos. El modelo que mejor se ajustó a los datos para ambos sexos fue von Bertalanffy ($L_{\infty} = 352.1$ cm TL, $k = 0.13$ /año, $t_0 = -1.31$ años) y la longevidad que se estimó fue de 21.4 años.

Geraghty *et al.* (2012), utilizó imágenes virtuales en 3D provenientes de tomografías micro-computarizadas para observar marcas de crecimiento en vértebras completas de 24 organismos de *Carcharhinus brevipina* en aguas costeras de Australia; las muestras fueron escaneadas usando un sistema de rayos X y tomografía micro-computarizada MicroXCT-400 de 120 kV, con un flujo de 83 μ A proyectándose 1024 x 1024 imágenes tomográficas en un campo de visualización de 25 x 25 mm, resultando 360 imágenes/segundo donde cada escaneo duró 42 minutos y los resultados se observaron en escala de grises; dentro del mismo proceso, se logró superponer imágenes (con la finalidad de lograr distintas capas) dependiendo del tamaño de cada vértebra: 400 capas (vértebras pequeñas), 512 capas (vértebras medianas) y 670 capas (vértebras grandes). Geraghty *et al.* (2012), mencionaron que el método de tomografías micro-computarizadas (microCT), al igual que los cortes longitudinales, es capaz de resolver en gran medida la visualización de bandas de crecimiento compactas formadas en el borde. Finalmente, Geraghty *et al.* (2012), identificaron un intervalo de edades que van de 2 a 19 años, asumiendo una periodicidad anual en la formación de pares de bandas de crecimiento, sin lograr modelar el crecimiento de la especie.

Parsons *et al.* (2018), estimaron por primera vez la edad y el crecimiento de *Gymnura altavela* proveniente del Océano Atlántico Norte utilizando rayos X y tomografía computarizada en alta resolución (HRXCT, High Resolution X-ray Computed Tomography) en vértebras del área abdominal de 49 organismos. Los escaneos se realizaron a través de una fuente de rayos X Hamamatsu de 70 kV/10 W, obteniendo por medio de las micro-tomografías computarizadas hasta 1441 vistas en 360° de rotación dependiendo del tamaño de las vértebras y considerando el grosor. Reportando que los avances en el escaneo microscópico que realizan las tomografías y rayos X en alta resolución proveen una escala muy fina modelando tridimensionalmente tejidos blandos y duros, ofreciendo un método válido y repetible para el análisis morfológico vertebral y de calcificación para estimar la edad en los condriictios. Las edades estimadas que resultaron fueron de 11 y 18 años para machos y hembras respectivamente; los modelos que mejor describieron el crecimiento de la especie fue el logístico y Gompertz, sin llegar a obtener una periodicidad en la formación de marcas de crecimiento. En este mismo estudio Parsons *et al.* (2018), mencionaron que la novedosa aplicación de HRXCT es

ampliamente aplicable para otros elasmobranchios con vértebras pobremente mineralizadas en los cuales la información sobre la edad es necesaria para evaluaciones de stock.

Los resultados obtenidos en los estudios antes mencionados han ayudado a dar a conocer información sobre diversas especies, algunas de ellas de poco interés comercial, pero que tienen un papel ecológico importante para el ecosistema marino. Ejemplo de esto, es lo reportado por Ivory *et al.* (2005), con *S. canicula* donde a pesar de ser considerado como la especie de tiburón gato más abundante en aguas costeras europeas no ha llamado la atención comercialmente siendo capturado de manera incidental. Otro ejemplo sobre esto, Baptista *et al.* (2010), comenta que *G. melastomus* se captura de manera incidental y de poco interés comercial a pesar de ser una especie abundante y con amplia distribución en el noreste del Océano Atlántico, resaltando la importancia de este organismo para el ecosistema marino.

3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio responde a la demanda de información por parte del Plan de Acción Internacional de Tiburones (PAI: Tiburones) el cual tiene como objetivo garantizar la conservación y ordenamiento de los tiburones mediante el aporte de información biológica, la cual da soporte para dictar las medidas de regulación o protección internacional (FAO, 1998).

Actualmente existen especies con datos insuficientes en la lista roja (Villavicencio-Garayzar *et al.*, 2015), en la cual se incluye a *C. ventriosum*, por lo que es necesario conocer las características biológicas que permitan estimar el potencial pesquero que tiene *C. ventriosum* en la zona Bahía Tortugas, BCS, ya que estos organismos son capturados para el consumo de su carne regionalmente y con fines de ornato. Tomando en cuenta lo anterior, el actual trabajo generó información acerca de la edad y el crecimiento, considerando que para esta especie no se tiene ningún registro sobre el tema, lo anterior permitirá conocer su estructura de edades y podrá sentar las bases para estudios demográficos que en un futuro se puedan considerar en el manejo pesquero de la especie.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la edad y estimar el crecimiento de *Cephaloscyllium ventriosum* en la zona de Bahía Tortugas, BCS.

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la estructura de tallas de *C. ventriosum* y compararla entre sexos.
- Determinar la relación entre el diámetro de la vértebra y la longitud total de *C. ventriosum*.
- Definir el número de marcas de crecimiento para cada individuo y establecer su periodicidad de formación.
- Describir la estructura de edades de *C. ventriosum* y compararla entre sexos.
- Estimar los parámetros del crecimiento individual de *C. ventriosum* utilizando un enfoque multimodelo.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio y trabajo de campo

Bahía Tortugas, BCS, se encuentra ubicada en la parte central de la costa occidental de la Península de Baja California: 27°41'30" N; y 114°53'45" O (Fig. 4). Presenta una extensión aproximada de 20.5 km² con una profundidad aproximada de 11m en el centro de la bahía y 19m hacia el lado de la boca. Bahía Tortugas forma parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, asimismo, Bahía Tortugas presenta un diámetro aproximado de 100 km y se comunica con el Océano Pacífico Oriental en su parte noroeste. Predomina un clima desértico cálido BW(h'). En el verano se presentan lluvias y temperaturas diurnas extremas (CONAGUA, 2015). Durante la primavera se registran temperaturas alrededor de los de 12 °C en la superficie del agua, mientras que en verano la temperatura alcanza un promedio de 19 °C, manteniéndose así hasta el otoño, donde el incremento es poco (19.9°C) (Guzmán-Del Prío *et al.*, 1991).

La bahía se encuentra fuertemente influenciada por la Corriente de California, la cual condiciona la temperatura durante todo el año, excepto en invierno, cuando los fuertes vientos soplan del océano hacia el continente (Salinas-Zavala *et al.*, 1990). Por otro lado, esta corriente presenta una intensa actividad de fenómenos como surgencias y giros a lo largo de la misma (Di Lorenzo, 2004) y es caracterizada por tener una alta productividad debido al afloramiento de plancton (Álvarez-Arellano, 1987; Franks, 1992; Torres-Orozco, 1993).

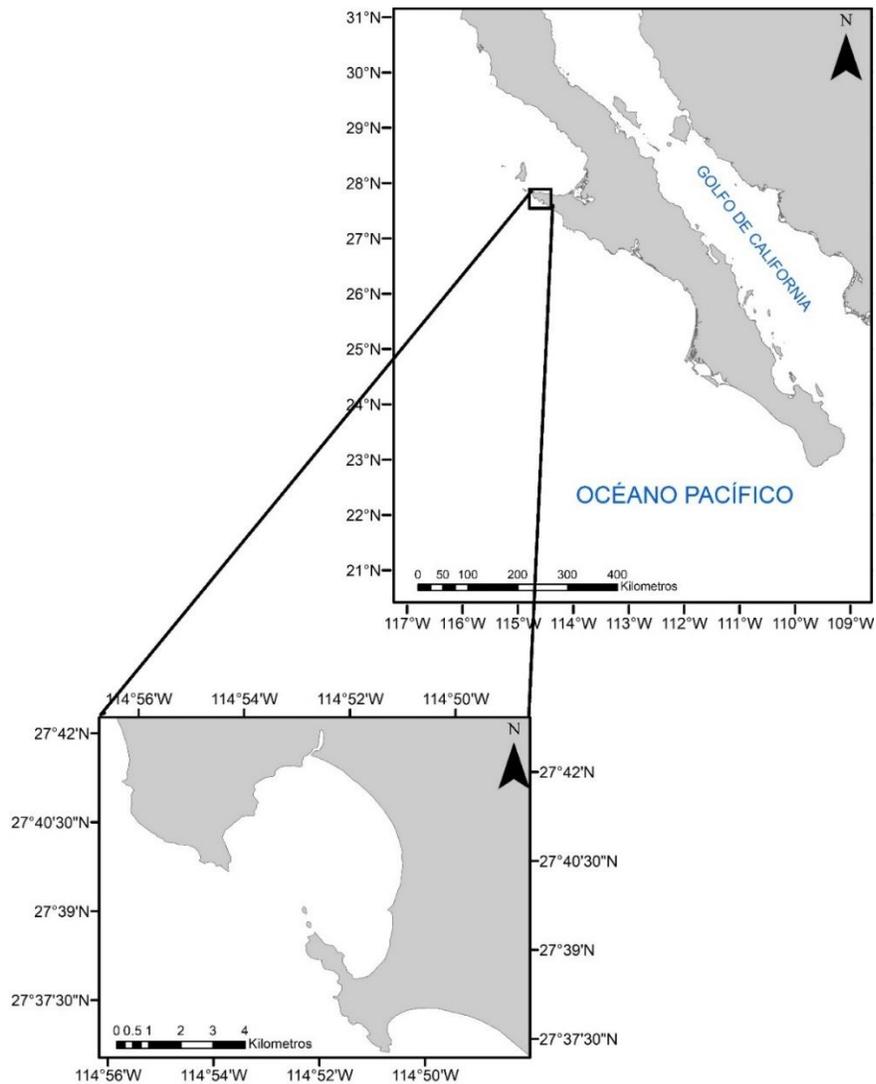


Figura 4. Área de estudio. El recuadro en color negro señala la zona donde se encuentra ubicada Bahía Tortugas, BCS.

5.2 Trabajo de campo

5.2.1 Recepción de muestras y distribución de tallas

Durante el periodo 2013-2017 se realizaron muestreos entre los meses de enero a mayo y de agosto a diciembre, derivado del periodo de veda (mayo-julio). Los organismos capturados se concentraron en Bahía Tortugas, aunque fueron procedentes de campos pesqueros cercanos (Campito, Progreso, Malarrimo, San Cristóbal, Punta Prieta). La operación de pesca se realiza con red de enmalle de fondo fabricadas principalmente de monofilamento con longitudes que van desde 800-1000 metros y una profundidad de hasta 2 m, en las cuales la luz de malla varía entre 7.6 a 25.4 cm (Ramírez-Amaro, 2011).

La especie se identificó con base en las claves de Compagno *et al.* (1984). Los tiburones gato fueron colocados con la parte ventral hacia abajo y el lóbulo superior de la aleta caudal en línea con el eje del cuerpo y se procedió a medir la longitud total (LT), desde la punta del hocico hasta la punta de la aleta caudal (OSPESCA, 2008), utilizando una cinta métrica (± 1 cm). Se identificó el sexo de cada organismo por medio de la presencia (machos) o ausencia (hembras) de gonopterigios.

Con el fin de conocer la distribución de tallas, estas se agruparon en intervalos de 5 cm LT. Se separaron por sexo y se compararon aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov con un nivel de confianza del 95% para evaluar si provienen de la misma distribución (Sokal y Rohlf, 1981).

De cada ejemplar se procedió a obtener de 5-6 vértebras de la región cervical; posteriormente se almacenaron en bolsas plásticas con su etiqueta respectiva, se congelaron y se trasladaron al Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) en la ciudad de La Paz, BCS, para su análisis.

5.3 Trabajo de laboratorio y procesamiento de datos

5.3.1 Limpieza, medición de diámetro de vértebras (DV) y relación entre DV-LT

A cada vértebra se le retiró el exceso de músculo; posteriormente se humedecieron en una solución 3:1 “agua caliente:hipoclorito de sodio” (concentrado al 5.40%) durante 20-30 min dependiendo del tamaño de la vértebra, se removió el tejido conectivo, así como el arco hemal y neural con ayuda de agujas de disección, bisturí, pinzas y cuchillo. Una vez limpias las vértebras, se colocaron en alcohol al 70% con la finalidad de deshidratarlas por un lapso aproximado de 10 horas y posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente.

Se midió el diámetro de la vértebra de mayor tamaño de cada ejemplar (DV, mm) utilizando un vernier digital. Se ajustaron los datos obtenidos (DV/mm; LT/cm) a un modelo de regresión lineal para determinar si existe una relación entre ambas medidas para sexos combinados y entre sexos. Para determinar si la relación DV-LT es distinta entre machos y hembras se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA). El resultado de la relación obtenida se representó gráficamente.

5.3.2 Identificación de marcas de crecimiento

5.3.2.1 Cortes longitudinales

Una vez limpias las vértebras, se colocaron en un cartoncillo y se aseguraron con cianoacrilato para evitar su movimiento durante el corte. Se hicieron pruebas de cortes longitudinales (Fig. 5) a distinto grosor (0.3, 0.4 y 0.5 mm) a una submuestra de vértebras, utilizando una cortadora de baja velocidad (Isomet, Buehler) con navajas con filo de diamante y se colocaron en un portaobjeto para su observación.

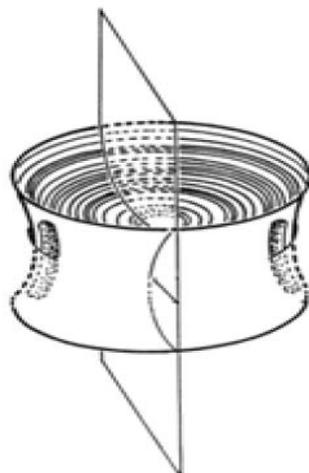


Figura 5. Esquema de corte longitudinal.

Los cortes se observaron a través de un microscopio estereoscópico (Discovery V8, Zeiss) y se digitalizaron con una cámara (ERc5s, AxioCam) que utiliza el software Zen Lite 2012. Los cortes se colocaron en medio acuoso y en medio seco, utilizando luz reflejada o transmitida a un aumento de 12X en la mayoría de los casos.

5.3.2.2 Tinción

Se llevaron a cabo pruebas de tinción con diferentes colorantes para determinar si alguno de ellos mejoraba la apariencia de las marcas de crecimiento en vértebras completas. En la tabla 1 se observan los colorantes utilizados, tiempo de exposición, así como el enjuague en ciertos casos.

Tabla 1. Procedimientos para llevar a cabo las pruebas de tinción.

Colorante	Concentración	Tiempo de inmersión	Enjuague
Fucsina ácida	1%	30 s	Sí
Nitrato de plata	100%	30 s	Sí
Nitrato de plata	100%	30 s	No
Nitrato de plata	10%	30 s y 1 min	No
Verde claro	1%	1-10 min	No
Rojo de alizarina	1%	1 min	No
Azul de metileno	0.01%	30 s	No

Si bien no es considerada tinción, también se impregnaron algunas vértebras con carboncillo de lápiz #2 utilizando un isopo y otras con maquillaje facial color caramelo utilizando un isopo.

5.3.2.3 Rayos X

Se llevaron a cabo escaneos en vértebras de siete organismos con rayos X, tres de ellas se realizaron utilizando el equipo Corix medical systems 70 kVp-8 mA, empresa CORAMEX Mod. COR-70/8-03 PART: P500 USV 120V.a.c., con número de serie A29270 (Fig. 6). Las vértebras completas se colocaron en posición vertical y horizontal respecto a la dirección de escaneo en una placa periapical de 2x3 cm (Fig. 7). El tiempo de radiación fue 10-13 s.

Por otro lado, se escanearon cuatro vértebras completas (vista lateral y superior), en una placa carpal de 20x24 cm, con un equipo marca HYPERION modelo X9 (Fig. 8), bajo las siguientes condiciones: 62.0 kV, 8.0 mA por un periodo de tiempo de 3.60 s.

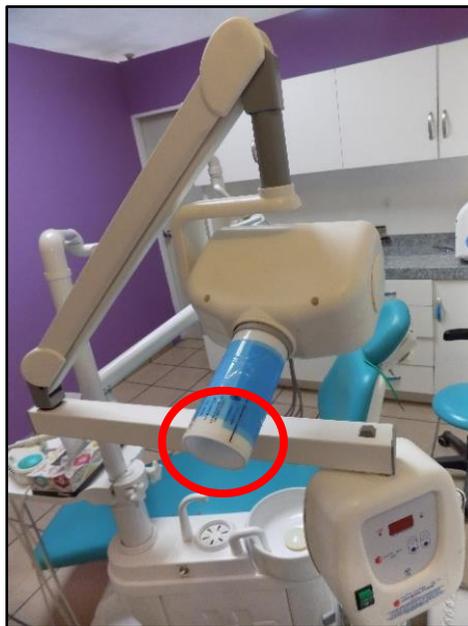


Figura 6. Parte del equipo Corix medical systems. El círculo rojo señala el área de escaneo.



