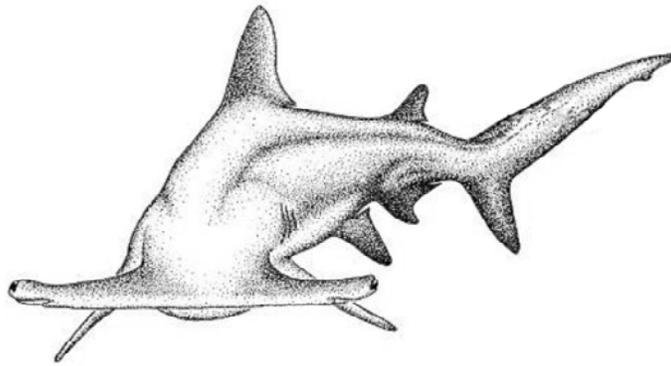




Universidad Autónoma de Baja California Sur
Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar
Departamento de Biología Marina

"Edad y Crecimiento de *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en las
costas de Baja California Sur, México."



T e s i s

Que para obtener el título de:

Biólogo Marino

presenta:

Eduardo Garza Gisholt

La Paz, B.C.S., México

Diciembre del 2004

Dedicatoria

A mis padres

Eduardo y Ana Luisa

A mis hermanas

Ana Cecilia y Tania

A mi compañera de aventuras

Mariana

Sin ustedes este trabajo no sería realidad

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme todo lo que tengo en la vida.

A la Universidad por ser mi *Alma matter*, por haberme dado esta carrera tan padre que es la Biología Marina, haberme dado la formación necesaria y por todos los gustos y disgustos que pasé durante el tiempo estado ahí

Al CICIMAR por haberme proporcionado las muestras, al CICESE por permitirme utilizar su laboratorio para hacer mis cortes, al CIBNOR por apoyarme en la impresión y el empastado y a Sistemas Vinatier por ayudarme con la impresión de esta tesis.

A Caro por ayudarme con este trabajo durante todo este tiempo, gracias Carito por haber estado siempre conmigo, tus consejos y tu ayuda valen oro.

A Felipe por haberme brindado la oportunidad de trabajar con tiburones y por haber estado siempre dispuesto a ayudarme aunque tuviera mucha gente más que escuchar.

A Gerardo por haber sido el primero en darme la oportunidad de aprender de los tiburones, las bases de taxonomía que me diste son una gran ayuda, siempre te lo agradeceré.

A Oscar porque me dio la bienvenida en Ensenada y me ayudó a procesar todas mis muestras además de darme siempre un buen consejo y a Emelio que me ayudó con la revisión de mi trabajo.

A mis padres que siempre me han apoyado en las buenas y en las malas, por haber sido un excelente ejemplo para mí y por ayudarme en todos mis proyectos e ideas por locas que parezcan; por siempre haberme escuchado y estado conmigo aunque me fui muy lejos. A mis hermanas Ceci y Tania por siempre haber estado cuando las necesitaba y siempre haber reído conmigo, eso me ayudó mucho siempre, las quiero mucho.

A mi familia que siempre ha creído en mí y siempre me han apoyado, en especial a mis dos abuelas que me han dado tanto amor. A todos mis tíos y mis primos que me hicieron pasar muy buenos momentos durante mis vacaciones.

A mi familia de La Paz, gracias Cuquis por todo el apoyo que me has dado, Antonio siempre estuviste ahí para ayudarnos cuando te necesitamos. Me han recibido como si fuera su hijo. A toda la familia de Mariana y ahora mi familia, saben que los aprecio mucho.

A mis profesores que me enseñaron cada uno lo bueno de su materia además de que muchos de ellos son mis amigos Leo, Marco, Lisa, Renato, Gina, Octavio, Sandrita y Alma. Gracias por sus consejos.

A Vinatier por ser un amigo incondicional, tu ejemplo y todo lo que me has enseñado me han ayudado mucho, siempre que necesité cualquier clase de ayuda, estuviste ahí por más ocupado que estuvieras. Al Doc por haber compartido conmigo y con Vina los primeros años de mi carrera que fueron excelentes.

A mis amigos de carrera, Gerardini, Emmanuel "Compita" y Romeo "Compa supleme mañana" que buenos momentos pasamos juntos, a Jessy, Eliana, Sheila, Montse "Yucota" y por supuesto a Mariana; y a todos mis compañeros de clase por todas las experiencias que pasamos juntos me hicieron aprender muchas cosas.

A mis amigos de La Paz que me hicieron que no extrañara mi casa. Gracias doña Carmen, Chilango, don Rodolfo, mis tíos Duboist, Siria y Ernesto gracias arqui por todos estos momentos. Pedro, Beto, Mariano, Joe, Kuami, Horacio, Axel, Noe, Rudo, Quina, Ramón y a todos los del futbol que me hicieron pasar gratos momentos. A Salvador y a Luke por todos sus consejos. A Elisa, Lenin, Burro, Alonso, Chola y Lolita y todas sus generaciones que a pesar de ser los grandes me ayudaron mucho. A Dulce, Uri y por supuesto a ti Güera que aunque las conocí por la Mariana, las considero mis buenas amigas. También a mis chaparritos Robert y Steven que nos dieron tantas alegrías y apoyo económico a Mariana y a mi.

A mis amigos incondicionales del chilaquil que aunque me haya ido lejos siempre han estado cerca de mi, Flavio, Víctor y por supuesto mis padrinos Eloy y Malena que han sido otra familia para mi, Mike desde que éramos niños, Tito, Sergio, Pamelix, Man, Niuni y Lili.

A mis amigos que me enseñaron que la vida en el agua es muy bella, gracias Ángel por enseñarme desde que era pequeño, Doc Ezquerro gracias por todos tus consejos y ya ves doc aquí estamos, Gastón, Serafín, Gerardo, Benjamín, Julio, Sixto, Charly, Roberto y Daniel, donde quiera que estén muchas gracias, espero que la ANAM haya dejado un fruto en mí.

A mis amigos de CICIMAR, Toño, fuiste parte fundamental de este trabajo, Mary siempre fuiste un apoyo muy grande para mi, Nayelly, Mauricio, Arturo, Melisa, Constanza, don Pancheiro y a todos los que me ayudaron en el CICIMAR. A los que me ayudaron en el CICESE en Ensenada, gracias Carmen por dejarme usar tu laboratorio, Poncho y Juan Carlos me hicieron sentir parte del laboratorio cuando estuve por allá. Gracias a la gente del CIBNOR, Cuquis nunca me negaste nada e hiciste todo lo posible por ayudarme siempre, Adriana la portada me gustó mucho.

En especial a ti Mariana que me acompañaste desde el principio en esto que es la Biología Marina, primero como mi amiga, después como mi novia y finalmente como mi esposa. Por inspirarme con tu sonrisa y enseñarme tantas cosas, gracias chaparra sin ti no lo hubiera logrado

A todos los que me han ayudado de alguna forma y se me olvidó mencionar porque son muchos nombres, no porque no signifiquen lo mismo, muchas gracias.

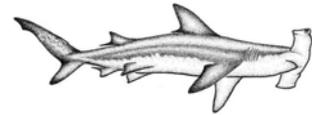
Yo se que mis agradecimientos son un poco extensos pero nunca van a ser suficientes para decir cuanto les agradezco todo lo que han hecho por mi y todo lo que significan. Espero no defraudarlos.