Figura 7. Tablilla periapical (2x3 cm).



Figura 8. Parte del equipo HYPERION X9. El círculo color negro representa el área de exposición.

5.3.2.4 Tomografía computarizada

Se obtuvieron tomografías computarizadas (TC) de 370 vértebras pertenecientes a 131 organismos, por medio de un equipo dental marca HYPERION modelo X9 (Fig. 9). Las imágenes obtenidas se mostraron digitalmente por medio del programa IRYS Viewer versión 8.0. Las primeras TC se obtuvieron en una resolución estándar con las siguientes características: 451 imágenes axiales originales; grosor axial original: 0.300 mm, 90 kV, 3.00 mA y 21.60 mAs, durante un tiempo de exposición de 7.2 s. Para ello, las vértebras se colocaron en posición vertical y horizontal en tarjetas de papel acetato (11x13 pulgadas), dejando un espacio entre ellas de aproximadamente 2-3 mm (Fig. 9). Durante el escaneo, el área superior del equipo giró 360° con relación al objeto en estudio.



Figura 9. Izquierda: Equipo de tomografía computarizada HYPERION modelo X9. Derecha: Vértex de *C. ventriosum* sobre la tarjeta en el área de escaneo.

Posteriormente, se realizaron TC en alta definición (HD high definition por sus siglas en inglés); En estas, las vértebras se acomodaron (tarjetas papel acetato de 8x11 pulgadas) y se escanearon bajo las siguientes condiciones: 539 Imágenes axiales originales; grosor axial original: 0.150 mm, 90 kV, 3.00 mA y 27.0 mAs, con una exposición de 9.0 s.

5.3.2.5 Imágenes digitales de vértebras húmedas

5.3.2.5.1 Vértebras completas

Inicialmente las vértebras completas se mantuvieron en agua durante una hora y se fotografiaron con una cámara fotográfica (COOLPIX L360, Nikon), con zoom óptico de 28x y zoom preciso dinámico de 56x con lente súper telefoto NIKKOS, sensor de imagen CCD de 20.2 megapíxeles para fotografías. Las imágenes fueron mejoradas a través del programa Adobe Photoshop 2016.

Por otro lado, vértebras completas y cortes longitudinales se colocaron en agua a 60 °C, dicha temperatura descendió gradualmente durante cinco horas y las vértebras se observaron acorde a lo descrito en la sección “cortes longitudinales”.

5.3.3 Conteo de las marcas de crecimiento

De los procedimientos empleados en el apartado anterior, solo en las TC y en las imágenes digitales de los cortes longitudinales de vértebras húmedas se observaron consistentemente marcas de crecimiento.

La tomografía computarizada generó imágenes de cada vértebra; el programa IRYS Viewer versión 8.0 permitió girarlas en un ángulo de 360°, atravesar capas con un grosor milimétrico, realizar medidas precisas (mm) y hacer cambios en distintos parámetros (contraste, brillo, nitidez, color) con el fin de resaltar las marcas de crecimiento.

Con el fin de comparar y verificar entre el número de marcas de crecimiento observadas a partir de imágenes obtenidas con tomografías computarizadas y cortes sagitales (método más usual utilizado para hacer conteos), se hicieron tomografías computarizadas a vértebras de tiburones y rayas de distintas especies con edad asignada previamente; *Zapterix exasperata* (Cervantes-Gutiérrez, 2017); *Mustelus henlei* (Soto-López, 2018); *Mustelus californicus* (Bernal-Gutiérrez, 2017) y *Sphyrna zygaena* (Morán-Villatoro, 2018).

Las imágenes de cortes longitudinales húmedos se manipularon utilizando el software Adobe Photoshop (2016) con el fin de resaltar las marcas de crecimiento en el *centrum*; se definió la marca de nacimiento y a partir de ahí se realizó el conteo.

El criterio que se tomó para hacer el conteo de marcas de crecimiento fue considerando la primera marca completamente formada a partir del foco como la marca de nacimiento (MN), esto, ya que no fue posible observar de manera clara un cambio de ángulo. A partir de la marca de nacimiento se contabilizaron las marcas de crecimiento bajo el criterio de una banda opaca y una banda translúcida considerando el par de bandas como marca de crecimiento; la observación de marcas fue posible en el *centrum* de las vértebras, siendo en el mayor de los casos marcas visibles.

5.4 Estimación de la edad

5.4.1 Precisión de las lecturas de marcas de crecimiento

Una vez definidos los criterios de lectura e identificación de la marca de nacimiento; a 131 organismos se realizaron tres lecturas independientes por dos lectores, sin conocer la talla o sexo de los organismos.

Para establecer la precisión y reproducibilidad de las lecturas se aplicó el Porcentaje de Acuerdo (PA) (Cailliet y Goldman, 2004). Además, para estimar la precisión entre las lecturas realizadas por los lectores y entre las lecturas hechas por el lector dos, se calculó el coeficiente de variación (CV) (Chang, 1982) y el porcentaje de error promedio (APE) (Beamish y Fournier, 1981), de acuerdo con las siguientes expresiones:

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

$$CV = \frac{100}{N} * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R}}}{X_j}$$

$$APE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{(|X_{ij} - X_j|)^2}{X_j} \right] * 100$$

Donde LI es el número de lecturas iguales y TL es el total de lecturas realizadas para cada vértebra. N : total de organismos con edad estimada. R : número de lecturas. X_{ij} : edad i determinada al organismo j . X_j : promedio de edad del organismo j .

Se realizaron gráficos de sesgo entre las lecturas realizadas intralector e interlector con la finalidad de corroborar la presencia o no de errores sistemáticos.

5.5 Validación de la edad

5.5.1 Periodicidad de formación de marcas de crecimiento

La periodicidad de formación de las marcas de crecimiento se propuso analizar a través del porcentaje mensual de bordes opacos y translúcidos. También se propuso aplicar el análisis del Índice de Incremento Marginal (IIM) (Cailliet y Tanaka, 1990), el cual se obtiene al dividir el ancho del incremento marginal absoluto entre el ancho de la última y penúltima banda completamente formada para cada mes, partiendo de la premisa de que los valores cercanos a cero indican el inicio de la formación de la banda y valores cercanos a uno indican la finalización, obteniéndose con la expresión:

$$IIM = \frac{RT - rn}{rn - rn_{-1}}$$

Donde RT : radio total, distancia del foco al margen de la vértebra, rn : distancia del foco a la última marca de crecimiento, rn_{-1} : Distancia del foco a la penúltima marca de crecimiento.

Se obtuvieron los valores promedio de la Temperatura Superficial del Mar (TSM, °C), para la costa occidental de BCS, a partir de las bases de datos ERDDAP que forman parte de la NOAA (NOAA, 2017), con la finalidad de graficar estos valores junto con el porcentaje de bordes y el IIM propuestos.

5.5.2 Estructura de edades

Se realizó un histograma con las frecuencias de los diferentes grupos de edad separándolos en hembras y machos. Para determinar si existen diferencias significativas en las distribuciones de los grupos de edad entre machos y hembras se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1981).

5.5.3 Descripción del crecimiento

Para describir el crecimiento de *C. ventriosum* para machos, hembras y en conjunto, a los datos de longitud a edad estimados para cada sexo, se ajustaron los siguientes modelos, a través del método de mínimos cuadrados:

a) Modelo de von Bertalanffy (VBGM) por sus siglas en inglés (von Bertalanffy, 1938; Beverton y Holt, 1957)

Dos parámetros (VBGM2P): $L_t = L_\infty - (L_\infty - L_0)(e^{(-k+t)})$

Tres parámetros (VBGM3P): $L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$

Donde L_t es la longitud total a la edad t ; t es la edad estimada en años; L_∞ es la talla asintótica teórica, es decir, el tamaño promedio que los individuos alcanzarían si vivieran indefinidamente; k es el coeficiente de crecimiento; t_0 es el tiempo hipotético (edad) cuando la longitud es cero y L_0 es la longitud total al nacer.

b) Modelo de Gompertz (GGM) por sus siglas en inglés (Ricker, 1979)

Dos parámetros (GGM2P): $L_t = L_0 \times \left\{ e^{e^{\left[\ln\left[\frac{L_\infty}{L_0} \right] \times (1 - e^{-kt}) \right]}} \right\}$

Tres parámetros (GGM3P): $L_t = L_\infty \times e^{\left[e^{-k(t-t_0)} \right]}$

Donde L_t es la longitud total a la edad t ; t es la edad estimada en años; L_∞ es la talla asintótica teórica; k es una constante relativa de crecimiento; t_0 es el tiempo hipotético (edad) cuando la longitud es cero y L_0 es la longitud total al nacer.

c) Modelo Logístico (Smart *et al.*, 2016):

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

Donde L_t es la longitud total a la edad t ; t es la edad estimada, L_∞ es la talla asintótica teórica, es decir, el tamaño promedio que los individuos alcanzarían si vivieran indefinidamente, k es una constante relativa de crecimiento, t_0 es el tiempo hipotético (edad) cuando la longitud es cero.

Los parámetros de los modelos se obtuvieron mediante el método de mínimos cuadrados haciendo uso de la función solver en el programa Excel 2016.

5.6 Comparación entre modelos de crecimiento

Para seleccionar el modelo con mejor ajuste se utilizó la teoría de información por medio del criterio de información de Akaike (AIC), el cual penaliza la cantidad de parámetros, considera la bondad de ajuste y jerarquiza de acuerdo con el valor de AIC de cada modelo (Katsanevakis y Maravelias, 2008), calculándose a partir de la siguiente fórmula:

$$AIC_c = n \log \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2K + \frac{2K(K + 1)}{n - K - 1}$$

Donde n es el número de observaciones; K es el número de parámetros y RSS es el resultado de la suma de mínimos cuadrados.

Para conocer el soporte estadístico de cada modelo candidato, se estimó la diferencia de Akaike (Δ_i) calculando las diferencias entre AIC de cada modelo:

$$\Delta_i = AIC_i - AIC_{min}$$

Si el valor de Δ_i es >10 indica un modelo sin soporte estadístico y por lo cual no podrá ser tomado en cuenta como modelo alternativo para describir el crecimiento; si el valor de Δ_i es <2 indica un soporte estadístico adecuado, sugiriendo que el modelo puede ser utilizado como alternativo para la descripción del crecimiento y si el valor de Δ_i se encuentra entre 4 y 7 el modelo puede considerarse como alternativo, pero con menor soporte estadístico que el anterior.

Finalmente, el peso de Akaike (W_i) se calculó para cada modelo con el fin de conocer la evidencia estadística (que porcentaje explica cada modelo), considerándose buena aquella en donde los valores sean iguales o mayores a 0.9 (90%) (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis y Maravelias, 2008), cuya ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$W_i = \frac{e^{\left(-\frac{1}{2}\Delta_i\right)}}{\sum e^{\left(-\frac{1}{2}\Delta_k\right)}}$$

6 RESULTADOS

6.1 Estructura de tallas

Se elaboró la estructura de tallas de (93 hembras y 53 machos), con un intervalo de tallas para hembras de 48 a 94 cm LT, un promedio de talla de 79.18 cm LT y una moda de 82 cm LT; para los machos se obtuvo un intervalo de talla de 48 a 86 cm LT, con un promedio de 72.97 cm LT y una moda de 77 cm LT (Fig. 10). La proporción sexual que se obtuvo fue de 1.75H:1M ($X^2=10.95$; $P<0.05$).

De acuerdo con la talla media de madurez para *C. ventriosum* reportada por Bernal-Pérez (2017), 64.5% de las hembras presentaron talla mayor a la talla media de madurez ($L_{50} > 78.38$ cm LT), mientras que para machos fue el 71.6% ($L_{50} > 74.24$ cm LT).

En la figura 10, la línea punteada en color rosa representa la talla media de madurez para las hembras de *C. ventrisum* y para los machos se representó con la línea punteada de color azul.

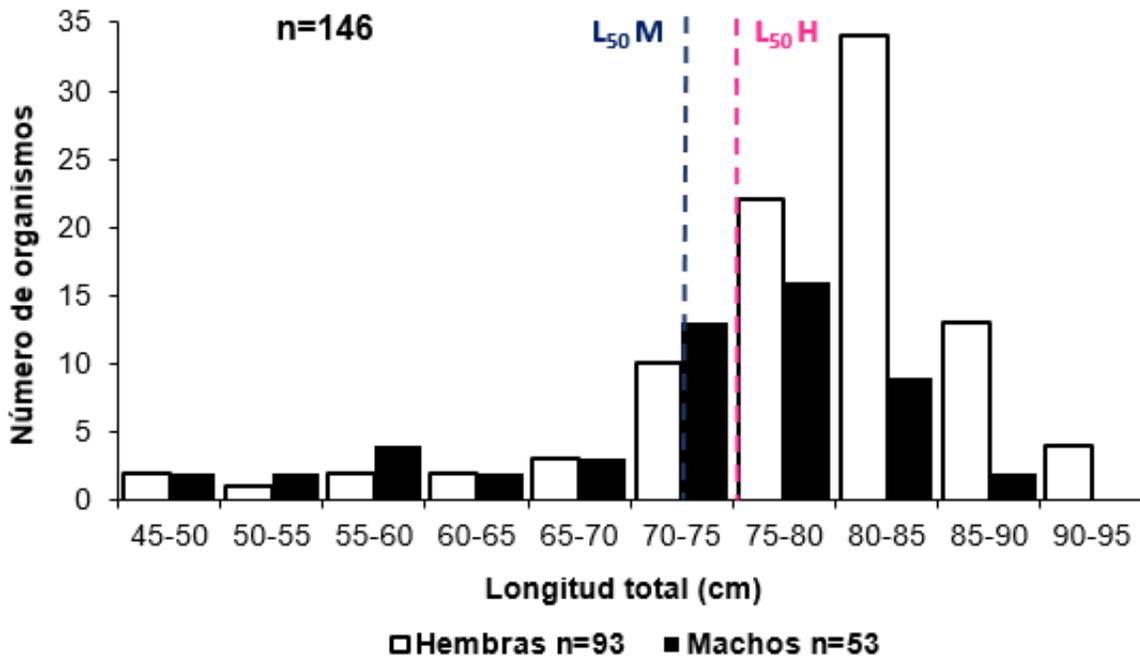


Figura 10. Estructura de tallas de la muestra original de *C. ventriosum*.

De los 146, se obtuvieron vértebras de 131 (81 hembras y 50 machos), con un intervalo de tallas para hembras de 48 a 94 cm LT, un promedio de talla de 78.81 cm LT y una moda de 82 cm LT; para los machos se obtuvo un intervalo de talla que fue de 48 a 86 cm LT, con un promedio de talla de 72.08 cm LT y una moda de 77 cm LT (Fig. 11), presentando diferencias significativas entre sexos (K-S; $p < 0.05$), la proporción sexual de esta submuestra fue de 1.62H:1M ($\chi^2 = 7.33$; $P < 0.05$).

En este caso el 59.8% de las hembras presentaron talla mayor a la talla media de madurez ($L_{50} > 78.38$ cm LT), mientras que para machos fue el 54% ($L_{50} > 74.24$ cm LT).

En la figura 11, la línea punteada en color rosa representa la talla media de madurez para las hembras de *C. ventriosum* y para los machos se representó con la línea punteada de color azul.

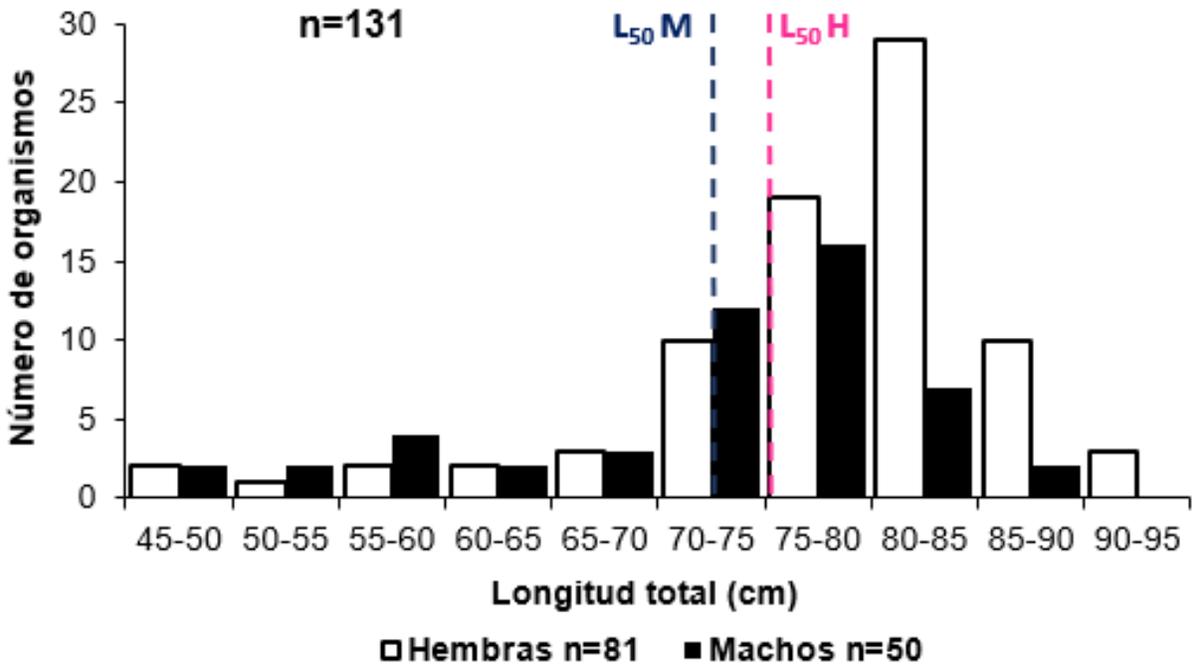


Figura 11. Estructura de tallas de organismos de los que se obtuvieron vértebras de *C. ventriosum*.

6.2 Relación entre el diámetro de la vértebra (DV) y longitud total (LT)

La relación entre el DV-LT fue lineal y positiva para hembras ($R^2=0.40$; $p<0.05$) y para machos ($R^2=0.75$; $p<0.05$), observando que para las hembras se presentó mayor variabilidad en la relación en comparación con los machos.

Con esto se puede considerar que la vértebra cervical de *C. ventriosum* es una estructura útil que puede ser utilizada para estimar tallas a edades pretéritas.

Se encontraron diferencias significativas entre sexos (ANCOVA; $p<0.05$), por lo que la relación DV-LT se estimó por separado. Los resultados de las relaciones se presentan en la siguiente gráfica (Fig. 12).

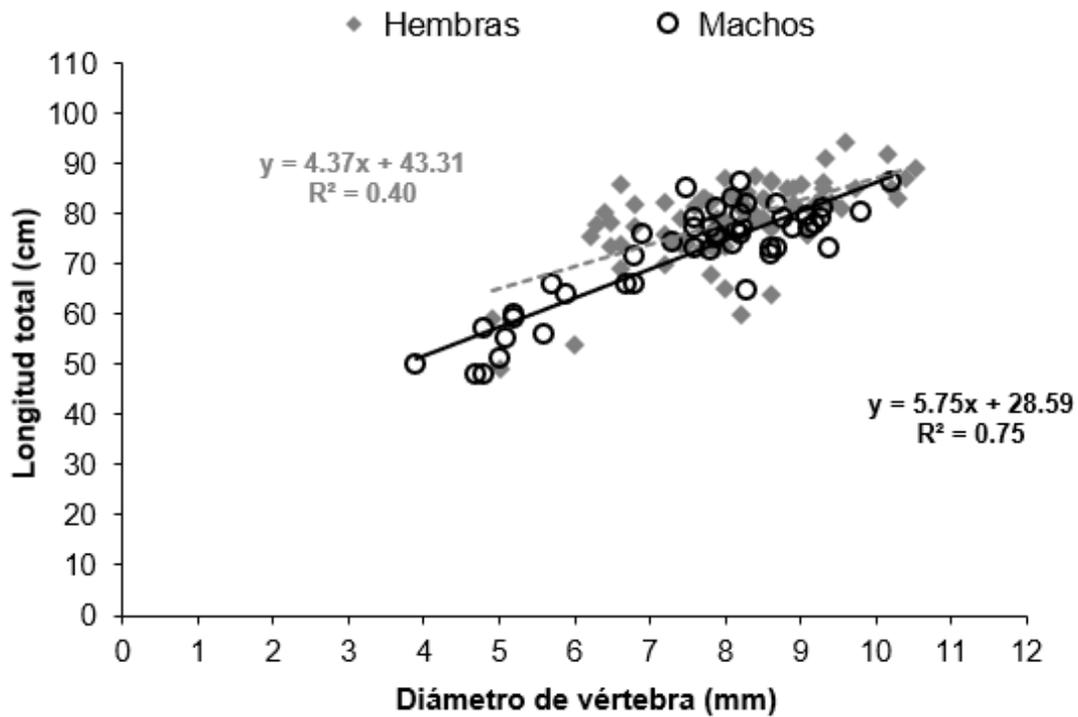


Figura 12. Relación entre el diámetro de la vértebra y la talla (DV-LT) de machos y hembras de *C. ventriosum*.

6.3 Identificación de marcas de crecimiento

6.3.1 Cortes longitudinales

Los cortes longitudinales a distinto grosor (0.3-0.5 mm) no permitieron observar las marcas de crecimiento en las vértebras de *C. ventriosum* (Fig. 13).

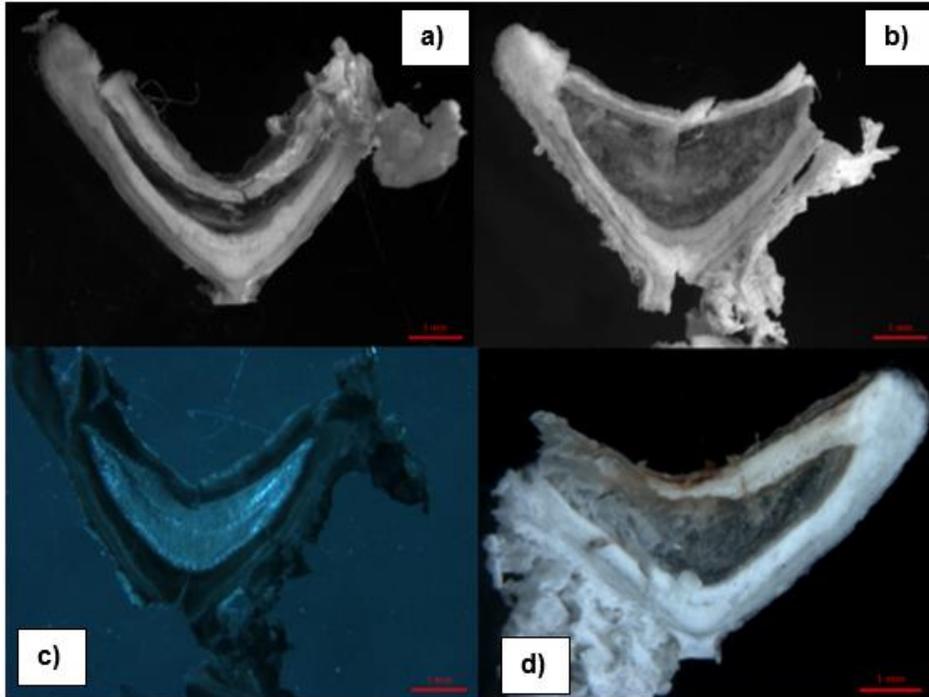


Figura 13. a) Corte longitudinal (0.4 mm de grosor) bajo luz reflejada, b) Corte longitudinal de 0.5 mm de grosor bajo luz reflejada, c) Corte longitudinal de 0.4 mm de grosor bajo luz transmitida, d) Corte longitudinal de 0.3 mm de grosor bajo luz reflejada.

6.3.2 Tinción

En la siguiente imagen (Fig. 14) se observan distintas vértebras de *C. ventriosum* teñidas con distintos colorantes, a distintas concentraciones y en algunos casos el enjuague.

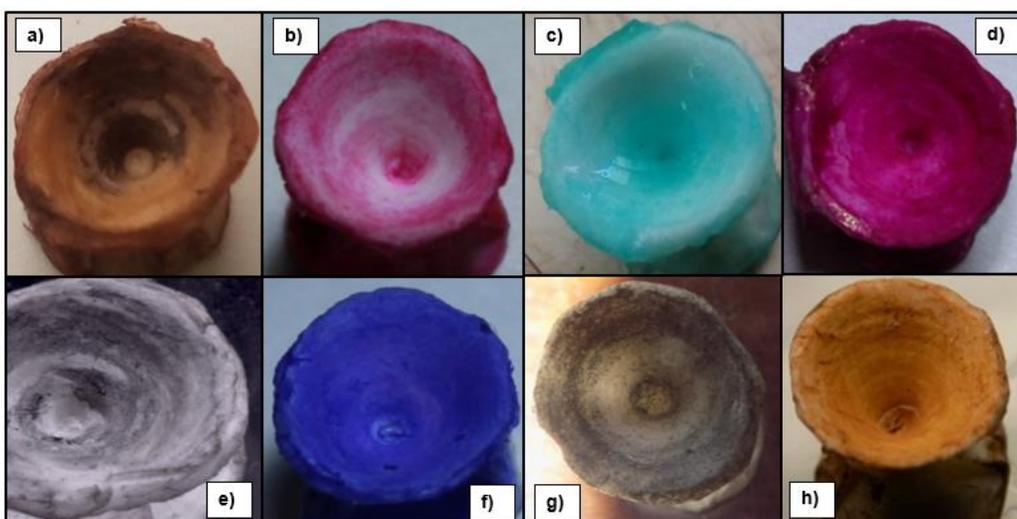


Figura 14. Resultado de las tinciones con diversos colorantes: a) y e) Nitrato de plata 100%, b) Fucsina ácida al 1%, c) Verde claro 1%, d) Rojo de alizarina 1%, f) Azul de metileno 0.01%, g) Carboncillo de lápiz #2 y h) Maquillaje facial.

6.3.3 Rayos X

Las radiografías no permitieron identificar las marcas de crecimiento en las vértebras de *C. ventriosum*, solo se observó la forma cónica de las vértebras (Figs. 15 y 16).

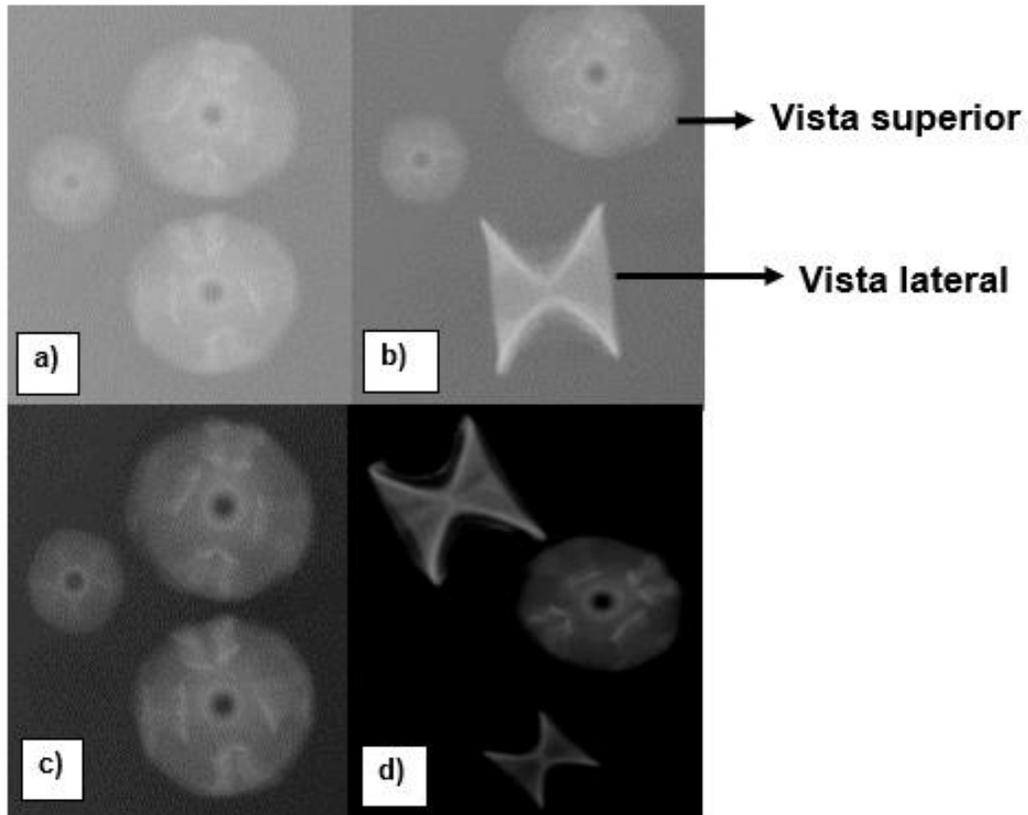


Figura 15. Radiografías de vértebras de *C. ventriosum* obtenida de la placa periapical. Tiempo de exposición: a) 10 s, b) 11 s, c) 12 s y d) 13 s.

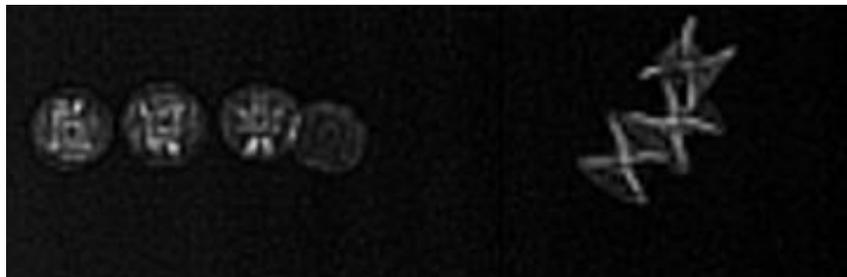


Figura 16. Radiografías de vértebras de *C. ventriosum* obtenida de la placa carpal. Tiempo de exposición: 3.6 s.

6.3.4 Tomografía computarizada

Las imágenes de las TC estándar y TC HD permitieron observar supuestas marcas de crecimiento en la vista superior y en la vista lateral de cada vértebra (Fig. 17), sin embargo, su número no fue consistente y cambió dependiendo el ángulo en el que se tomaron las imágenes (Figs. 18 y 19).

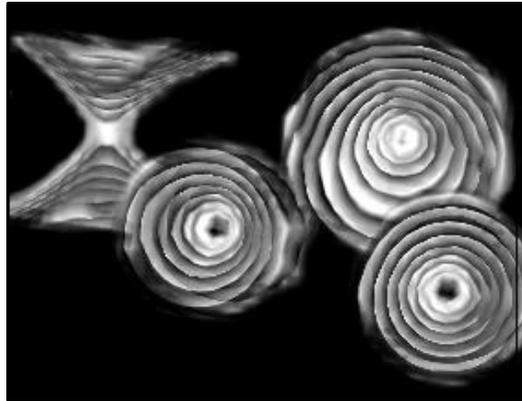


Figura 17. Tomografía computarizada de las vértebras cervicales de *C. ventriosum* obtenidas.

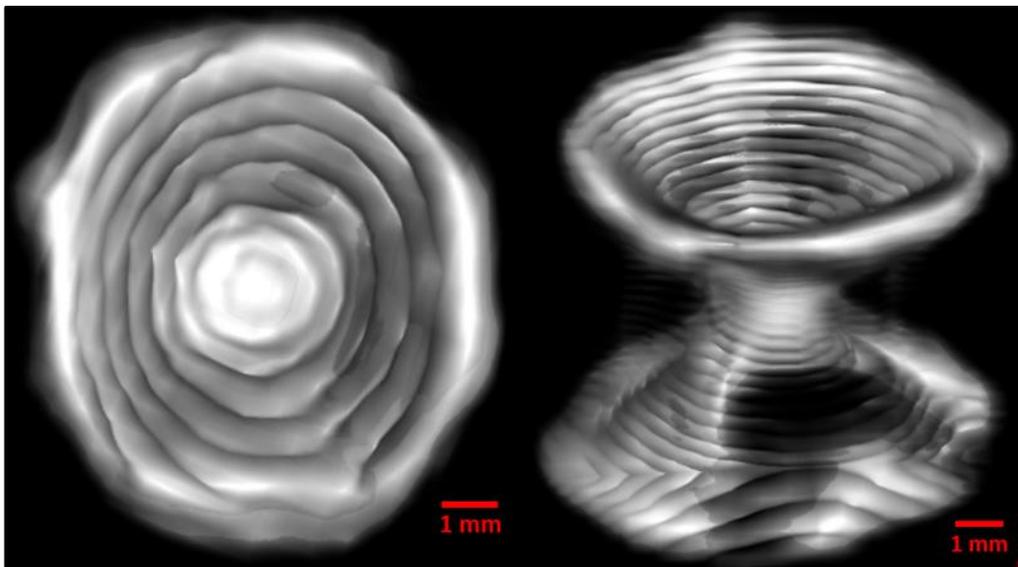


Figura 18. Tomografía computarizada HD de una misma vértebra. Izquierda: vista superior. Derecha: Vista lateral.

Al comparar los conteos de las marcas de crecimiento obtenidas de imágenes digitales de TC HD y cortes longitudinales de vértebras con edad asignada previamente,

se encontró que los conteos fueron distintos, ya que en unos casos el número de marcas en la TC HD fue mayor y en otros fue menor (Fig. 19).