ÍNDICE

Lista de Tablas	I
Lista de Figuras.....	II
Glosario	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Introducción.....	1
Antecedentes	6
Justificación.....	9
Objetivo General	10
Objetivos Particulares	10
Área de Estudio.....	11
Metodología	
Muestreo	14
Procesamiento de las vértebras.....	15
Estructura de tallas	17
Relación entre el radio de la vértebra y longitud total	17
Determinación de la edad	18
Estructura de edades	19
Validación	20
Retrocálculo para longitudes totales	20
Estimación de los parámetros de crecimiento.....	21

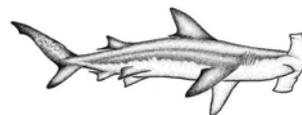
Resultados

Muestreo	22
Análisis de las vértebras	23
Estructura de tallas	25
Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total.....	27
Determinación de la edad	30
Estructura de edades	31
Validación	32
Retrocálculo de longitudes totales	33
Estimación de los parámetros de crecimiento.....	34
Discusión.....	39
Conclusión.....	51
Recomendaciones y Sugerencias	52
Literatura Citada.....	53



LISTA DE TABLAS

Tabla I	Coordenadas de localización de los campos pesqueros.....	11
Tabla II	Organismos capturados por mes en las zonas de muestreo	23
Tabla III	Resultado de la prueba de pendientes para comprobar si hay diferencias entre sexos y entre localidades	29
Tabla IV	Valores promedio obtenidos por la fórmula del retrocálculo de longitudes totales	34
Tabla V	Datos obtenidos para la ecuación de von Bertalanffy	36



LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de la vista lateral y la vista ventral de la cabeza de <i>Sphyrna zygaena</i>	3
Figura 2	Distribución mundial de <i>Sphyrna zygaena</i>	6
Figura 3	Mapa de la ubicación de los siete campos pesqueros donde se colectaron las muestras	12
Figura 4	Medida de la Longitud Total (LT) y la zona donde fueron extraídas las vértebras anteriores	15
Figura 5	Diagrama del corte longitudinal de la vértebra.....	16
Figura 6	Diagrama del corte de una vértebra donde se indican sus diferentes partes.....	19
Figura 7	Gráfica del total de vértebras colectadas.....	24
Figura 8	Análisis de varianza de una vía para comparar los cuatro brazos de las vértebras	25
Figura 9	Frecuencias de tallas	26
Figura 10	Relación radio longitud del total de los organismos.....	27
Figura 11	Comparación entre la relación radio longitud de los machos y las hembras.....	28
Figura 12	Comparación entre la relación radio-longitud total en las dos localidades.....	29
Figura 13	Una banda formada por un anillo opaco y un anillo hialino.....	30
Figura 14	Frecuencia de organismos por número de bandas.....	31

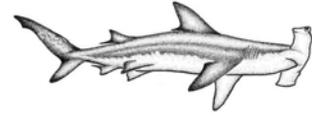
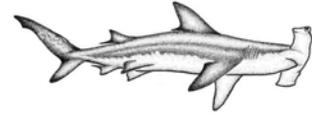


Figura 15	Comportamiento del margen opaco a través de los meses en un año tipo.	33
Figura 16	Distribución de la frecuencia de tallas por grupo de edad para <i>S. zygaena</i>	35
Figura 17	Curvas de crecimiento de von Bertalanffy para los datos observados y retrocalculados.....	36
Figura 18	Comparación entre las curvas de crecimiento de machos y hembras para los datos observados	37
Figura 19	Comparación entre las curvas de crecimiento de machos y hembras para los datos retrocalculados.	38



GLOSARIO

Corpus calcareum: En las vértebras de los elasmobranquios representa la parte más calcificada. En un corte longitudinal son los “brazos” del “moño” o “reloj de arena”.

Foco: Origen de cualquier estructura esquelética.

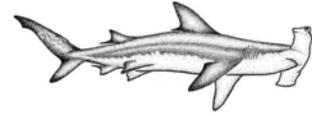
Intermedialia: Es la parte de la vértebra que tiene una menor calcificación, es el lugar donde se insertan los arcos hemal y neural.

Radio total de la vértebra: Distancia del foco de la vértebra al extremo del lado o “brazo” medida en el corte de la vértebra.

Radio parcial: Distancia del foco de la vértebra a cualquiera de las bandas formadas de la vértebra.

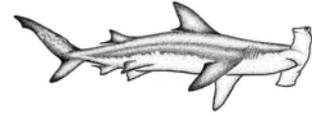
Retrocálculo: Estimación matemática de longitudes totales a cierta edad mediante el uso de relaciones morfométricas existentes entre el crecimiento del organismo y el crecimiento de la vértebra.

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



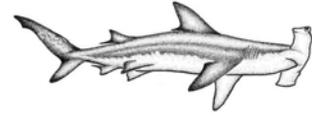
RESUMEN

Se describe la edad y el crecimiento de la cornuda prieta *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758), en las costas en Baja California Sur, México. Las muestras fueron colectadas en siete campos pesqueros agrupados en dos localidades: Golfo de California y Océano Pacífico. La toma de muestras se llevó a cabo desde julio del 2000 hasta agosto del 2002. La edad fue estimada por medio del conteo de bandas de crecimiento en cortes longitudinales de las vértebras. En total se analizaron 39 vértebras de las cuales 19 fueron machos y 20 fueron hembras. La relación entre el radio y la longitud presentó coeficiente de determinación de 0.948, se aplicó la prueba estadística de la diferencia entre dos pendientes, indicando que no hay diferencias significativas entre machos y hembras. Los intervalos de tallas varían desde los 110 cm hasta 283 cm de longitud total. La validación se hizo analizando el tipo de borde y observando en que meses se produce el borde opaco. Los grupos de edad encontrados van de un año hasta los 18 años. Los parámetros del modelo de von Bertalanffy para el total de la muestra son L_{∞} de 301.62, una k de 0.139 y una t_0 de -2.45.



ABSTRACT

I described the age and growth of the smooth hammerhead shark *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758), from the coast of Baja California Sur, Mexico. Samples were collected from seven fishery camps and grouped in two different locations: Gulf of California and Pacific Ocean. Samples were collected from July 2000 through August 2002. Age was estimated by counting the vertebral bands in longitudinal cuts of the vertebrae. There were analyzed a total of 39 vertebrae, 19 males and 20 females. The relationship between total length and vertebral radius had a correlation coefficient of 0.948; I applied the statistical test of two slopes, indicating that there is no significant difference between males and females. The length range was between 110 to 283 cm total lengths. The age validation was attempted by using the dark annulus in the vertebrae per month, assuming an annual band formation. . The age group varies from one to 18 years. The von Bertalanffy growth parameters were determinate for the total samples: $L_{\infty} = 301.62$, $k = 0.139$ and $t_0 = -2.45$.

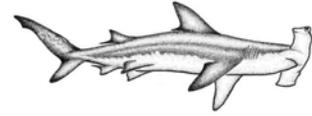


INTRODUCCIÓN

La pesca comercial de tiburones adquirió un gran auge desde la mitad del siglo pasado por su explotación para extraer la carne, el hígado, las aletas y otros productos. Desde entonces la captura de tiburones en los litorales de todo el mundo ha tenido un gran valor comercial.

En la década de los 40 se explotaba el tiburón principalmente para obtener las vitaminas que se encuentran en su hígado, que fueron posteriormente sintetizadas en laboratorio (Lineaweaver y Backus, 1970). La pesquería de tiburones en los años 70 volvió a tener importancia debido a la gran demanda de la aleta de tiburón, principalmente por países orientales que la consumen principalmente en sopa. Los tiburones eran capturados únicamente para aprovechar sus aletas desechando el cuerpo sin que fuera utilizado (Villavicencio-Garayzar, 1996).

En México se han registrado aproximadamente 80 especies de tiburones en ambos litorales, de las cuales sólo unas cuantas aportan la mayoría del producto pesquero que proviene de este grupo de organismos (Applegate *et al*, 1979). Los tiburones representan 2.5% de la producción pesquera del país y están detrás únicamente de organismos como la sardina, la anchoveta, el atún y la mojarra (Castillo-Géniz y Márquez-Farías, 1993). En Baja California Sur el recurso tiburón

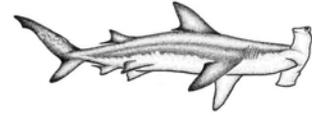


es el más explotado después de la sardina, la anchoveta y el atún (Villareal-González, 1987).