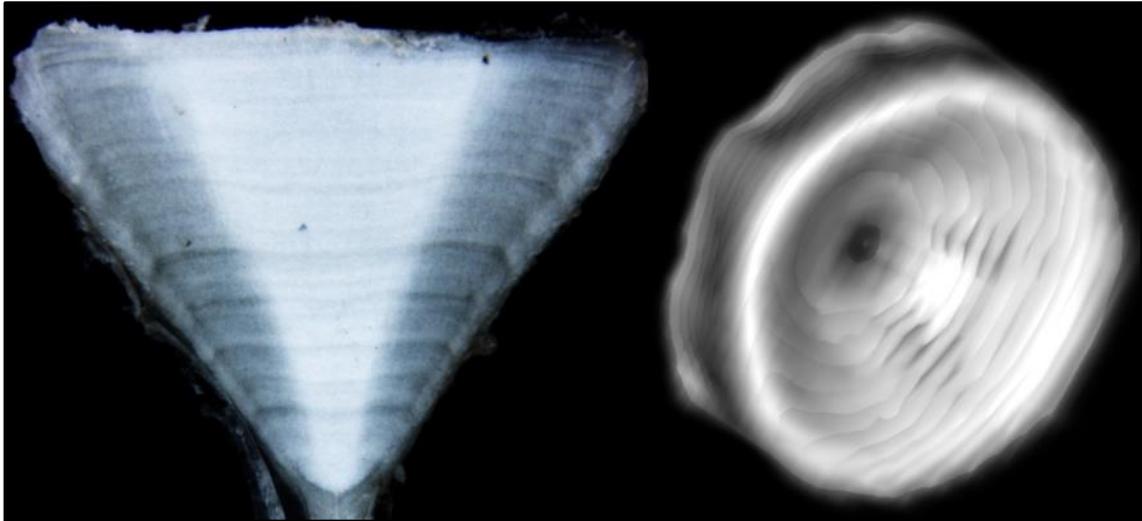


Figura 19. Corte longitudinal (Cervantes-Gutiérrez, 2017) (a) y TC HD (b) de vértebras del mismo individuo de *Zapterix exasperata*, donde se identificaron 12 y 11 marcas de crecimiento respectivamente.

6.3.5 Imágenes digitales de vértebras húmedas

Los resultados de humedecer vértebras completas por un lapso de 60 minutos permitieron observar marcas en la vértebra; las cuales fueron mejoradas por medio del programa Adobe Photoshop 2016, tal y como se observa en la figura 20.

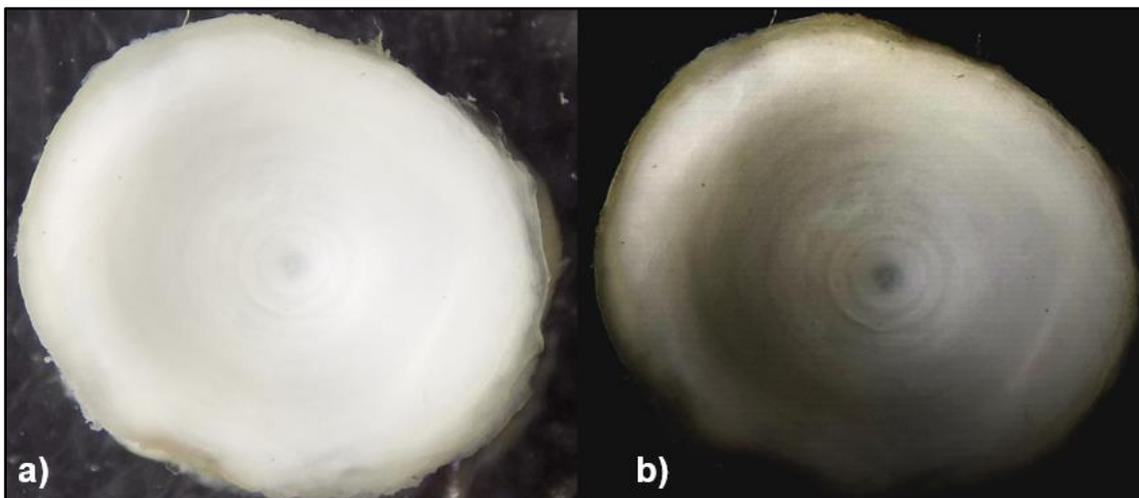


Figura 20. Vértebra húmeda sin ajuste (a) y con ajuste (b) por medio de Adobe Photoshop 2016.

Después de humedecer vértebras completas por un lapso de cinco horas permitieron una mejor identificación en las marcas de crecimiento (Fig. 21). Las comparaciones entre TC HD vs vértebras húmedas completas (Fig. 22), mostraron similitud en el número de marcas visibles en la mayoría de las comparaciones, pero en algunos casos hubo inconsistencias que pusieron en duda la utilización de las imágenes digitales de las TC HD para asignar edad.

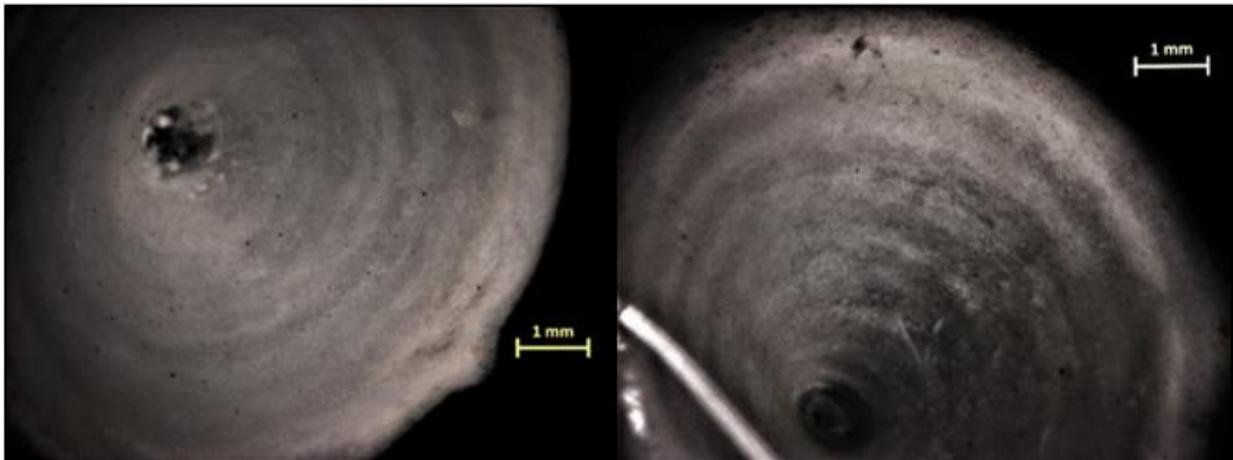


Figura 21. Marcas de crecimiento observadas en vértebras *C. ventriosum* que permanecieron en agua durante cinco horas a 60°C.

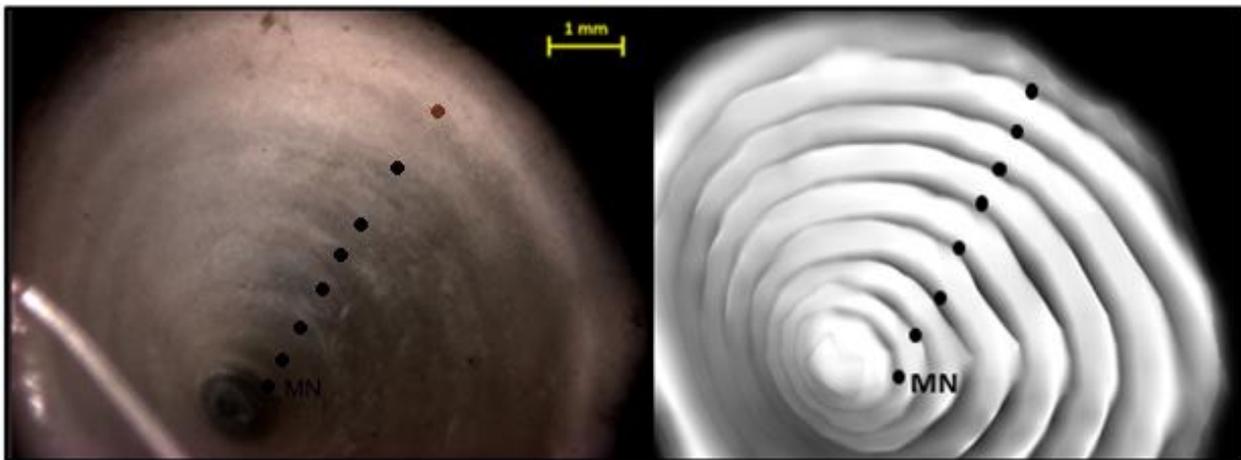


Figura 22. Comparación marcas observadas en una misma vértebra de *C. ventriosum*. izquierda: Vértebra completa sumergida en agua durante cinco horas. Derecha: TC HD.

Después de llevar a cabo las pruebas planteadas se encontró que las vértebras cortadas longitudinalmente (mitades) y sumergidas en agua durante cinco horas fueron la opción más viable para observar las marcas de crecimiento (Figs. 23, 24 y 25).



Figura 23. Cortes longitudinales en vértebras de distintos organismos de *C. ventriosum* sumergidas en agua durante cinco horas, a una temperatura inicial de 60 °C.

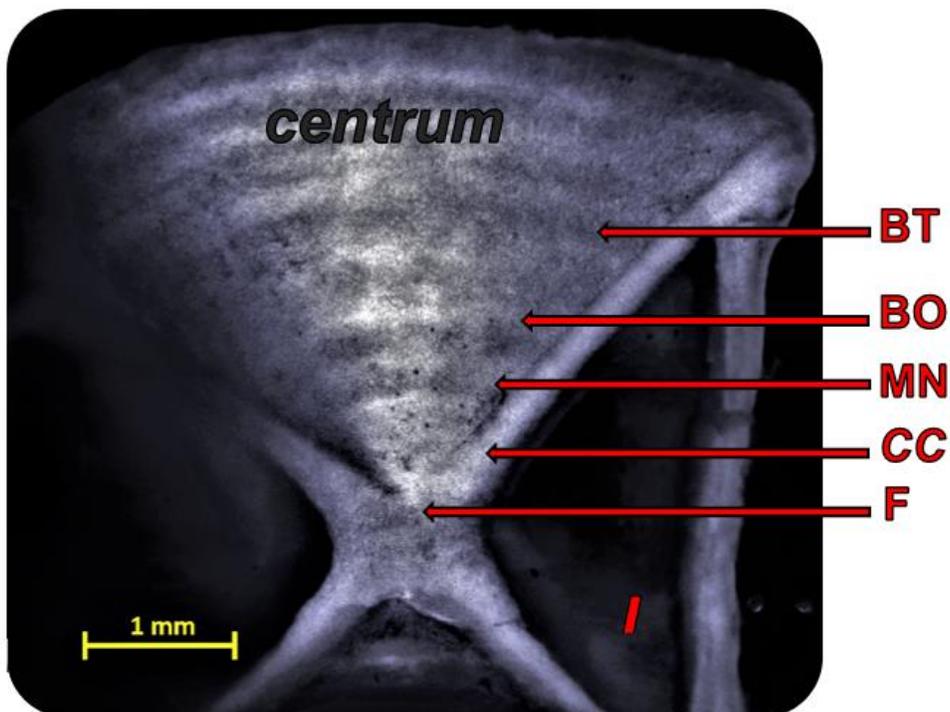


Figura 24. Vértebra de *C. ventriosum* cortada longitudinalmente. Foco (F), Corpus Calcareum (CC), Intermedialia (*l*), Banda Opaca (BO), Banda Translúcida (BT), Marca de Nacimiento (MN).

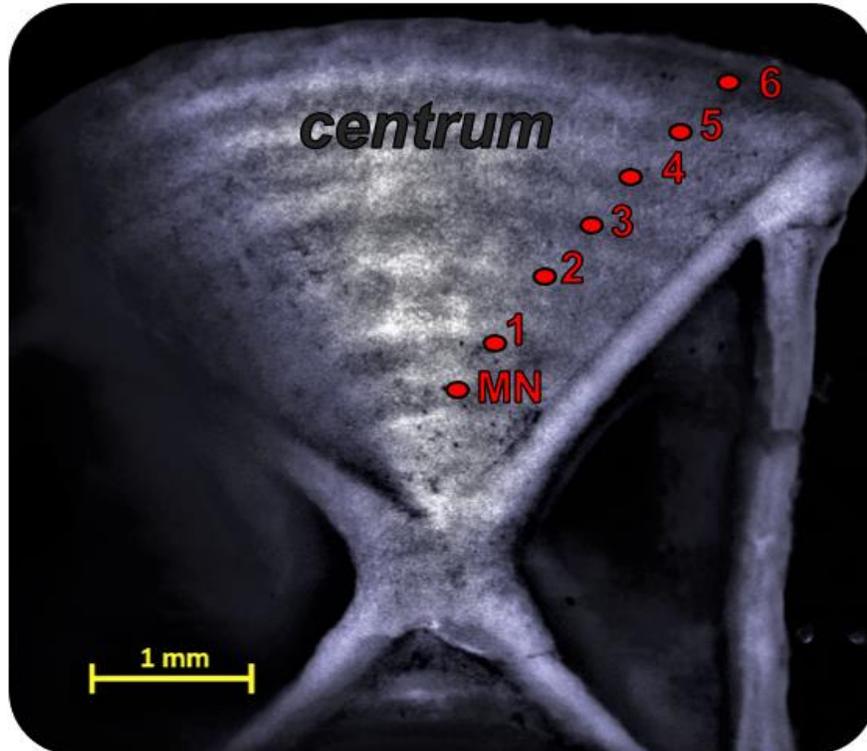


Figura 25. Vértebra de *C. ventriosum* con seis marcas de crecimiento.

6.4 Estimación de la edad

El CV y APE intralector entre la primera y segunda lectura del lector dos fue de 5.74% y 4.05%, respectivamente, mientras que el PA fue de 95.4%. En la figura 26 se presenta la gráfica de sesgo entre estas lecturas, se observa que no existe sesgo considerable entre ambas, sin embargo, hay diferencias en algunas marcas (dos, tres, cuatro y seis) en donde la primera lectura sobreestimó el número de marcas, de manera particular en la marca tres.

El CV y APE interlector fue de 6.10% y de 4.31% respectivamente, con un porcentaje de acuerdo (PA) de 89.3%; con estos resultados, se consideraron las lecturas realizadas por el lector dos para estimar la edad de *C. ventriosum*. En la figura 27 se presenta la gráfica de sesgo entre estas lecturas, se observa que no existe sesgo considerable entre ambos, sin embargo, hay diferencias en algunas marcas (dos, tres, cuatro, cinco, seis y siete) donde la segunda marca obtuvo una sobreestimación mayor.

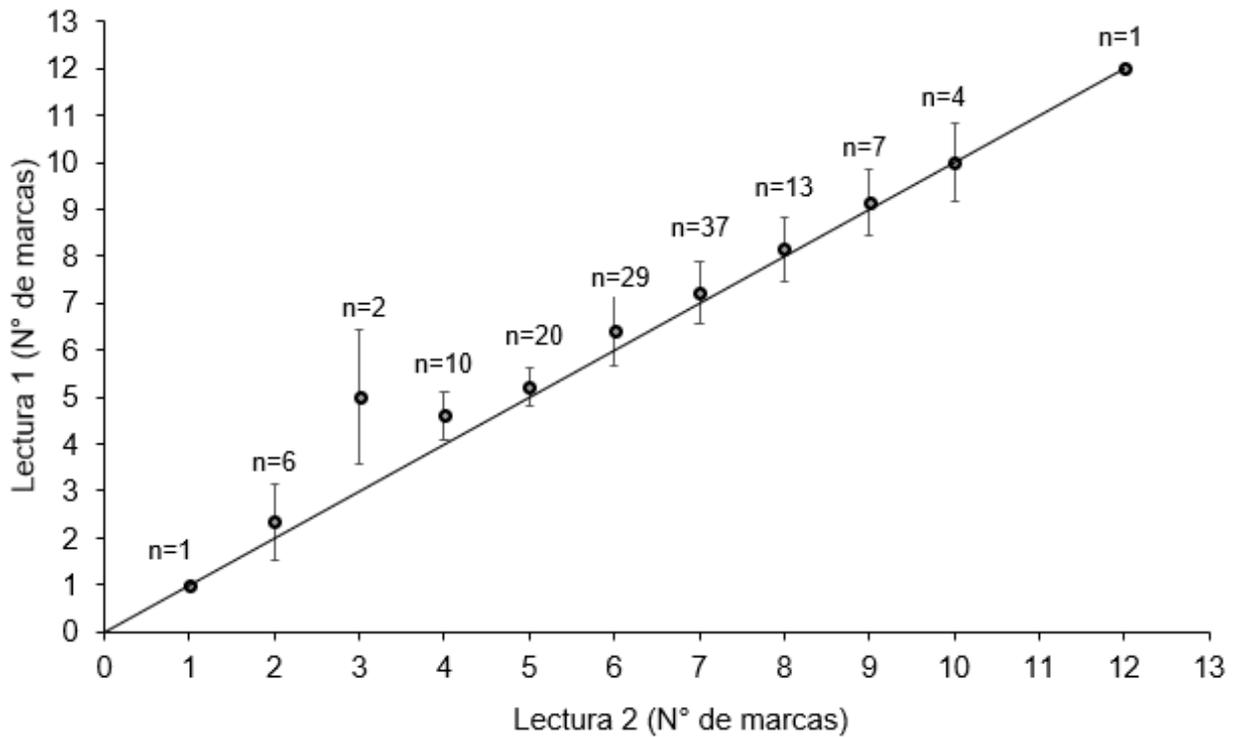


Figura 26. Gráfico de sesgo entre la primera y segunda lectura del lector 2 (n=131).

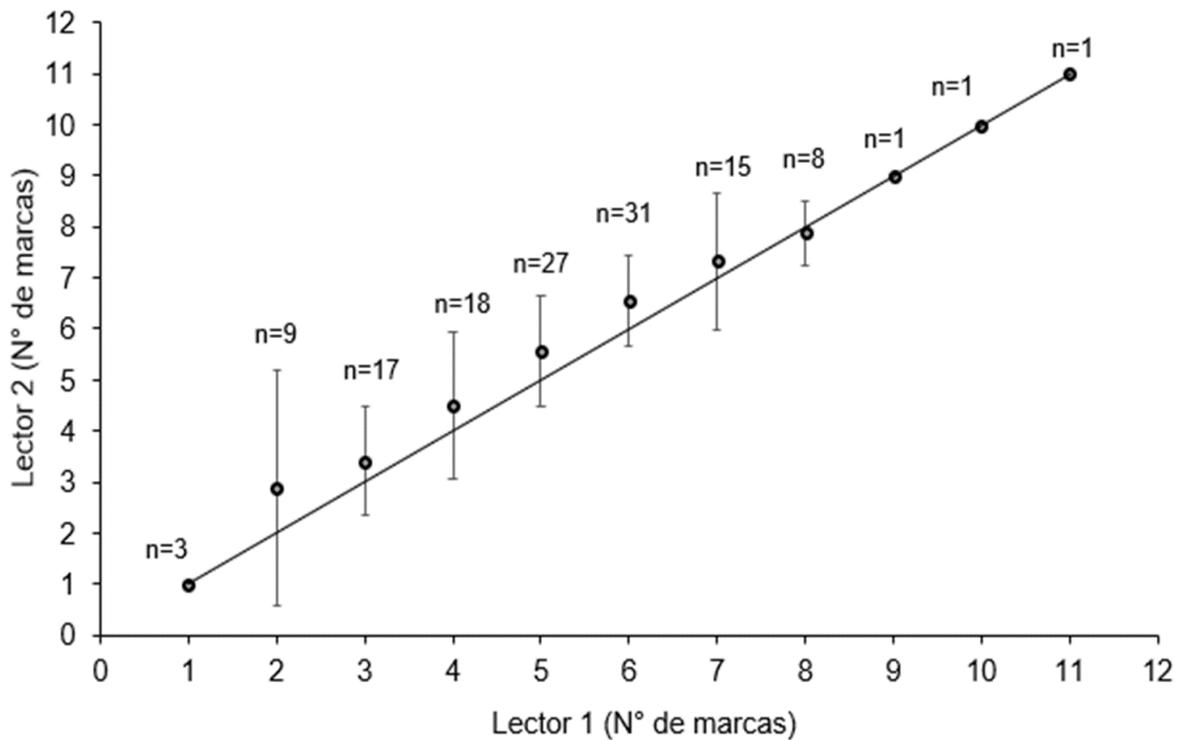


Figura 27. Gráfico de sesgo entre lectores (n=131).

6.5 Validación de la edad

6.5.1 Periodicidad de formación de marcas de crecimiento

No fue posible determinar la periodicidad en la formación de marcas de crecimiento para *C. ventriosum*, debido a la poca cantidad de organismos capturados en ciertos meses de muestreo (Fig. 28), obedeciendo también al periodo de veda y, por otro lado, a la dificultad de determinar el tipo de borde asociado a las características cónicas del tipo de vértebra de *C. ventriosum*. Para el IIM no fue posible medir las distancias del foco al borde de la vértebra, del foco a la última marca completamente formada y del foco a la penúltima, debido a la dificultad de observar marcas crecimiento y el tipo de borde en algunos casos (borde opaco/borde translúcido), así como un doblamiento en el borde que presentan las vértebras de mayor tamaño, y el ángulo en que fueron tomadas las imágenes no fue siempre el mismo, por lo que se asumió una anualidad en la formación de marcas de crecimiento en vértebras de *C. ventriosum* en Bahía Tortugas, BCS.

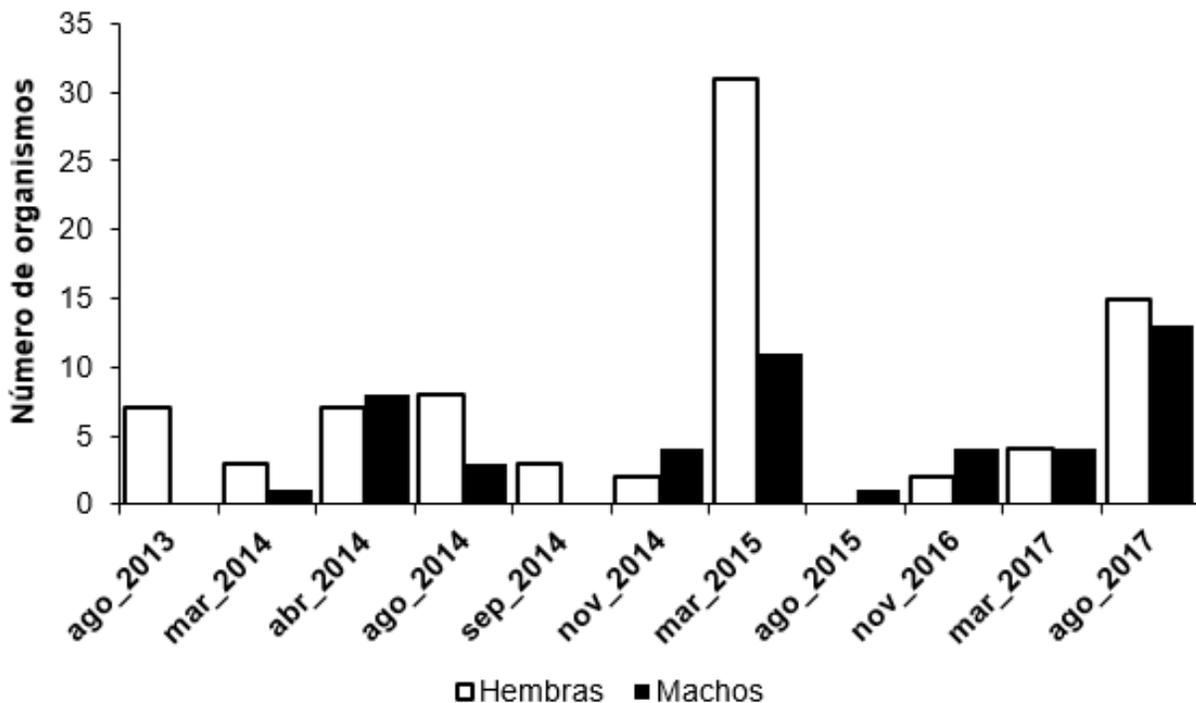


Figura 28. Temporalidad de captura para ambos sexos de *C. ventriosum* (n=131).

6.6 Estructura de Edades

Al asumir la periodicidad de las marcas de crecimiento como anual y en conjunto con las lecturas de estas, se estableció la estructura por edades de *C. ventriosum* en Bahía Tortugas, BCS. En este análisis no se consideró lo observado en vértebras de seis organismos al ser vértebras muy pequeñas pertenecientes a organismos de mayor talla, por lo que solo se consideraron 125 (77 hembras y 48 machos) (Fig. 29). Se obtuvieron un total de ocho grupos de edad para hembras (3-11 años), y 10 grupos de edad para machos (2-12 años), con diferencias significativas en la estructura de edades promedio debidas al sexo (K-S; $p < 0.05$). La edad máxima para hembras fue de 11 años, con una talla de 77 cm LT, mientras que para los machos fue de 12 años con una talla de 83.2 cm LT.

Las edades más representativas para las hembras fueron cinco (22%), seis (19.4%) y siete años (29.9%), obteniendo entre estos tres grupos de edad el 71.3% del total de las hembras, mientras que para los machos fueron siete (25%) y ocho años (25%), obteniendo el 50% del total de machos dentro de estos dos grupos de edad.

En la muestra obtenida no se observaron organismos de edades 0 y 1 años (Fig. 29).

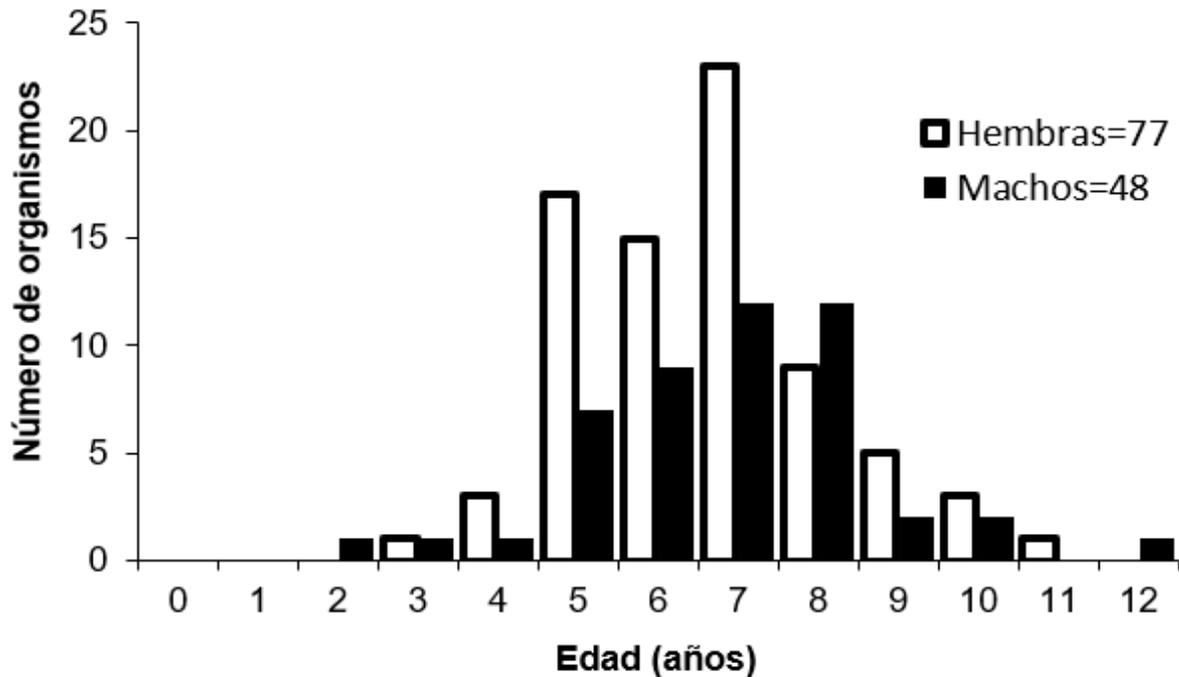


Figura 29. Estructura de edades de *C. ventriosum* para ambos sexos.

6.7 Crecimiento individual

De los modelos evaluados en sus dos versiones (VBGM y GGM) así como el logístico no mostraron algún ajuste que destacara para sexos por separado y combinados, debido a que los valores obtenidos de AIC fueron similares, por lo que en todos los casos se consideró el soporte estadístico (Δ_i) de cada modelo.

Debido a que el peso de Akaike (w_i) fue similar en los modelos tanto para hembras, machos y sexos combinados presentando valores $<90\%$, se tuvieron en cuenta parámetros como la talla asintótica y coeficiente de crecimiento para determinar los modelos que mejor ajustaron en todos los casos.

Para las hembras, el modelo con mejor ajuste de acuerdo con los parámetros mencionados fue el logístico (Tabla 2), considerando alterno el modelo VBGM3P; asimismo, en la figura 30 se observa que las hembras alcanzan la L_∞ estimada por los modelos a una edad entre 5-6 años, así como la talla media de madurez ($L_{50} > 78.38$ cm LT).

Tabla 2. Modelos de crecimiento aplicados a los datos de las hembras de *C. ventriosum*. En negritas se resalta el modelo con el mejor ajuste.

	VBGM2P	VBGM3P	GGM2P	GGM3P	LOGÍSTICO
L_{∞}	81.59	79.52	80.98	79.48	79.43
k	0.50	1.47	0.67	1.63	1.80
t_0	-	2.36	-	2.56	2.74
L_0	14	-	14	-	-
AIC_c	318.82	313.65	317.33	322.07	313.53
Δi	5.28	0.12	3.69	8.54	0.0
w_i	0.03	0.43	0.07	0.01	0.46

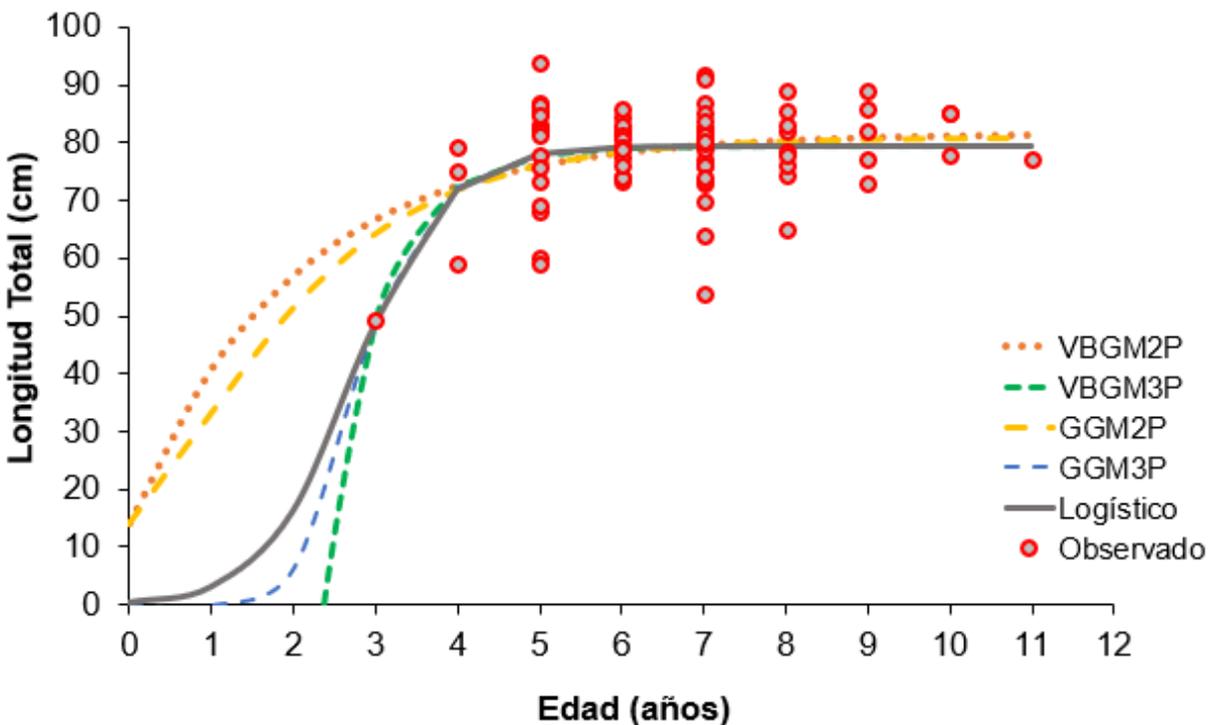


Figura 30. Curva de crecimiento para hembras de *C. ventriosum* (n=77).

Para los machos, el modelo de crecimiento con mejor ajuste de acuerdo con los parámetros antes mencionados fue el de VBGM2P (Tabla 3), siendo alternos el modelo GGM2P y logístico; asimismo, en la figura 31 se observa que los machos alcanzan la L_{∞} estimada por los modelos a una edad entre 7-8 años, así como la talla media de madurez ($L_{50} > 74.24$ cm LT).

Tabla 3. Modelos de crecimiento aplicados a los datos de machos de *C. ventriosum*. En negritas se resalta el modelo con mejor ajuste.