Los tiburones en general tienden a ser susceptibles a la sobreexplotación, principalmente cuando se encuentran en época reproductiva. Los tiburones denominados “cornudas” de la familia Sphyrnidae es un grupo capturado frecuentemente por palangres, redes superficiales y de fondo. Su carne es comercializada en fresco y seco-salada, las aletas se venden secas para preparar sopa, utilizando las pectorales, la primera dorsal y el lóbulo inferior de la aleta caudal alcanzando un precio máximo de 70 dólares por kilogramo en Singapur y de 100 dólares por kilogramo en México (Vannuccini, 1999).

La familia Sphyrnidae cuenta con dos géneros y ocho especies a nivel mundial; en el Océano Pacífico Mexicano se encuentran seis especies. La característica principal que los distingue de otros tiburones es la región anterior de la cabeza que es fuertemente achatada y expandida lateralmente a modo de martillo y presenta los ojos ubicados en los bordes externos. Las cornudas habitan en aguas superficiales de mares tropicales y templados, en zonas oceánicas aunque se aproximan a la costa para alimentarse y se cree que utilizan las zonas resguardadas cercanas a la costa para reproducirse (Compagno *et al.*, 1995).

El tiburón martillo o cornuda prieta, *Sphyrna zygaena*, presenta los lóbulos cefálicos largos y estrechos con un margen anterior sin la presencia de una



hendidura o muesca central (Fig. 1). Tiene un color oliváceo a pardo-grisáceo en la parte dorsal y una tonalidad más clara en la parte ventral; el extremo ventral de las aletas pectorales es oscuro. La primera aleta dorsal es grande con el margen posterior ligeramente falciforme, mientras que las aletas pectorales son cortas y de forma recta, la aleta anal tiene una muesca prominente (Compagno, 1984, Compagno *et al.* 1995).

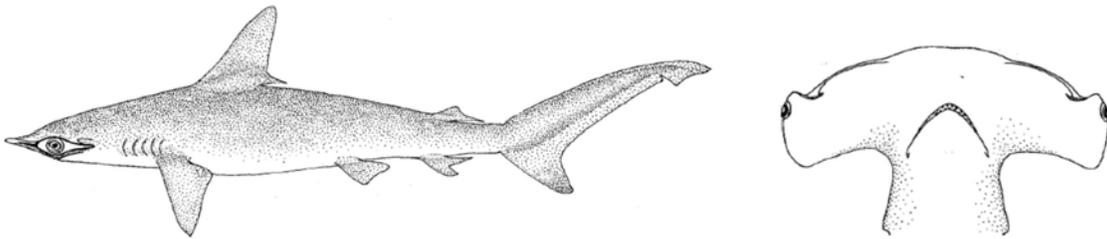
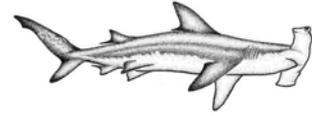


Fig. 1. Esquema de la vista lateral y la vista ventral de la cabeza de *S. zygaena* (Modificado de Compagno, 1984).

Tiene una longitud total de 250 a 350 cm, raramente alcanza los 400 cm (Ferrari y Ferrari, 2001). Las hembras alcanzan su madurez sexual cuando miden aproximadamente 230 cm LT, son vivíparos placentarios con un elevado número de crías que puede ir de 29 a 37 por camada. La talla aproximada de nacimiento es de 60 cm LT (Smale, 1991; Compagno, 1995; Tricas *et al.* 1998).

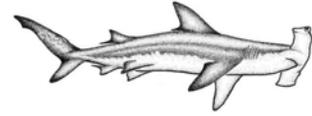
Se hallan en casi todas las aguas tropicales y templadas a nivel mundial, sin embargo, prefiere aguas templadas por lo que realiza migraciones a latitudes más frías en el verano (Springer y Gold, 1989). Es una especie que se encuentra



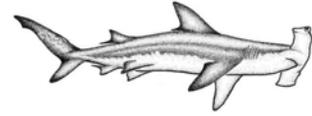
comúnmente en la superficie, habitando en aguas oceánicas y costeras (González-García, 2001). Se le puede observar formando cardúmenes de varios organismos generalmente juveniles aunque puede haber también adultos (Klimley, 1981). En las costas de Sudáfrica se han observado grandes cardúmenes de juveniles de menos de 150 cm LT (Compagno, 1984).

En estadio juvenil se alimenta de calamares y algunos peces que forman cardúmenes (Smale, 1991). Según Smale y Cliff (1998), los organismos adultos tienen una mayor tendencia por cefalópodos oceánicos, pero también de peces óseos bentónicos así como de pastinacas, rayas, y otros tiburones para lo cual utilizan diversos sentidos como la visión o la detección eléctrica por medio de las ámpulas de Lorenzini (Kalmijn, 1971).

La edad de los organismos puede ser calculada por diferentes métodos. Uno de estos métodos consiste en la lectura de marcas de crecimiento que se forman en estructuras duras en los organismos. En tiburones, el método más utilizado es el conteo de bandas de crecimiento en las vértebras (Cailliet *et al.*, 1986). Dichas marcas pueden deberse a una depositación diferencial del calcio causada por diversos factores tales como disponibilidad de alimento y enfermedades, o por factores fisicoquímicos como temperatura o salinidad (Cailliet, 1990).



Los estudios acerca de la biología de la especie como son la reproducción, la alimentación, la edad y el crecimiento son importantes para conocer los aspectos que pueden afectar a las poblaciones y su dinámica. La determinación de la edad de los organismos es de gran importancia ya que permite conocer el tipo de crecimiento que presentan para posteriormente relacionarlos con otros aspectos como la edad de primera madurez, la velocidad de crecimiento, la edad máxima alcanzada, entre otros.



ANTECEDENTES

Según Compagno (1984), la cornuda prieta *Sphyrna zygaena* tiene una distribución a nivel mundial en zonas tropicales y templadas. Se encuentra en el Océano Pacífico Oriental desde las costas de California hasta el Golfo de California y desde Panamá hasta Chile incluyendo las Islas Galápagos y las Islas de Hawai. En el Océano Pacífico Occidental se encuentra desde Japón hasta Vietnam y en la costa sur de Australia y Nueva Zelanda. También se distribuye en todo el Mar Mediterráneo, las costas desde el sur de Inglaterra hasta Costa de Marfil y en el Océano Atlántico Occidental se encuentra desde las costas de Nueva Escocia hasta el Mar Caribe y en el sur en Uruguay y Argentina (Fig. 2).

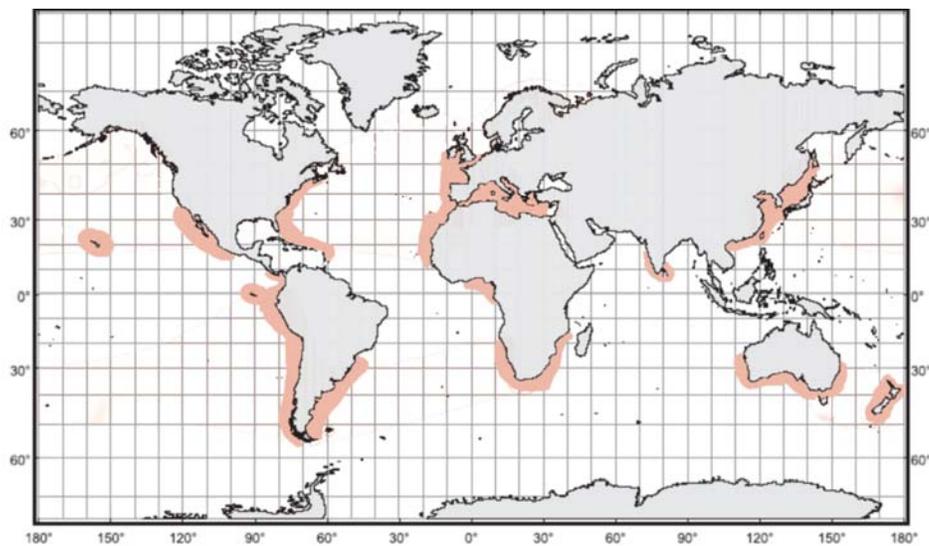
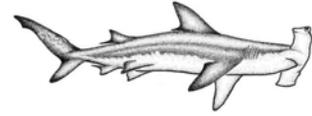


Fig. 2. Distribución mundial de *S. zygaena* (Modificado de Compagno, 1984).