	VBGM2P	VBGM3P	GGM2P	GGM3P	LOGÍSTICO
L_{∞}	77.75	76.70	75.91	78.06	79.28
k	0.42	0.50	0.64	0.43	0.38
t_0	-	0.0	-	0.0	0.0
L_0	14	-	14	-	-
AIC_c	218.79	221.47	219.58	220.92	220.75
Δ_i	0.00	2.67	0.79	2.13	1.96
wi	0.38	0.10	0.24	0.13	0.14

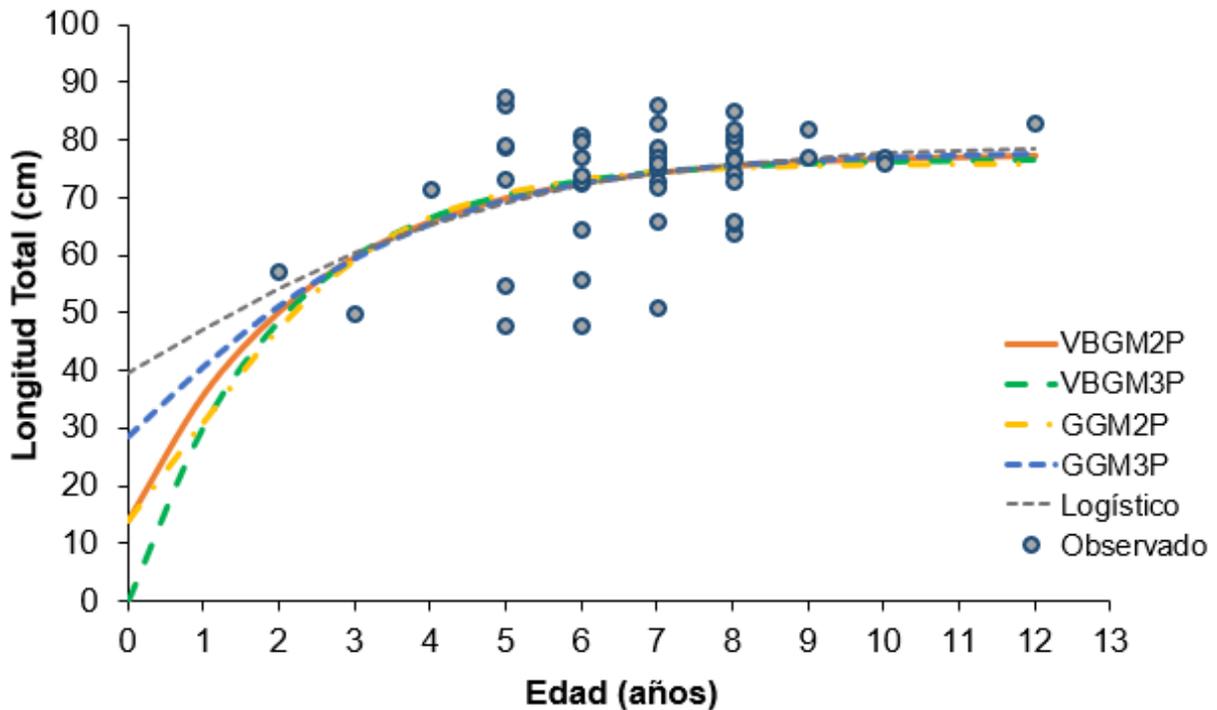


Figura 31. Curva de crecimiento para machos de *C. ventriosum* (n=48).

Para sexos combinados, el modelo de crecimiento con un mejor ajuste a los datos, considerando los parámetros mencionados (AIC_c , Δ_i y w_i) fue GGM2P (Tabla 4); siendo alternativo VBGM2P, asimismo, en la figura 32 se observa que los organismos alcanzan la L_{∞} estimada por los modelos a una edad entre 6-7 años.

Tabla 4. Modelos de crecimiento aplicados a los datos de sexos combinados de *C. ventriosum*. En negritas se resalta el modelo con mejor ajuste.

	VBGM2P	VBGM3P	GGM2P	GGM3P	LOGÍSTICO
L_{∞}	79.76	78.86	78.83	78.57	78.32
k	0.48	0.63	0.67	0.74	0.86
t_0	-	0.47	-	1.03	1.50
L_0	14	-	14	-	-
AIC_c	547.25	548.62	546.27	548.26	547.90
Δ_i	0.98	2.35	0.0	1.99	1.63
w_i	0.22	0.11	0.37	0.14	0.16

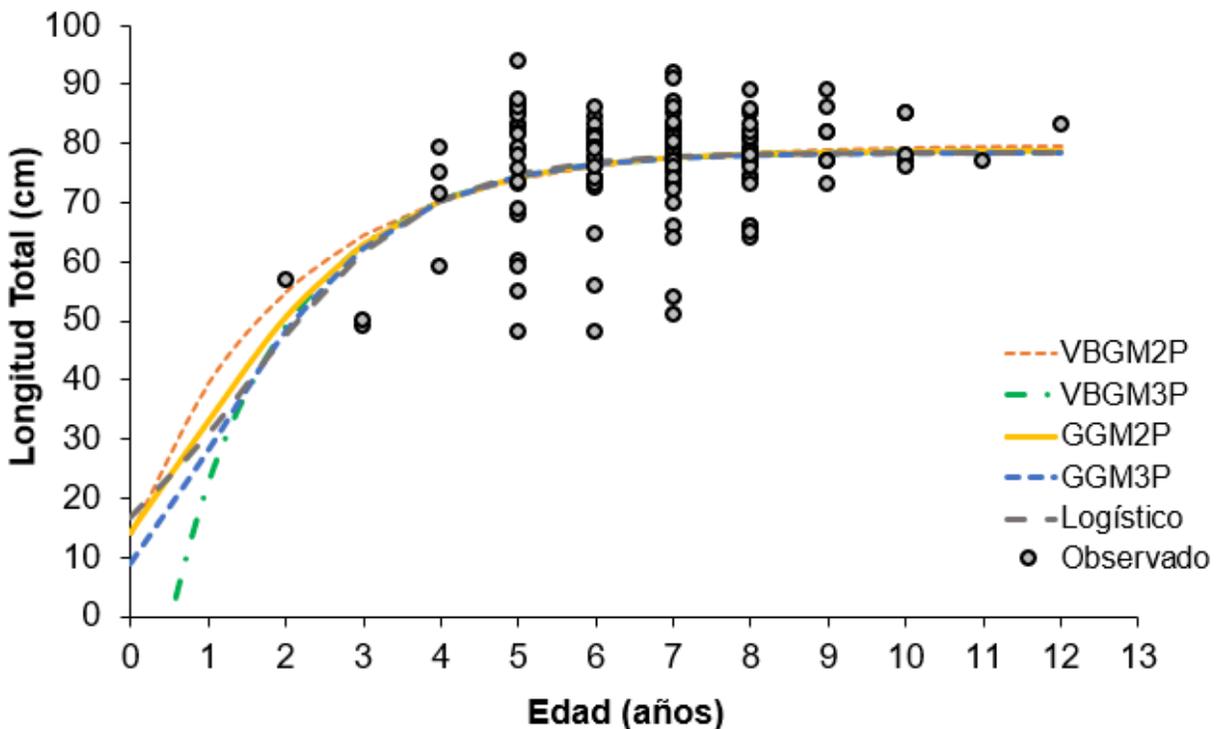


Figura 32. Curva de crecimiento para sexos combinados de *C. ventriosum* (n=125).

La talla reportada al momento del nacer para *C. ventriosum* es entre 13 y 15 cm LT (Schaaf-Da Silva y Ebert, 2008b), por lo que para L_0 se consideró una talla promedio de 14 cm LT, donde el mejor ajuste considerando esta talla (L_0), se observó con el modelo GGM2P para hembras aunque el valor de Δ_i y el valor w_i , en este caso,

fue muy alto y bajo respectivamente; para machos el modelo con mejor ajuste considerando la L_0 fue VBGM2P y GGM2P para sexos combinados.

7 DISCUSIÓN

7.1 Estructura de tallas y proporción sexual

En la mayoría de las especies de tiburones, las hembras presentan tallas mayores que los machos (Francis, 1981; Yudin y Cailliet, 1990; Moulton *et al.*, 1992; Yamaguchi *et al.*, 1999; Francis y Maolagáin, 2000; Conrath *et al.*, 2002; Sims, 2005; Da Silva, 2007; Méndez-Loeza, 2008; Farrel *et al.*, 2010), debido a las necesidades fisiológicas y energéticas que se requieren para la reproducción. Esto coincide con los resultados observados en *C. ventriosum* en el presente estudio mostrando una mayor talla en hembras respecto a los machos, siendo $LT > 90$ y $LT < 90$ respectivamente; y coincide con lo reportado por Bernal-Pérez (2017), quien registra hembras de mayor tamaño de *C. ventriosum*.

Grover (1970), reportó una talla máxima en *C. ventriosum* de 110 cm LT en hembras en la costa de California, EUA, la cual es mayor a la encontrada en el estudio presente (94 cm LT). Estas diferencias pudieran ser atribuidas a las distintas condiciones ambientales entre ambas zonas (Costa de California/Bahía tortugas), debido al cambio de latitud y las condiciones oceanográficas, así como la selectividad en el arte de pesca y zona de captura. Otra posibilidad es derivada de la oviparidad de esta especie, Walmsley-Hart *et al.*, (1999) atribuyen cambios en la talla, relacionado a las estrategias reproductivas, donde las especies ovíparas aumentan su tamaño debido a que generan una cápsula ovígera. Conover (1990), reportó que organismos de latitudes altas deben crecer de manera más acelerada dentro de la temporada de crecimiento (estaciones cortas) que los peces de latitudes bajas, por lo que esto se puede relacionar a los organismos con una mayor talla en el área de California y menor en Bahía Tortugas. Dentro del género *Cephaloscyllium*, otra especie que alcanza tallas mayores a los 100 cm LT, está *C. umbratile* con hembras de 114.5 cm LT y machos de 114 cm LT en el área costera frente a Tokio, Japón (Taniuchi, 1988).

La proporción sexual de *C. ventriosum* presentó diferencias significativas, siendo un mayor número de hembras respecto a los machos. Bernal-Pérez (2017), reportó que

esto puede deberse a que las hembras se acercan a la zona de estudio para el desove, debido a que en zonas próximas a la costa existe una mayor probabilidad para la supervivencia de huevos y neonatos; también lo relaciona con la talla que alcanzan las hembras, pues al alcanzar mayor talla que los machos, son más vulnerables a la pesca con redes agalleras de deriva por la luz de malla que se utiliza en esta zona (Torres-Huerta *et al.*, 2008).

7.2 Relación entre el diámetro de la vértebra (DV) y longitud total (LT)

La relación DV-LT presentó diferencias significativas entre sexos, sin embargo, en ambos casos la relación fue lineal positiva, mostrando en el caso de las hembras mayor variabilidad en comparación con los machos. Para la especie no existe información que sirva como punto de comparación en este sentido, sin embargo, en otros estudios llevados a cabo con especies de profundidad, se han obtenido resultados en ese mismo sentido, relaciones lineales entre el tamaño vértebra y la talla de los individuos: Gennari y Scacco, 2007 (*E. spinax*); Ivory *et al.*, 2005 (*S. canicula*) (Scyliorhinidae).

A lo largo de la columna vertebral de los elasmobranquios el tamaño de las vértebras varía, encontrándose las más grandes en la región torácica y las de menor tamaño en el área caudal (Cailliet y Goldman, 2004). Para este estudio, se recolectaron muestras del área cervical de *C. ventriosum*, por lo que en algunos casos se contó con vértebras muy pequeñas (cercanas a la región cefálica), lo cual, pudo haber influido en el resultado, obteniendo un mayor sesgo en la relación DV-LT en las hembras al obtener vértebras muy pequeñas siendo organismos de mayor talla.

La obtención de una relación entre el tamaño de las estructuras duras y la talla permite utilizar estas para la estimación de tallas a edades pretéritas mediante el retrocálculo (Campana, 1990); esta información es muy útil cuando se cuenta con un tamaño de muestra pequeño y/o ausencia de organismos juveniles (Smart *et al.*, 2013). A pesar de que en este estudio no contamos con las edades iniciales (0-1 años) no fue posible llevar a cabo un retrocálculo, debido a la fragilidad de las vértebras, así como el ángulo de captura de las imágenes, el cual no fue el mismo, por lo que no se lograron mediciones consistentes entre las marcas.

7.3 Identificación de marcas de crecimiento

7.3.1 Corte longitudinal

En el presente estudio uno de los retos principales fue probar y definir la técnica que permitiese observar las marcas de crecimiento, derivado de las características anatómicas de las vértebras de *C. ventriosum*.

Baptista *et al.* (2010), reportó que *G. melastomus*, presenta vértebras cónicas con un bajo grado de calcificación, lo que provocó que las técnicas comunes para mejorar las marcas de crecimiento sean de poca utilidad. Por otro lado, Gennari y Scacco (2007), describieron una calcificación muy pobre y una conicidad en la forma de la vértebra, lo que provocó dificultad para observar las marcas de crecimiento en *E. spinax*. Lo anterior, coincide con las vértebras de la especie bajo estudio. La calcificación limitada ocasionó que, al momento de realizar los cortes longitudinales, estos no fueran útiles, pues la mayoría de estos se rompieron.

7.3.2 Tinción

Diversos autores han utilizado la tinción con el objetivo de observar las marcas de crecimiento en especies de la familia Scyliorhinidae. Baptista *et al.* (2010), utilizaron soluciones de ácido nítrico, rojo de alizarina, hematoxilina, nitrato de cobalto y cristal violeta para teñir cortes sagitales (500 µm de grosor) en vértebras de *G. melastomus*; el mejor resultado se obtuvo con nitrato de cobalto y con 24 h de inmersión.

Ivory *et al.* (2005), tiñeron vértebras de *S. canicula* con cristal violeta (0.0025%) de 1.5 a 7 h, lo que permitió observar las marcas. Gennari y Scacco (2007), observaron las marcas de crecimiento utilizando nitrato de cobalto al 5% y una solución ácido agua en vértebras de *E. spinax* (Etmopteridae).

En *C. ventriosum* no fue posible observar las marcas de crecimiento a pesar de que se probaron diferentes colorantes en distintas concentraciones y tiempos de exposición.

7.3.3 Rayos X

Los rayos X, han sido utilizados en diferentes especies de tiburones para visualizar las marcas de crecimiento, entre ellos *Rhincodon typus* (Hua-Hsun *et al.*, 2014), *Carcharhinus obscurus* (Shoou-Jeng *et al.*, 2015), *Carcharhinus longimanus* (Shoou-Jeng *et al.*, 2016) y *Prionace glauca* (Shoou-Jeng *et al.*, 2017).

En el caso de *C. ventriosum*, por medio de los rayos X se pudo observar la forma cónica de la vértebra, sin embargo, la resolución de las imágenes no permitió hacer ampliaciones para hacer los conteos de las marcas de crecimiento. Por otro lado, no se pudo manipular los parámetros durante el escaneo y se mantuvieron los parámetros utilizados para la obtención de placas dentales. Comparando con estudios de otras especies, se determinó que los parámetros con que se tomaron las radiografías de *C. ventriosum* tienen diferencias importantes (menor cantidad de kV, mayor amperaje, y un tiempo de exposición menor), por lo cual, no se puede desechar esta técnica para definir las marcas de crecimiento, considerando necesario probar otros valores en los parámetros, similares a lo reportado en la literatura.

7.3.4 Tomografías computarizadas

Algunos autores han señalado que coinciden en que las tomografías computarizadas son un método válido para analizar vértebras en elasmobranchios y llevar a cabo estudios en edad y crecimiento. (Geraghty *et al.*, 2012; Parsons *et al.*, 2018).

En el caso de *C. ventriosum*, los resultados que se obtuvieron con las TC de las vértebras mostraron un patrón radial. Sin embargo, estas imágenes no fueron útiles para cuantificar las marcas de crecimiento debido a las inconsistencias de las lecturas, ya que, al cambiar el ángulo de observación de la imagen, aumentaba o disminuía el número de “marcas”. Por otro lado, las distancias entre las marcas eran muy similares, cuando lo esperado sería observar marcas cada vez más cercanas entre sí al aproximarse al borde de las vértebras (Cailliet y Goldman, 2004). Una de las posibles causas de lo anterior, es que el equipo utilizado es de un laboratorio dental, el cual tiene objetivos específicos, y una configuración asociada a estructuras más calcificadas como los dientes, y aunque se pudo modificar algunos parámetros y obtener imágenes en alta resolución, aparentemente no fue suficiente para lograr las imágenes deseadas.

7.3.5 Vértebras completas y cortes longitudinales de vértebras húmedas

Cailliet y Goldman (2004), comentan que la vértebra completa, así como cortes transversales y sagitales, pueden ser utilizados para asignar edad a los elasmobranquios. En la familia Scyliorhinidae, la fragilidad de las vértebras ha ocasionado que sea usual utilizar vértebras completas. Gennari y Scacco (2007), utilizaron vértebras completas teñidas para observar marcas de crecimiento en la zona del *centrum* en *S. canicula*. Moore *et al.* (2013), observaron las marcas de crecimiento en vértebras completas de *G. melastomus* las cuales fueron descalcificadas. Por otro lado, Macneil y Campana (2002), compararon las lecturas de marcas entre la *Intermedialia* (*I*) (corte sagital) y vértebra completa (*centrum*) en vértebras de *Prionace glauca* donde observaron coincidencia; lo anterior, permitió corroborar que el uso de vértebras completas es una alternativa adecuada en la asignación de edad.

En el presente estudio, la mejor alternativa para identificar las marcas de crecimiento fue utilizar cortes longitudinales en vértebras húmedas, lo que permitió resaltar las marcas y tener consistencia en las lecturas.

7.4 Determinación de la edad

Campana (2001), reportó que no existe un valor designado de precisión *a priori* que deba utilizarse en estudios de edad, debido a que la precisión no solo se ve influenciada por el lector, ya que también influye también la especie y la naturaleza de la estructura. Es importante mencionar que la mineralización del cartílago que se presenta en elasmobranquios varía en cada especie: Dean y Summer (2006), así como Porter *et al.* (2006), reportaron que la mineralización en las vértebras se da en tres niveles: interespecíficos, intraespecíficos e individual, y cada una puede cambiar dependiendo de la localidad, o de la capacidad de fijación de minerales de cada especie y de cada individuo, lo que al final suele afectar la proporción en la concentración de calcio y fósforo fijados en estas estructuras y esto a su vez verse reflejado en el conteo de marcas de crecimiento. Natanson (2018), reportó una relación en la circunferencia de los organismos respecto a la vértebra sin relacionar la talla ni el tiempo (edad) y hace comentarios sobre el crecimiento constante de la vértebra de manera lateral a pesar de la disminución del crecimiento somático.

En el presente estudio se obtuvieron valores de precisión adecuados (<10%) (Campana, 2001).

7.5 Periodicidad de formación de marcas de crecimiento

El análisis de bordes, así como el Índice de Incremento Marginal (IIM) son enfoques muy utilizados dentro de la asignación de la edad en los organismos, el primero de ellos es un método cualitativo y el segundo cuantitativo; su finalidad es estimar la temporalidad de formación de las marcas de crecimiento (Ishiyama, 1978; Mizue, 1979).

En los miembros de la familia Scyliorhinidae y Etmopteridae ha sido complicado asignar la periodicidad en la formación de las marcas. Gennari y Scacco (2007), así como Correia y Figueredo (1997), no lograron establecer la periodicidad de formación de marcas de crecimiento en *E. spinax*; coincidiendo en que la razón principal fue el plegamiento (doblez en el borde de la vértebra hacia el exterior), que se presenta en las vértebras de esa especie.

En el presente estudio, para *C. ventriosum*, no fue posible asignar una periodicidad a la formación de marcas debido a la poca representatividad de organismos en los meses de captura, así como las vértebras cónicas que presentan un doblez en el borde, por lo que se asumió una periodicidad anual, comparando con lo reportado por Ivory *et al.* (2005) con *S. canicula*; Baptista *et al.* (2010) con *G. melastomus*; Gennari y Scacco (2007) con *E. spinax*.

7.6 Estructura de edades

Para otros miembros de la familia Scyliorhinidae se ha estimado la edad. Para *S. canicula*, Ivory *et al.* (2005), estimaron edades de 0-12 años para hembras y de 0-11 para machos. Para esta misma especie, a través de marcado-recaptura, se estimó una longevidad de 17 años (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005). Para *E. spinax* se obtuvieron edades de 0-9 años para hembras y de 0-7 años para machos (Gennari y Scacco, 2007). Mientras que para *G. melastomus* se obtuvieron edades máximas de 14 años para machos y 17 para hembras (Baptista *et al.*, 2010).

En este trabajo, las edades máximas para hembras y machos fueron 11 y 12 años respectivamente, sin embargo, las hembras fueron más abundantes en los grupos de

mayor edad (9,10 y 11 años). La mayor edad observada de *C. ventriosum* fue un macho de 12 años y una hembra de 11 años. Esta predominancia de hembras en edades avanzadas pudiera estar asociada a una mayor susceptibilidad de las hembras a ser capturadas, ya sea porque se acercan más a la costa o porque su talla las hace más susceptibles a ser atrapadas por el arte de pesca. Por otro lado, las edades entre 0 y 1 no estuvieron presentes y las de 2 y 3 años estuvieron escasamente representadas, lo que pudiera estar asociado a la operación de pesca, donde los organismos pequeños no son susceptibles a ser capturados o son devueltos al mar previo a desembarcar la captura. Con la finalidad de representar grupos de edad desde 0 años de este tiburón sería recomendable solicitar a la pesca organismos pequeños, con la intención de completar una estructura de tallas y posterior a ello, estimar la edad y el crecimiento a los organismos pequeños.

7.7 Crecimiento individual

El patrón de crecimiento individual es un rasgo relevante de su demografía, ya que en la medida que un individuo aumenta su talla y peso individual, desde sus fases temprana del desarrollo, tiende a aumentar su supervivencia (Guzmán-Castellanos *et al.*, 2014).

En elasmobranchios, el modelo de crecimiento más utilizado es el propuesto por von Bertalanffy, debido a que parte de un fundamento biológico, donde el crecimiento es el producto de dos procesos opuestos; catabolismo y anabolismo (Goldman, 2005). Sin embargo, diferentes estudios han evaluado distintos modelos con la finalidad de determinar cuál proporciona la mejor descripción del proceso de crecimiento (Haddon, 2001). Dentro de estos, el modelo de crecimiento de Gompertz ha mostrado un ajuste adecuado al crecimiento de varias especies acuáticas (Katsanevakis, 2006). Goldman (2005), menciona que el modelo de von Bertalanffy es particularmente sensible a la poca representatividad de organismos pequeños o grandes, lo que puede causar pobres estimaciones de los parámetros. Musick y Bonfil (2004), hacen énfasis en la importancia de tener un número de muestras con todas las clases de tallas representadas.

Actualmente para desarrollar estudios de crecimiento se recomienda comparar entre diferentes modelos y seleccionar el que mejor describa el crecimiento de los organismos sin seleccionar un modelo *a priori* (Cailliet *et al.*, 2006; Farrel *et al.*, 2010).

Para el caso de las hembras de *C. ventriosum* en el presente estudio, el modelo que mejor se ajustó a los datos considerando los valores de AIC, Δ_i y w_i fue el logístico ($L_\infty=79.43$, $k=1.80$, $t_0=2.74$). El modelo VBGM3P ($L_\infty=79.52$, $k=1.47$, $t_0=2.36$), tuvo un valor de $\Delta_i=0.12$, que, según lo reportado, puede ser considerado como un modelo alternativo para describir el crecimiento individual en las hembras. Sin embargo, observando las gráficas del ajuste de los modelos, consideramos que el modelo logístico además de resultar seleccionado por el AIC describe mejor el comportamiento de los datos observados, lo cual también está limitado por la ausencia de grupos de edad cero, uno y dos.

Para los machos el modelo con el mejor ajuste a los datos considerando los valores de AIC, Δ_i y w_i fue VBGM2P ($L_\infty=77.75$, $k=0.42$), mientras que el modelo GGM2P ($L_\infty=75.91$, $k=0.64$) y logístico ($L_\infty=79.28$, $k=0.38$, $t_0=0.0$) obtuvieron valores de $\Delta_i < 2$, por lo que pueden ser considerados modelos alternos para describir el crecimiento individual en los machos. En este caso, de acuerdo con lo observado gráficamente, consideramos que el modelo ganador debería de ser considerado la primera opción y el modelo de GGM2P como segunda. El logístico en este caso, debido a la ausencia de las primeras edades, parece no describir claramente el crecimiento en estas primeras etapas.

Para sexos combinados el modelo con mejor ajuste a los datos considerando AIC, Δ_i y w_i fue GGM2P ($L_\infty=78.83$, $k=0.67$), el resto de los modelos tuvieron $\Delta_i < 2$ excepto VBGM3P. En este caso, consideramos que el modelo GGM2P, además de resultar seleccionado por el AIC, describe mejor el comportamiento de los datos observados.

Como se ha mencionado antes, para *C. ventriosum* no existe punto de comparación relacionado al crecimiento individual, sin embargo, existe información de otras especies pertenecientes a la familia Scyliorhinidae que obtuvieron parámetros de crecimiento, como es el caso de *S. canicula* (modelo VBGF, $L_\infty=87.42$ cm, $k=0.118$, $t_0=-1.09$ en machos y $L_\infty=75.14$ cm, $k=0.15$, $t_0=-0.96$ en hembras) (Ivory *et al.*, 2005). Para esta misma especie (*S. canicula*), Rodríguez-Cabello *et al.* (2005), por medio de marcaje y recaptura obtuvo valores de $L_\infty=64.5$ cm, $k=0.27/\text{año}$, $t_0=-0.62$ para sexos combinados

por medio del modelo Kirkwood y Sommers con error en el modelo (1984) (basado en parámetros de VBGF). Moore *et al.* (2013), obtuvo valores de $L_{\infty}=60.8$ cm para machos y $L_{\infty}=69.3$ cm para hembras de *G. melastomus* utilizando el modelo VBGF, sin embargo, no presentaron valores de k y t_0 debido a la falta de organismos de menor talla.

Es importante mencionar que aún cuando las características anatómicas que presentan las vértebras de *C. ventriosum* (cónicas y poca calcificación), que dificultaron la observación y definición de las marcas de crecimiento, se puede considerar que el enfoque multimodelo permitió tener un estimado en el crecimiento de la especie.

8 CONCLUSIONES

- Las hembras de *C. ventriosum* presentaron una mayor talla que los machos.
- La relación entre el DV-LT fue lineal positiva para ambos sexos de *C. ventriosum* con diferencias entre sexos.
- Las vértebras cervicales de *C. ventriosum* presentan una forma cónica, poca calcificación y un borde grueso en las vértebras de mayor tamaño.
- Los cortes longitudinales en vértebras húmedas dieron el mejor resultado para observar las marcas de crecimiento en las vértebras cervicales de *C. ventriosum*.
- Las hembras de *C. ventriosum* presentaron mayor edad respecto a los machos.
- Las hembras alcanzaron en su mayoría una L_{∞} estimada entre los 5-6 años de edad.
- Los machos alcanzaron en su mayoría una L_{∞} estimada entre los 7-8 años de edad.
- El modelo que mejor describe el crecimiento basado en el criterio de información de AIC, Δ_i y w_i para hembras de *C. ventriosum* fue el logístico, para machos fue VBGM2P y para sexos combinados fue GGM2P.

9 RECOMENDACIONES

- Aumentar el número de muestra incluyendo organismos juveniles del tiburón gato *C. ventriosum*.
- Probar más técnicas incluyendo la histología para evidenciar las marcas de crecimiento y de ser posible el borde en las vértebras de *C. ventriosum*.

- Llevar a cabo un estudio con vértebras de *C. ventriosum* de distinta región corporal y comparar las marcas observadas entre ellas.
- Llevar a cabo tomografías computarizadas con distintos parámetros (menor kV, mayor mA y con distintos intervalos de tiempo) para tratar de obtener mejores resultados en vértebras de *C. ventriosum*
- Realizar más estudios de edad y crecimiento en la especie que permitan comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo.

10. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Arellano, A. 1987. Aspectos oceanográficos del Golfo de California. Serie didáctica. A.4. UABCS. 37 pp.
- Ashley, L.M. & R.B. Chiasson. 1988. Laboratory Anatomy of the Shark. Wm. C. Brown Publishers. 84 pp.
- Baptista, M., R. Coelho, I. Figueredo & K. Erzini. 2010. Determination of age and growth of *Galeus melastomus*, (Rafinesque 1810) a deep-water shark, using a modification to the cobalt Nitrate Technique. Portugal. ICES CM 2010/E:40.
- Baró-Camarasa, I. 2016. Hábitos alimentarios del tiburón gato *Cephaloscyllium ventriosum* (Garman, 1880), en Bahía Tortugas, Baja California Sur. México. Tesis de Maestría. Universidad de Barcelona, España. 26 pp.
- Beamish, R. J. & D.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 38: 982-983 pp.
- Bernal-Gutiérrez, J.E. 2017. Edad y crecimiento del tiburón *Mustelus californicus* en el área de Bahía Tortugas, Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 57 pp.
- Bernal-Pérez, S. 2017. Biología reproductiva del tiburón *Cephaloscyllium ventriosum* (Carcharhiniformes: Scyliorhinidae) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 141 pp.
- Bertalanffy, L. V. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10: 181-213.
- Beverton, R.J.H. & S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Min. Agric. Fish. Fish. Invest. (Ser. 2) 19, 533 pp.
- Cailliet, G.M., L.K. Martin, D. Kuser, P. Wolf & B.A. Welden. 1983. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs. 157–165. En: Prince, E. D. & Pulos, L. M. (Eds.), Proceedings International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, Sharks, NOAA Tech. Rep. NMFS 8.
- Cailliet, G.M. 1990. Elasmobranch age determination and verification: an updated review. In *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology,*

- Systematics, and the Status of the Fisheries*. Vol. 90 (Pratt, H. L., Gruber, S. H. & Taniuchi, T., eds). Washington: Department of Commerce. 157–165 pp.
- Cailliet, G.M. & S. Tanaka. 1990. Recommendations for research needed to better understand the age and growth of elasmobranch. En: Pratt Jr. H. L., S. H. Gruber & T. Taniuchi, (Eds.). pp. 505-507. *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic, and the Status of the Fisheries*. NOAA Technical Report 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. Florida, EU.
- 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. *Env. Biol. Fish.*, 77:211-228.
- Campana, S.E. 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 2219-2227.
- Campana, S.E. 2001. Accuracy, precision, and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish Biol.*, 59:197-242.
- Campana, S.E. 2014. Age determination of elasmobranchs, with special reference to Mediterranean species: a technical manual. *Studies and Reviews*. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No. 94. Rome, FAO. 38 pp.
- Casey, J.G., H.L.J. Pratt & C.E. Stillwell. 1985. Age and growth of the sandbar shark (*Carcharhinus plumbeus*) from the western North Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42(5): 963-75.
- Castro, J.I. 1983. *The sharks of North American waters*. Texas A & M University Press, College Station. (Completar correctamente esta cita)
- Castro, J.I. 2011. *The Sharks of North America*. Oxford University Press. Primer Edición. USA. 163 pp.
- Cervantes-Gutiérrez, F. 2018. Demografía de la raya pinta *Zapteryx exasperata* (Jordan & Gilbert, 1880) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Doctorado, CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México, 147 pp.

- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish Aquat. Sci*, 39: 1208-1210.
- Clark, E. & J. E. Randall. 2011. *Cephaloscyllium stevensi*: a new species of swellshark (Carcharhiniformes: Scyliorhinidae) from Papua New Guinea. *Aqua.*, 17(1): 23-34. Se anexó
- Clement, J.G. 1992. Re-examination of the fine structure of endoskeletal mineralization in chondrichthyans: implications for growth, ageing and calcium homeostasis. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43:157-181.
- Compagno, L.J.V. 1984. FAO species catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Carcharhiniformes. *FAO Fish.Synop.*, (125) Vol.4, Pt.2:251-655.
- Compagno, L.J.V. 2005. Check list of living elasmobranchs. 503-548. En: W.C. Hamlett. (Ed). *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, batoids and chimaeras*. Science Publishers, Enfield.
- CONAPESCA-Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2013. Anuario Estadística de Acuicultura y Pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 295 pp.
- Conover, D.O. 1990. The relations between capacity for growth and length of growing season: Evidence for and implications of countergradient variation. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 119: 416-430.
- Conrath, C., J. Gelslichte & J. Musick. 2002. Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the northwest Atlantic Ocean. *Fish. Bull.*, 100:674–682.
- Cortés, E. 2000. Life History Patterns and Correlations in Sharks. *Reviews in Fisheries Science* 8(4): 299-344.
- Correia, J.P. & Figueredo I.M. 1997. A modified decalcification technique for enhancing growth bands in Deep-coned vertebrae of elasmobranchs. *Environmental Biology of Fishes*, 50: 225-230.
- Cox, K.W. 1963. Egg-cases of some elasmobranchs and a cyclostome from *California waters*. *California Department of Fish and Game*. (49)4: 271–289.
- 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 pp.

- Dean, M.N. & A. Summer. 2006. Mineralize cartilage in the skeleton of chondrichthyan fishes. *Zoology*, 109:164-168.
- DeVries, D.R. & R.V. Frie. 1996. Determination of age and growth. In: Murphy, B.R. & D.W. Willis. Eds., *Fisheries Techniques*, 2nd ed. American Fisheries Society, Bethesda, MD. 483-512 pp.
- Di Lorenzo, A., J. Miller, J. Douglas, B. Neilson, D. Cornuelle & J.R. Moisan. 2004. Modelling observed California Current mesoscale eddies and the ecosystem response. Scripps Institution of Oceanography. Universidad de California, San Diego, La Jolla, California. (25)7-8, 1307-1312 pp.
- Ebert, D.A. 2003. *Sharks, Rays and Chimaeras of California*. University of California Press, Berkeley, California, USA. 284 pp.
- Ehrhardt, N.M. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera parte: Parámetros poblacionales. FAO-CICIMAR. 134 pp.
- Fabens, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29: 265-289.
- FAO. 1998. Plan de Acción Internacional para la Conservación y Ordenación de los Tiburones (PAI-Tiburones). Orientaciones Técnicas para la pesca responsable. No.4. Supl.1. Roma. 66 pp.
- Farrell, E., S. Mariani & M. Clarke. 2010. Age and growth estimates for the starry smoothhound (*Mustelus asterias*) in the Northeast Atlantic Ocean. *ICES J. Mar. Sci.*, 67: 931-939.
- Feldheim, K. A., A. Clews, A. Henningsen, L. Todorov, C. Mcdermott, M. Meyers, J. Bradley, A. Pulver, E. Anderson & A. Marshall. 2016. Multiple births by a captive swellshark *Cephaloscyllium ventriosum* via facultative parthenogenesis. *J. Fish. Biol.*, 90: 1047-1053 pp. DOI: 10.1111/jfb.13202.
- Ferry-Graham, L.A. 1997. Feeding Kinematics of juvenile swell sharks, *Cephaloscyllium ventriosum*. *J. exp Biol* 200: 1255-1269 Frazzetta TH, Prange CD (1987) Movements of cephalic components during feeding in some réquiem sharks (Charchariniformes: Charcharinidae) *Copeia*, 4: 979-993.