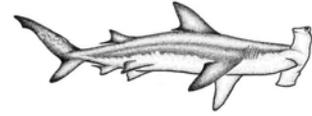


Se han realizado trabajos acerca de la alimentación de *S. zygaena* en las costas de Sudáfrica, encontrando que los juveniles presentan preferencia por los cefalópodos. En estos trabajos se encontró que esta especie es la segunda más abundante en las pesquerías. La mayoría de los organismos tienen un intervalo de tallas de 60-140 cm LT (Smale, 1991, Smale y Cliff, 1998).

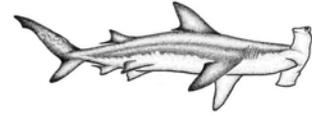
En Nueva Gales del Sur, Australia, la captura de las cornudas representa el 15% del total de la captura, además se dice que *S. zygaena* se captura a tallas de 100-240 cm LT en machos y 140-300 cm LT en hembras. También se mencionan estudios de alimentación donde el alimento predominante son los cefalópodos (Stevens, 1984).

Se ha registrado la captura de *S. zygaena* en las costas del Golfo de California alcanzando niveles de hasta 1.52% de la captura total de tiburones con un intervalo de tallas de 70 a 120 cm LT, tratándose de organismos inmaduros. En otras regiones como en las islas de Nayarit, la captura de *S. zygaena* puede llegar a representar el 34.93% total de la captura en los meses de enero a marzo (Pérez-Jiménez y Venegas-Herrera, 1997; Pérez-Jiménez, 2001).

Los trabajos de edad y crecimiento han sido realizados con diversas especies de tiburones para estudiar la variación del crecimiento en diferentes poblaciones; sin embargo ninguno ha sido realizado en *S. zygaena*. Se conocen estudios para *S. lewini* realizados por Schwartz (1983), en Carolina del Norte



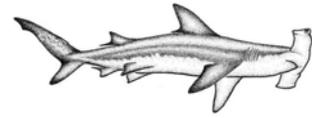
quien trabajó principalmente con organismos inmaduros y realizó comparación entre métodos de tinción. Chen *et al.* (1990), en el noroeste de Taiwán, trabajaron con la edad y el crecimiento de *S. lewini* aplicando el método de incremento marginal para validar la formación anual de un par de anillos. Anislado-Tolentino y Robinson (2001), en el Océano Pacífico Mexicano estudiaron la edad y crecimiento de *S. lewini*. Branstetter (1987), en el Golfo de México determinó medidas de 79-243 cm LT y al hacer el análisis de peso longitud obtuvo un valor de **b** de 3.0669 para *S. lewini*. También se hizo un estudio de edad y crecimiento con el tiburón cabeza de pala *Sphyrna tiburo* comparando dos poblaciones distintas de la Bahía de Tampa y de la Bahía de Florida, para validar la depositación de las marcas de crecimiento se utilizó el método de marcado y recaptura utilizando tetraciclina (Parsons, 1993).



JUSTIFICACIÓN

Los estudios de edad y crecimiento son importantes para determinar algunos aspectos biológicos de la cornuda prieta *Sphyrna zygaena*, debido a que es un tiburón que ha sido ampliamente capturado en las costas mexicanas. Asimismo las cornudas como todos los demás tiburones tienen una madurez tardía y baja fecundidad, ciclos reproductivos largos y una tasa de crecimiento lenta.

Otro punto importante es que se desconoce a la edad y el crecimiento de *S. zygaena*, información importante para determinar la tasa de crecimiento, la edad de primera madurez que ayudan a determinar la vulnerabilidad de la especie a la pesca, lo que permitiría sentar las bases biológicas para proponer un plan de manejo o la regulación de su explotación.

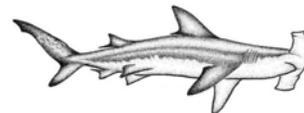


OBJETIVO GENERAL

Determinar la edad, el crecimiento y la estructura de tallas y edades de la cornuda prieta *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur, México.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Establecer la relación entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos.
- Determinar los grupos de edad de los organismos por medio de un conteo de bandas de crecimiento.
- Conocer las estructuras de edades y tallas de la especie.
- Validar la formación de anillos de crecimiento mediante el método de Incremento Marginal.
- Obtener la relación que existe entre la edad y la longitud total de los organismos.
- Estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para la especie.



ÁREA DE ESTUDIO

La colecta de las vértebras se realizó en siete campos pesqueros en las costas de Baja California Sur (Fig. 3). En el Golfo de California fueron cinco campos pesqueros y dos para el Océano Pacífico (Tabla I).

Tabla I. Coordenadas de localización de los campos pesqueros.

Campo pesquero	Latitud Norte	Longitud Oeste
Golfo de California		
Santa María	24° 56'	112° 42'
El Pardito	24° 51'	110° 42'
El Portugués	24° 41'	110° 42'
El Sauzoso	24° 18'	110° 35'
Punta Arenas	24° 3'	109° 49'
Océano Pacífico		
Punta Belcher	24° 34'	112° 05'
Punta Lobos	23° 25'	110° 14'

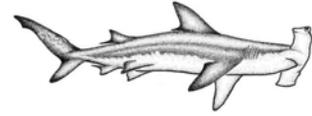
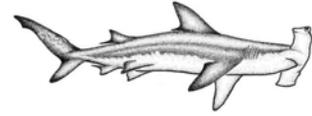


Fig. 3 Mapa de la ubicación de los siete campos pesqueros donde se colectaron las muestras.

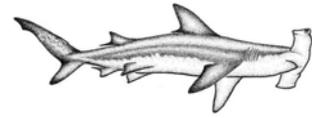
En el área de estudio, se pueden observar tres corrientes que influyen en diferentes magnitudes y diferentes épocas del año. La corriente de California es una corriente que tiene aguas frías y una baja salinidad de menos de 34 ppm y es una corriente con una profundidad por debajo de los 150 metros, llega a tocar la entrada del Golfo por su margen occidental en los meses de invierno. La corriente tropical del Océano Pacífico Oriental presenta aguas cálidas superficiales de 18°C y salinidades menores a 35 ppm y su influencia se da en verano y en otoño proveniente del sureste. La corriente del Golfo de California es una corriente superficial con aguas cálidas y salinidades mayores a 35 ppm y es una corriente



que fluye hacia el sur durante el verano y el otoño y tiene efecto principalmente en la parte norte del Golfo (Álvarez-Borrego, 1983 y De-La-Lanza, 1991).

La costa occidental de la Península en el Océano Pacífico está expuesta a un régimen de alta energía con vientos del noroeste en los meses de mayo a octubre y vientos del suroeste durante los meses de noviembre a febrero. Las corrientes que influyen la zona son la corriente de California que acarrea aguas frías provenientes del Subártico y son corrientes profundas que producen surgencias lo que hace que la zona sea altamente productiva. La corriente proveniente del sur es la Corriente Norecuatorial que transporta aguas cálidas y con bajos niveles de oxígeno disuelto en el agua (Gómez y Vélez, 1982).

La zona sur del Golfo de California es una zona de transición entre las aguas del Océano Pacífico y el Bajo Golfo que tiene cualidades hidrodinámicas variantes a lo largo de todo el año. Esto favorece a que haya una composición específica diferente tanto por regiones como en el tiempo (Thomson, *et al.*, 2000).