- Ferreira, B.P. & C.M. Vooren. 1991. Age, growth, and structure of vertebra in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from southern Brazil. *Fish. Bull.*, 89: 19–31.
- Francis, M. 1981. Von Bertalanffy Growth Rates in Species of *Mustelus* (Elasmobranchii: *Triakidae*) *Copeia* 1: 189-192.
- Francis, M. & Ó.C. Maolagáin. 2000. Age, growth and maturity of a New Zealand endemic shark (*Mustelus lenticulatus*) estimated from vertebral bands. *Mar. Freshwater Res.*, 51: 35-42.
- Franks, P.J.S. 1992. Phytoplankton blooms at fronts: patterns, scales and physical forcing mechanisms. *Rev. Aqua. Sci.*, 6 (2): 121-137.
- Garman, S. 1880. New species of selachians in the museum collection. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard University* 6:167–172.
- Gennari, E. & U. Scacco. 2007. First age and growth estimates in the Deep water shark, *Etmoperus spinax* (Linnaeus, 1758), by Deep coned vertebral análisis. Rome, Italy. *Mar. Biol.*, 152: 1207-1212. DOI 10.1007/s00227-007-0769-y.
- Geraghty, P.T., A.S. Jones, J. Stewart & W.G. Macbeth. 2012. Micro-computed tomography: an alternative method for shark ageing. *Journal of Fish Biology* doi:10.1111/j.1095-8649.2011.03188.x
- Goldman, K.J. 2005. Age and growth of elasmobranch fishes. Pp.76-102. En: Musick J. A. y R. Bonfil (Eds). *Management Techniques for Elasmobranch Fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper.
- Grover, C.A. 1970. The egg-cases of the swell shark, *Cephaloscyllium ventriosum*: Formation, Function, and Population Differences. Thesis of Master of Science. UBC. Canada. 68 pp.
- Gulland, J.A. & S.J. Holt. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *ICES J. Cons.*, 25: 47–49.
- Guzmán-Castellanos, A.B., E. Morales-Bojórquez & E.F. Balart. 2014. Estimación del crecimiento individual en elasmobranquios: la inferencia con modelos múltiples. *Hidrobiológica*, 24 (2):137-150.
- Guzmán-Del Próo, S.A., S.R. Mille-pagaza, R. Guadarrama-granados, S. De la Campa-De Guzmán, J. Carrillo-Laguna, A. Pereira-corona, J. Belmar-pérez, N. Parra-Alcocer

- & A.C. Luque-guerrero. 1991. La comunidad bentónica de los bancos de abulón (*Haliotis* spp. mollusca: gastropoda) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, 36: 27-59.
- Guzmán-Del Prío S.A., F. Salinas, O. Saytsev, J. Belamar-Perez & J. Carrillo-Laguna. 2000. Potential dispersion of reproductive products and larval stages of abalone (*Haliotis* spp.) as a function of the hydrodynamics of Bahia Tortugas, Mexico. *J. Shellfish Res.* Vol. 19, No. 2. 869-881.
- Gruber, D.F., E.R. Loew, D.D. Deheyn, D. Akkaynak, J.P. Gaffney, W.L. Smith, M.P. Davis, J.H. Stern, V.A. Pieribone, & J.S. Sparks. 2016. Biofluorescence in catsharks (*Scyliorhinidae*): fundamental description and relevance for elasmobranch visual ecology. *Scientific Reports* 6: article No. 24751.
- Haddon, M. 2001. *Modeling and Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman & Hall/ CRC Press. Florida, E.U. 406 pp.
- Hoening, J.M. & C.A. Brown. 1988. A simple technique for staining growth bands in elasmobranch vertebrae. *Bulletin of Marine Science* 42:334-337.
- Hua-Hsun H., Shouou JengJ., R. E. Hueter & K. Kwan-Ming, L. 2014. Age and growth of the whale shark (*Rhincodon typus*) in the north-wester Pacific. Taiwan. *Marine and Freshwater Research*, 65, 1145–1154 <http://dx.doi.org/10.1071/MF13330>.
- Inoue, S. & K. Nakaya. 2006. *Cephaloscyllium parvum* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae), a new swell shark from the South China Sea. *Species Diversity.*, 11: 77-92.
- Ishiyama, R. 1978. R examination of the age and growth of Raja. *Monthly Marine Science (Japan)*, 10(3):188-194.
- Ivory, P., F. Jeal & C.P. Nolan. 2012. Age determination, growth and reproduction in the Lesser-spotted Dogfish, *Scyliorhinus canicula* (L.). Ireland. *J. Northw. Atla. Fish. Sci.*, Vol. 35.
- Joung, S.J., H. Hua-Hsun & L. Kwang-Ming. 2017. Distribution Pattern, age, and growth of blue sharks in the South Atlantic Ocean. Taiwan. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 9:38–49. DOI: 10.1080/19425120.2016.1249579.

- Kirkwood, G.P. & I.F. Sommers. 1984. Growth of two species of tiger prawn, *Penaeus esculentus* and *P. semisulcatus* in the western Gulf of Carpentaria. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 35: 703–712.
- Katsanevakis, S. 2006. Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research* 81: 229-235.
- Katsanevakis, S. & C.D. Maravelias. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and fisheries* 9:178-187.
- Last, P.R. & J.D. Stevens. 1994. *Sharks and Rays of Australia*. C.S.I.R.O., Australia. 513 pp.
- MacNeil, M.A. & S.E. Campana, 2002. Comparison of whole and sectioned vertebrae for determining the age of young blue shark (*Prionace glauca*). *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science.*, 30:77-82.
- Méndez, L.I. 2008. Edad y crecimiento del cazón pardo *Mustelus henlei* (gill, 1863), en la región norte del golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 57 pp.
- Moss, S.A. 1972. Tooth replacement and body growth rates in the smooth dogfish, *Mustelus canis* (Mitchill). *Copeia* 1972:808-811.
- Moulton, P., T. Walker & S. Saddler. 1992. Age and Growth Studies of Gummy Shark, *Mustelus antarcticus* Günther, and School Shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus), from Southern Australian Waters. *Mar. Freshwater Res.*, 43: 1241-67. Checar tesis
- Morán-Villatoro, J.M. 2018. Edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México, 76 pp.
- Moore, D.M., I.D. McCarthy & F. Neat. 2013. Population biology and ageing of the Deep water sharks *Galeus melastomus*, *Centroselachus crepidater* and *Apristurus Centroselachus* from the Rockall Trough, north-east Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, p. 1 of 10. doi:10.1017/S0025315413000374.
- Musick, J.A. & R. Bonfil. 2004. Elasmobranch fisheries management techniques. APEC Fisheries working group. 379 pp.

- Natanson, L.J., G.B. Skomal, S.L. Hoffmann, M.E. Porter, K.J. Goldman & D. Serra. 2018. Age and growth of sharks: do vertebral band pairs record age? *Mar. Freshw. Res.*, 69:1440–1452.
- Nakaya, K., S. Inoue & H. Ho. 2013. A review of the genus *Cephaloscyllium* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae) from Taiwanese waters. *Zootaxa.*, 3752 (1): 101-129.
- Nakaya, K. 1975. Taxonomy, comparative anatomy and phylogeny of Japanese catsharks, Scyliorhinidae. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 23: 1-94.
- Nakaya, K., S. Inoue & H. Ho. 2013. A review of the genus *Cephaloscyllium* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae) from Taiwanese waters. *Zootaxa.*, 3752 (1): 101-129.
- Nelson, D.R. & R.H. Johnson. 1970. Diel activity rhythms in the nocturnal, bottom dwelling sharks, *Heterodontus francisci* and *Cephaloscyllium ventriosum*. *Copeia*, 4, 732–739.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London. 352 pp.
- Officer, R.A., A.S Gasson, I.W. Terrence & 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. *Aquat. Sci.*, 53: 1765-1777.
- Officer, R.A., R.W. Day, J.G. Clement & L.P. Brown. 1997. Captive gummy sharks, *Mustelus antarcticus*, form hypermineralized bands in their vertebrae during winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.*, 54:2677–2683.
- OSPESCA. 2008. *Protocolo de Colecta de Datos de los Desembarques y Muestreo Biológico en la Pesca Artesanal e Industrial de Tiburones y Rayas en América Central*. Grupo Técnico Regional de Tiburones (GTRT) de la Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA). 36 pp.
- Panfili J., H. de Pontual, H. Troadec & P.J. Wright (eds). 2002. *Manual of fish sclerochronology*. Ifremer-IRD coedition, Brest, France, 464 pp.
- Parsons, G.R. 1993. Geographic variation in reproduction between two populations of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*. *Environ. Biol. Fishes.*, 38: 25-35.

- Parsons K.T., J. Maisano, J. Gregg, C.F. Cotton & R.J. Latour. 2018. Age and growth assessment of western North Atlantic spiny butterfly ray *Gymnura altavela* (L. 1758) using computed tomography of vertebral centra. *Environ. Biol. Fish.*, 101:137-151.
- Pérez-Jiménez, J. 2006. Biología y Taxonomía de los Tiburones del Género *Mustelus* (Elasmobranchii) de la Región Norte del Golfo de California. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 174 pp.
- Porter, M.E., J.L. Beltrán, T.J. Koob & A.P. Summers. 2006. Material properties and biochemical composition of mineralized vertebral cartilage in seven elasmobranch species (Chondrichthyes). *J. Exp. Biol.*, 209: 2920-2928.
- Porter, M., T. Koob & A. Summers. 2007. The contribution of mineral to the material properties of vertebral cartilage from the smooth-hound shark *Mustelus californicus*. *J. Exp. Biol.*, 210, 3319-3327.
- Ramírez-Amaro, S.R. 2011. Caracterización de la pesquería artesanal de elasmobranchios en la costa occidental de Baja California Sur, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). Tesis de Maestría en Ciencias. México. 82 pp.
- Ramírez-Amaro, S.R., D. Cartamil, F. Galván-Magaña, G. González-Barba, J.B. Graham, M. Carrera-Fernández, O. Escobar-Sánchez, O. Sosa-Nishizaki & J.B. Rochin-Alamillo. 2013. The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California Sur, México, management implications. *Scientia Marina*, 77(3): 473-487.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board. Can.*, 191:1–382.
- Ricker, W.E. 1979. Growth Rates and Models. In: *Fish Physiology*, Vol. 8. (eds W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett). Academic Press, New York NY, pp. 677–743.
- Rinelli, P., T. Bottari, G. Florio, T. Romeo, D. Giordano & S. Greco. 2005. Observations on distribution and biology of *Galeus melastomus* (Chondrichthyes, Scyliorhinidae) in the southern Tyrrhenian Sea (central Mediterranean). *Cybium*, 29: 41-46.
- Robertson, T.B. 1923. The chemical basis of growth and senescence. In: Loeb, J., T.H. Morgan, and W.J.V. Osterhout (Eds.), *Monographs on Experimental Biology*, Philadelphia and London, J. B. Lippincott Company, 389 pp.

- Rodríguez-Cabello, C., F. Sánchez & F. Velasco. 2005. Growth of Lesser Spotted Dogfish (*Scyliorhinus canicula* L., 1758) in the Cantabrian Sea, Based on Tag-Recapture Data. Santander, Spain. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 35: 131-140.
- Salinas-Zavala, C.A., A. Leyva-Contreras, D. Lluch-Belda & E. Díaz-Rivera. 1990. Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera*, 3:217-237.
- Schaaf-Da Silva, J. A. & D. A. Ebert. 2008a. A revision of the western North Pacific swellsharks, genus *Cephaloscyllium* Gill 1862 (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae), including descriptions of two new species. *Zootaxa.*, 1872: 1-28.
- Schaaf-Da Silva, J. A. & D. A. Ebert. 2008b. A redescription of the eastern Pacific swellshark, *Cephaloscyllium ventriosum* (Garman 1880) (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae), with comments on the status of *C. uter* (Jordan y Gilbert 1896). *Zootaxa.*, 1872: 59-68.
- Simkiss, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. Pp. 1-12. En: Bagenal, J.B. (Ed.) *The ageing of fish*. Unwin Brothers.
- Sims, D.W. 2005. Differences in habitat selection and reproductive strategies of male and female sharks. En Ruckstuhl, K. & P. Neuhaus (Eds) *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the Two Sexes*. Cambridge University Press, Londres, 500 pp.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1981. *Biometry*. 2nd ed. W.H. Freeman and Company. New York, 859 pp.
- Soto-López, K. 2018. Demografía del tiburón mamón pardo *Mustelus henlei* (Grill, 1983) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 139 pp.
- Shoou-Jeng, J., C. Jun-Hsu, C. Chien-Pang & L. Kwang-Ming. 2015. Age and Growth of the Dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the Western North Pacific Ocean. Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, Vol. 26, No. 2, Part I, 153-160. doi: 10.3319/TAO.2014.10.15.01(Oc).
- Shoou-Jeng J., C. Nien-Fu, H. Hua-Hsun & L. Kwan-Ming. 2016. Estimates of life history parameters of the oceanic whitetip sharks, *Carcharhinus longimanus*, in the Western North Pacific Ocean. *Marine Biology Research*. 12:758-768. <http://dx.doi.org/10.1080/17451000.2016.1203947>.

- Shoou-Jeng J., L. Guann-Tyng, S. Kwang-Yu, H. Hua-Hsun & L. Kwang-Ming. 2017. Distribution pattern, age and growth of blue sharks in the South Atlantic Ocean, *Marine and Coastal Fisheries* 9(1): 38-49. <http://dx.doi.org/10.1080/19425120.2016.1249579>.
- Smart, J.J., A.V. Harry, A.J. Tobin & C.A. Simpfendorfer. 2013. Overcoming the constraints of low sample sizes to produce age and growth data for rare threatened sharks. *Aquatic Conserv.Mar.Freshw.Ecosyst.* 23:124-134.
- Smart, J.J., A. Chin, A.J. Tobin & C.A. Simpfendorfer. 2016. Multimodel approaches in shark and ray growth studies: strengths, weaknesses and the future. *Fish and Fisheries*. DOI: 10.1111/faf.12154.
- Strong, W.R. 1989. Behavioral Ecology of Horn Sharks, *Heterodontus francisci*, at Santa Catalina Island, California, with Emphasis on Patterns of Space Utilization. Master's thesis, California State University, Long Beach. USA.
- Tanaka, S. & K. Mizue. 1979. Age and growth of Japanese dogfish *Mustelus manazo* in the East China Sea. *Bul.l Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 45(1):43-50.
- Taniuchi, T. 1988. Aspects of Reproduction and Food Habits of the Japanese Swellshark *Cephaloscyllium umbratile* from Choshi, Japan. *NIPPON SUISAN GAKK.*, 54(4): 627-633.
- Torres-Huerta, A.M., C. Villavicencio-Garayzar & D. Corro-Espinosa. 2008. Biología reproductiva de la cornuda común *Sphyrna lewini* Griffith & Smith (Sphyrnidae) en el Golfo de California. *Hidrobiológica.*, 18(3): 227-238.
- Torres-Orozco, E. 1993. Análisis volumétrico de la masa de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE. México. 75 pp.
- Villavicencio-Garayzar, C.J., C.F. White & C.G. Lowe. 2015. *Cephaloscyllium ventriosum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T60227A80671800. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T60227A80671800.en>
- Walmsley-Hart, S. A., W. H. H. Sauer & C. D. Buxton. 1999. The biology of the skates *Raja wallacei* and *R. pullopunctata* (Batoidea: Rajidae) on the agulhas bank, South Africa. *S. Afr. J. mar.*, 21: 165-179.
- Yamaguchi, A., S. Huang, C. Che-Tsung & T. Taniuchi. 1999. Age and growth of the starspotted smooth-hound, *Mustelus manazo* (Chondrichthyes: Triakidae) in the waters of north-eastern Taiwan. *Paris: Soco Fr. Ichtyol.* 505-513.

Yudin, K.G. & G.M. Cailliet. 1990. Age and growth of the gray soothound, *Mustelus californicus*, and the brown smoothhound, *M. henlei*, sharks from central California. *Copeia*, 1:191-204.

LITERATURA ELECTRÓNICA CITADA

International Union for Conservation of Nature (IUCN) - www.iucnredlist.org