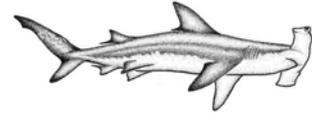


METODOLOGÍA

Muestreo

Los muestreos se llevaron a cabo en siete campos pesqueros, cinco en el Golfo de California y dos en la costa del Océano Pacífico desde julio del 2000 hasta agosto del 2002. Los organismos muestreados provienen de la captura de los pescadores ribereños de cada localidad. El método de pesca empleado fue el palangre con macarela como carnada y redes de superficie de 6 y 8 pulgadas de luz de malla. Después de que se capturaron los organismos fueron llevados a la playa para ser procesados y es ahí cuando se tomaron los datos biológicos de todos los organismos.

Se tomó la longitud total de cada organismo midiendo desde la punta de la cabeza hasta la punta de la aleta caudal procurando una posición del tiburón lo más natural posible (Fig. 4). Se determinó el de sexo de cada organismo. Se colectaron aproximadamente cuatro vértebras por organismo de la región anterior y cuando fue posible se tomaron muestras de vértebras de la región media del cuerpo y de la región posterior. Las vértebras se almacenaron congeladas en bolsas separadas correctamente etiquetadas.



Región donde se obtuvieron
las vértebras anteriores

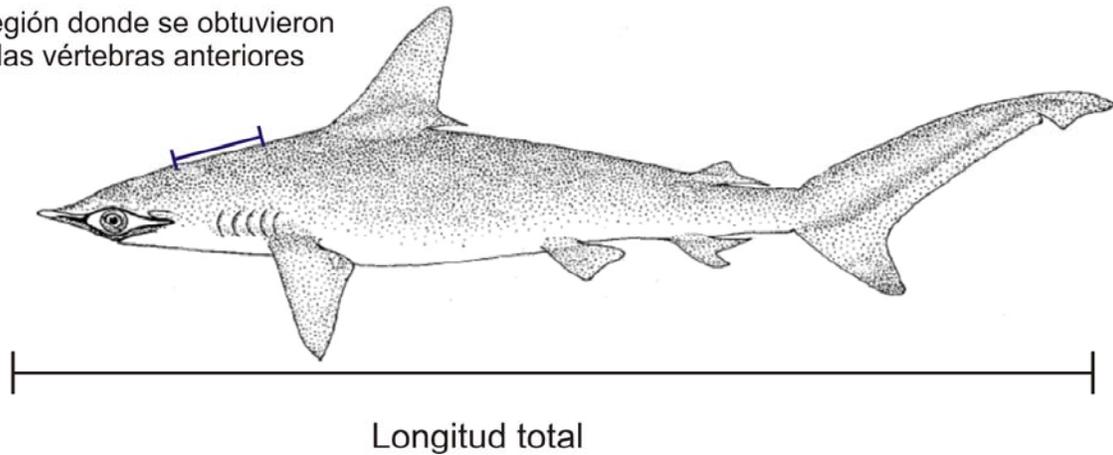
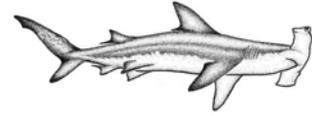


Fig. 4. Medida de la longitud total (LT) y la zona donde fueron extraídas las vértebras en la parte anterior de la cornuda.

Procesamiento de las Vértebras

Se seleccionaron tres vértebras, se les eliminó todo el tejido conectivo utilizando material de disección así como los arcos hemal y neural. Cuando estuvieron limpias se secaron a la sombra a temperatura ambiente por una semana.

Las vértebras completamente secas se colocaron en moldes para ser incluidas en resina sintética comercial (#8224). Se dejaron secar por 24 horas y posteriormente se extrajeron del molde y se fijaron cada una a una base de madera de cinco centímetros de largo por dos centímetros de ancho. Se utilizaron algunas gotas de la misma resina preparada para fijarlas con firmeza.



Los cortes fueron realizados en el Laboratorio de Ecología Pesquera en el CICESE de Ensenada, B.C. donde se utilizó una cortadora Isomet Buehler de baja velocidad con una sierra circular con borde de diamante de 4" (16 cm) de diámetro. Los cortes se realizaron de forma longitudinal pasando por el centro de la vértebra (Fig. 5). Cada corte fue de un grosor de 0.5 mm de ancho.

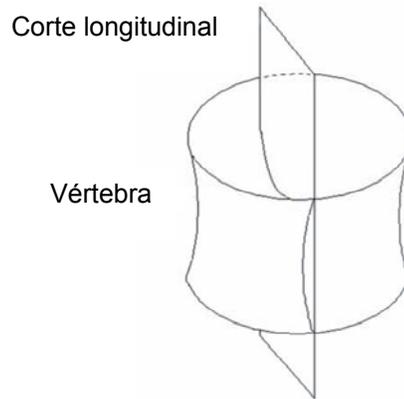
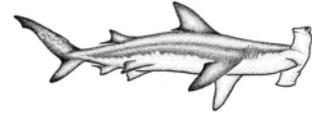


Fig. 5. Diagrama del corte longitudinal de la vértebra.

Cada corte con forma de reloj de arena fue fijado a un portaobjetos con resina sintética transparente Cytoseal. Se dejaron secar por 24 horas. Los cortes fueron observados en el laboratorio de la UPIMA en el CICIMAR, La Paz, B. C. S. Se utilizó un microscopio estereoscópico de la marca Olympus con luz transmitida, con un ocular de 0.67X sin lupa y conectado a una cámara de video digital de la marca Hitachi modelo KP D50. Las imágenes fueron procesadas con el software Image Pro Plus v.4.5 (Media Cybernetics, Maryland U.S.A.) tomando las medidas del radio total y los radios parciales, así como el ancho del margen.



Estructura de tallas.

La estructura de tallas de los organismos capturados se obtuvo por medio de la frecuencia de aparición de los organismos con un intervalo de longitud total de cada 10 centímetros. La estructura de tallas se realizó por localidades separando machos y hembras y de forma comparativa entre el total de los machos con el total de las hembras.

Se realizó una prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov, para las distribuciones de tallas entre zonas y sexos para conocer si existen diferencias significativas (Steel y Torrie, 1992).

Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total.

Con los datos obtenidos se hizo un análisis de la relación entre el radio de la vértebra y la longitud total del organismo que se estableció por un análisis de regresión lineal simple. La ecuación para obtenerla fue:

$$LT = a + bR$$

donde:

LT = Longitud total del organismo

R = Radio de la vértebra

a y b = Constantes



Se realizó el análisis comparativo entre sexos del muestreo así como una comparación entre las dos localidades de estudio por medio de un análisis de pendientes, aplicando la prueba estadística de “t” de Student (Zar, 1984).

Determinación de la edad.

La vértebra está constituida por un centro denominado foco, los brazos externos de la estructura se denominan *corpus calcareum* y la parte interna cuando se realiza un corte se denomina *intermedialia* (Fig. 6). En la zona del *corpus calcareum* se puede apreciar los anillos concéntricos (*annuli* o bandas) que se componen por una banda clara o hialina y por una banda oscura u opaca. La edad se determinó mediante el conteo de las bandas opacas y hialinas mejor observadas en el *corpus calcareum*.

Se tomaron 20 cortes de forma aleatoria y se midieron los radios de los cuatro *corpus calcareum* o brazos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, indicando que no hay diferencias significativas ($P = 0.05$) entre los brazos de las vértebras, por lo que se procedió a realizar las medidas de los radios totales y parciales indistintamente en cualquiera de los brazos.

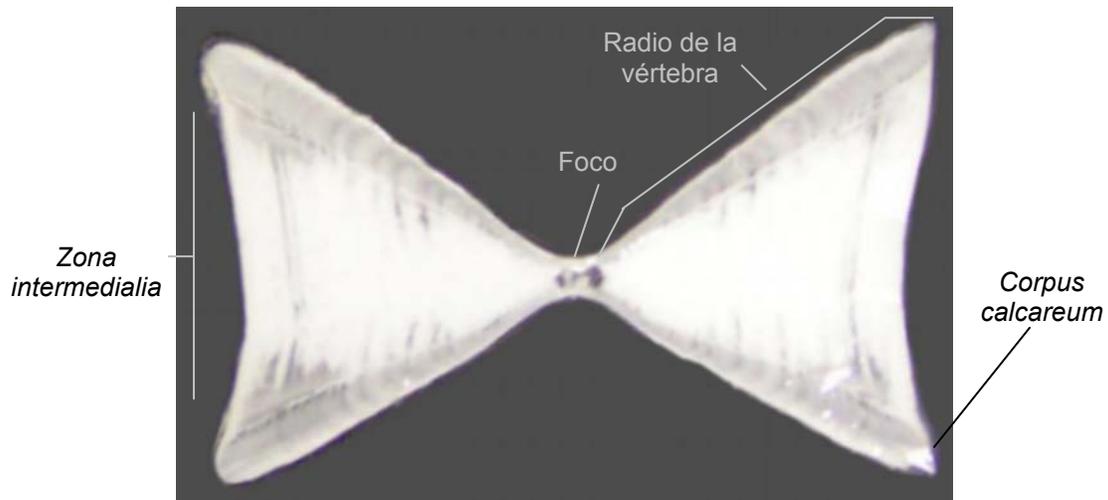
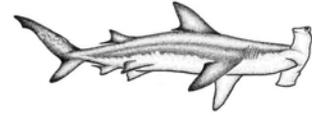
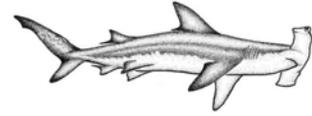


Fig. 6. Diagrama del corte de una vértebra donde se indican sus diferentes partes.

Se llevó a cabo el conteo de las bandas de crecimiento tomando las medidas de radio de la vértebra desde el foco hasta el final del *corpus calcareum* y se midió el radio a cada banda de crecimiento previamente identificada. Además de las medidas se identificó el tipo de anillo que se formaba en el margen, si era hialino o si era opaco y se midió a partir de la última banda completamente formada hasta el borde total de la vértebra.

Estructura de edades.

El análisis de la estructura de edades se llevó a cabo por medio de la frecuencia de aparición de las diferentes edades obtenidas, comparando las dos localidades y separándolos por machos y por hembras.



Se hizo una gráfica con la frecuencia de edades en los diferentes intervalos de tallas del total de los organismos para observar dónde se acumulan la mayoría de los datos muestreados.

Validación.

Para validar la formación de las bandas de crecimiento se realizó un seguimiento mensual del incremento marginal promedio de las bandas opacas, en el margen de la vértebra a lo largo de un año tipo.

Retrocálculo para las longitudes totales.

El retrocálculo de las longitudes totales por cada banda formada fue determinada utilizando la ecuación para describir la relación entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos transformada según lo establecido por Fraser y Lee (Ehrhardt, 1981). Utilizando el valor de la ordenada al origen para aplicarlo en la fórmula:

$$L_n = a + \{(L_t - a) * (r_n / V)\}$$

Donde:

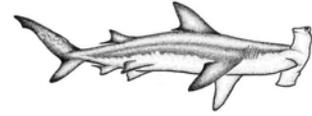
L_n = Longitud a la banda de crecimiento n .

L_T = Longitud total del organismo.

r_n = Distancia del centro de la vértebra al radio n .

V = Radio total de la vértebra.

a = Constante obtenida por la ordenada al origen.



Estimación de los parámetros de crecimiento.

Se obtuvo el promedio de las longitudes totales de los organismos de cada edad y se determinaron los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy utilizando el método de Marquardt 1963 (en Natanson *et al.*, 1995) para los datos totales, los machos y las hembras al igual que para los datos obtenidos por el retrocálculo.

La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1938) es:

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

Donde:

L_t = Longitud total del organismo a la edad t .

L_{∞} = Longitud máxima teórica

k = La tasa por la cual la curva se acerca a la asíntota.

t_0 = La edad teórica a una longitud cero

t = Edad

Se graficaron las curvas de los machos y de las hembras observados con los valores obtenidos. También se graficaron los valores de los datos observados y de los datos obtenidos por el retrocálculo contra los curva obtenida con los valores de la ecuación de von Bertalanffy.



RESULTADOS

Muestreo

Las capturas de los organismos se realizaron en el periodo de julio del 2000 a agosto del 2002. Se pescaron un total de 50 organismos, de los cuales 24 fueron machos y 26 fueron hembras. El área de estudio se dividió en dos zonas principales: el Golfo de California donde se capturaron 29 organismos; 14 machos y 15 hembras y el Océano Pacífico, donde se capturaron 21 organismos; 10 machos y 11 hembras. Los muestreos se llevaron a cabo en cada campo pesquero durante los meses en que los pescadores se dedican a la captura de tiburón.

Las capturas presentan una estacionalidad en ambas localidades (Tabla II). En el Golfo de California las mayores capturas se presentaron a finales de otoño e invierno (noviembre, diciembre, enero y febrero) y durante la primavera y verano no se presentaron capturas. En el Océano Pacífico se presentaron las mayores capturas durante el verano y el mes de febrero, mientras que durante otoño e invierno no se presentaron capturas.

La proporción de sexos en el total de los organismos capturados es de 1.08:1 hembras por macho. En el Golfo de California, la proporción por sexos fue de 1.07:1 hembras por macho con una mayor cantidad de hembras en los meses



de febrero y noviembre y de machos en los meses de enero, julio, noviembre y diciembre. Para el Océano Pacífico la proporción de sexos fue de 1.1:1 hembras por macho con una mayor cantidad de hembras en julio y de machos en los meses de febrero y agosto (Tabla II).

Tabla II Organismos capturados por mes en las zonas de muestreo.

	Golfo de California			Océano Pacífico			Total		
	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total
Enero	2		2				2		2
Febrero		3	3	4	3	7	4	6	10
Marzo									
Abril									
Mayo				1	1	2	1	1	2
Junio				1		1	1		1
Julio	1		1		4	4	1	4	5
Agosto				4	2	6	4	2	6
Septiembre					1	1		1	1
Octubre									
Noviembre	6	10	16				6	10	16
Diciembre	5	2	7				5	2	7
Total	14	15	29	10	11	21	24	26	50

Análisis de vértebras.

De las 50 vértebras colectadas solamente se pudieron analizar 39 porque siete vértebras estaban fusionadas y presentaban deformidades, dos vértebras no presentaba un patrón de bandeado como las demás y en dos vértebras no se pudo realizar el corte (Fig. 7).

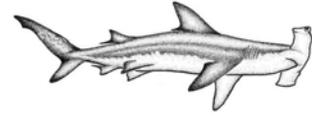
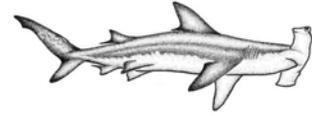


Fig. 7. Total de las vértebras colectadas.

Las vértebras fueron tomadas de las cuatro primeras vértebras libres de la parte anterior del cuerpo. En 16 organismos muestreados se colectaron vértebras de la parte media del cuerpo y de la parte posterior para hacer una comparación en cuanto al número de bandas de crecimiento. Para las vértebras medias no se tienen un registro preciso de su ubicación exacta por lo que no se puede asegurar que en todos los organismos se hayan extraído de la misma región del cuerpo, sin embargo, presentaron el mismo número de bandas de crecimiento que las vértebras anteriores, siendo éstas más pequeñas. Las vértebras posteriores son un poco más grandes que las vértebras anteriores pero hay un mayor traslape de bandas, siendo más difícil su conteo.

El análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía realizado para determinar si los lados de la vértebra y los brazos eran simétricos ($P = 0.05$, nivel de



confianza de 0.99) el resultado mostró que no existe diferencia significativa entre los cuatro brazos de las vértebras (Fig. 8). Por esto es que se utilizaron indistintamente cualquiera de los brazos para realizar las medidas de los radios totales, parciales y medir el ancho del margen, cuidando de que fuera el lado que presentó las bandas de crecimiento más claras

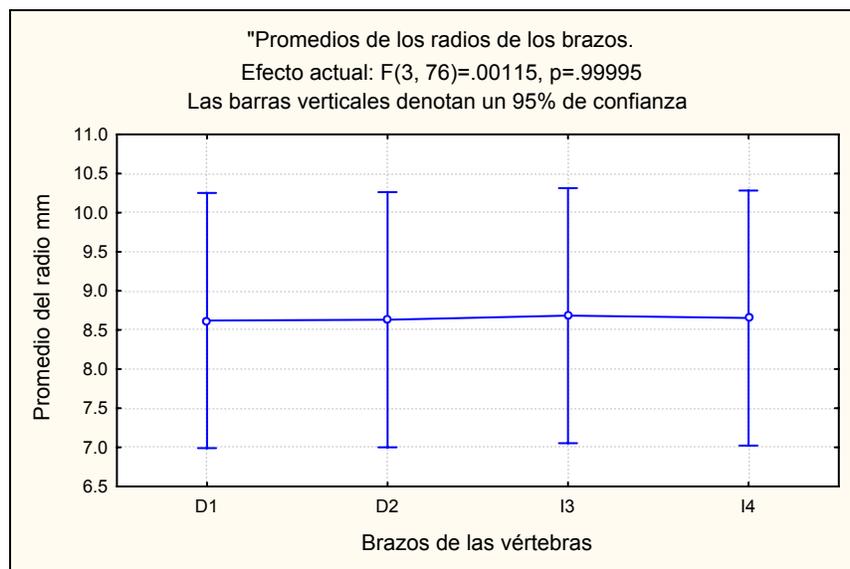


Fig. 8. Análisis de varianza de una vía para comparar los cuatro brazos de las vértebras.

Estructura de tallas.

Las tallas de captura de *S. zygaena* van desde los 108 a los 283 cm de LT. Los machos capturados presentan tallas que van desde 116 cm hasta 279 cm LT, los intervalos más frecuentes son de 140 a 150 cm LT mientras que las hembras tienen intervalos de tallas desde 108 cm hasta 283 cm LT siendo los más frecuentes de 150 a 160 cm LT. (Fig. 9).

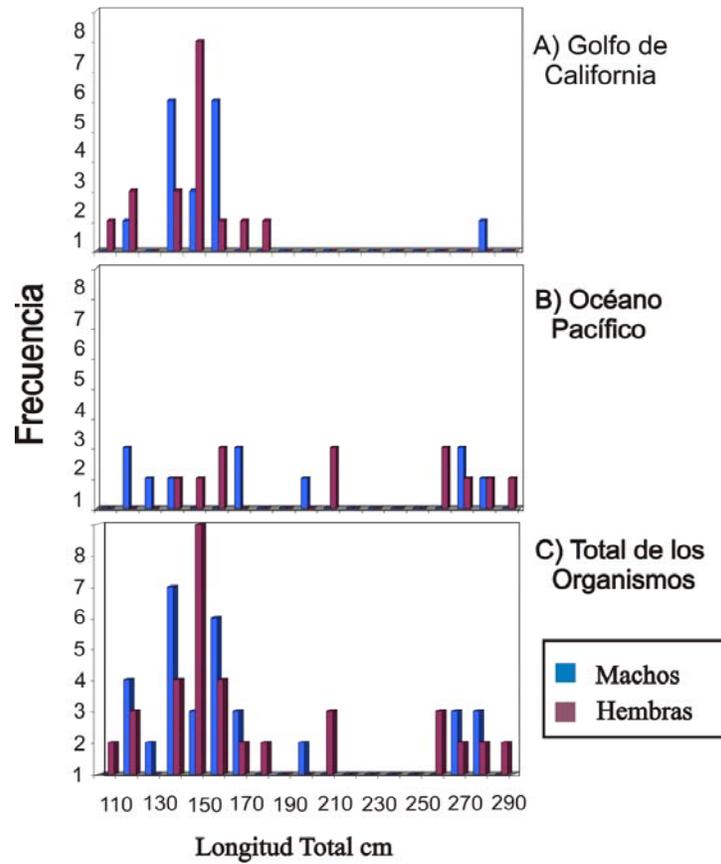
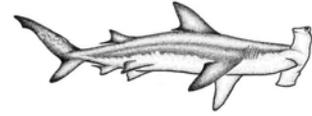
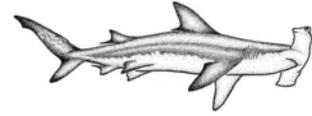


Fig. 9. Frecuencias de tallas de *S. zygaena*.

En el Golfo de California se capturaron organismos que van desde los 108 hasta los 279 cm LT. El intervalo de tallas predominante es de los 130 a los 160 cm LT, presentando hembras de 140 a 150 cm y machos de 150 a 160 cm LT.

En el Océano Pacífico las longitudes de los organismos capturados van desde los 116 a los 283 cm LT. No hay un intervalo de tallas predominante. Se presentaron machos en los intervalos de 110 a 120 cm LT, de 160 a 170 cm y de 260 a 270 cm LT. Las hembras predominaron en los intervalos de los 150 a 160 cm, de los 200 a 210 cm y de los 250 a 260 cm LT.



La prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov indicó que no se presentaron diferencias significativas ($P = 0.05$), entre las distribuciones de tallas de hembras y machos y tampoco entre los organismos del Golfo de California y el Océano Pacífico.

Relación entre el radio de la vértebra y la longitud total.

La relación radio-longitud total fue realizada para el total de los organismos (Fig. 10), para conocer si hay una relación lineal de crecimiento entre la vértebra con respecto al organismo. El coeficiente de determinación fue de 0.948 lo que indica que hay un buen ajuste con la recta.

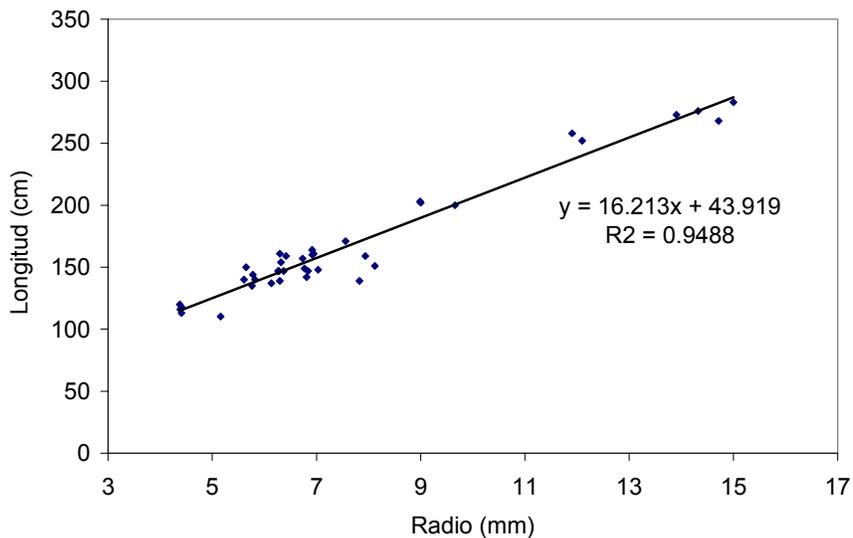


Fig. 10. Relación radio longitud del total de los organismos.



Se separaron los datos de acuerdo al sexo de los organismos para realizar una comparación entre las rectas de la relación radio-longitud total (Fig. 11). El coeficiente de determinación para los machos fue de 0.929 y para las hembras fue de 0.970. Se realizó la prueba estadística de “t” de Student, para las pendientes entre los sexos, para saber si hay diferencias significativas en las dos rectas y se concluyó que no hay diferencias significativas entre machos y hembras (Tabla III).

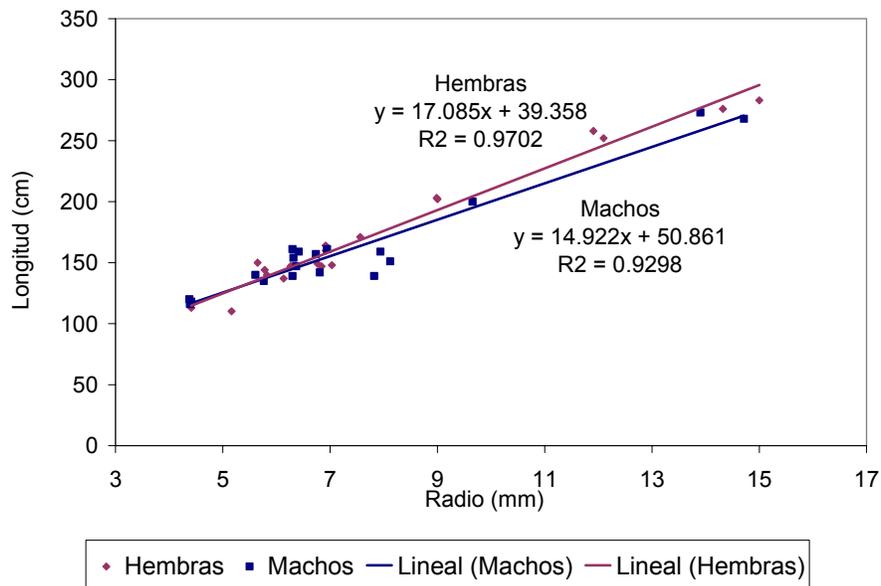
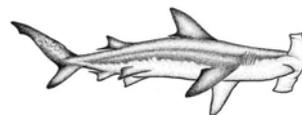


Fig. 11. Comparación entre la relación radio-longitud total entre machos y hembras.

En la figura 12, se presenta la relación radio-longitud total en los organismos del Golfo de California y del Océano Pacífico. El coeficiente de determinación para el Golfo de California fue de 0.569 mientras que en el Océano Pacífico fue de 0.980. Se realizó la prueba estadística de pendientes para saber si



hay diferencias entre la zona del Golfo de California y la del Océano Pacífico y se concluyó que no hay diferencia significativa entre las dos zonas (Tabla III).

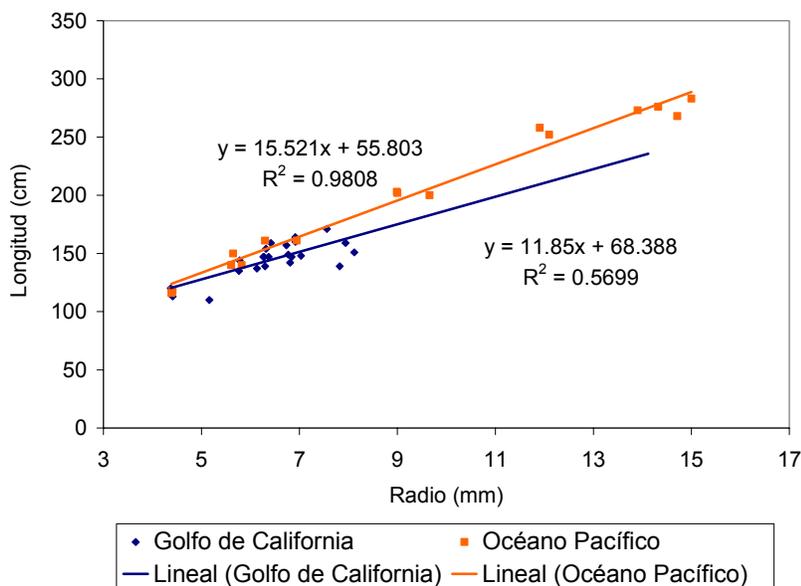
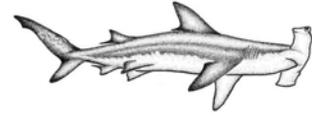


Fig. 12. Comparación entre la relación radio-longitud total para las dos localidades.

Tabla III. Resultado de la prueba de pendientes para comprobar si hay diferencias entre sexos y entre localidades

	a	b	N	r²	t crítica	t tablas
Machos	50.86	14.92	19	0.93	0.2704	4.17
Hembras	39.32	17.08	20	0.97		
Golfo de California	68.38	11.85	23	0.57	3.8534	4.17
Océano Pacífico	55.80	15.52	16	0.98		



Determinación de la edad

La edad fue determinada a través del conteo de las bandas de crecimiento de las vértebras tomándose como una banda, al conjunto de un anillo opaco y un anillo hialino (Fig. 13). Para el conteo de las bandas de crecimiento en las vértebras se hicieron pruebas con la vértebra completa, con cortes longitudinales de la vértebra al natural y con tinciones por medio del método de rojo de alizarín. El método de conteo con las vértebras completas no permite una clara definición de las últimas bandas marcadas; el método de tinción empeoró la calidad de la imagen disminuyendo el contraste en el corte, motivo por lo que se realizó el conteo de bandas de crecimiento para todas las vértebras utilizando el método del corte longitudinal al natural con luz transmitida.

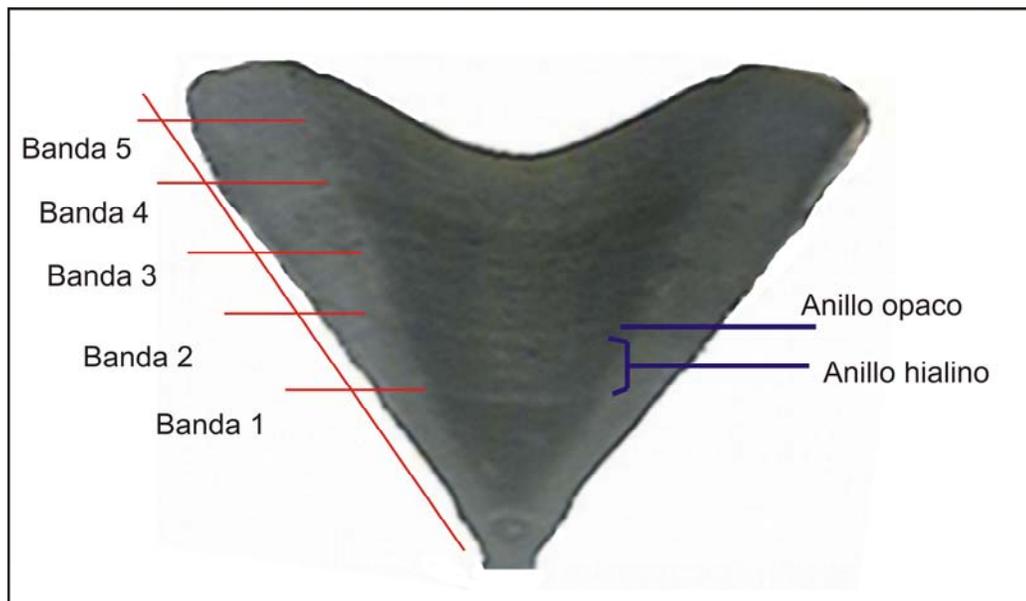
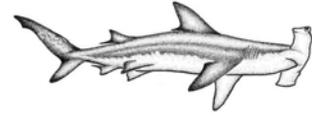


Fig. 13. Una banda formada por un anillo opaco y un anillo hialino.



Se determinó un total 16 bandas para machos presentando un intervalo que va de 1 a 16 y en el caso de las hembras se determinó un total de 18 bandas con un intervalo de 1 a 18 bandas de crecimiento.

Estructura de edades.

Los organismos fueron agrupados por número de bandas (Fig. 14). Los organismos de menor número de bandas fueron más numerosos que los organismos con un mayor número de bandas.

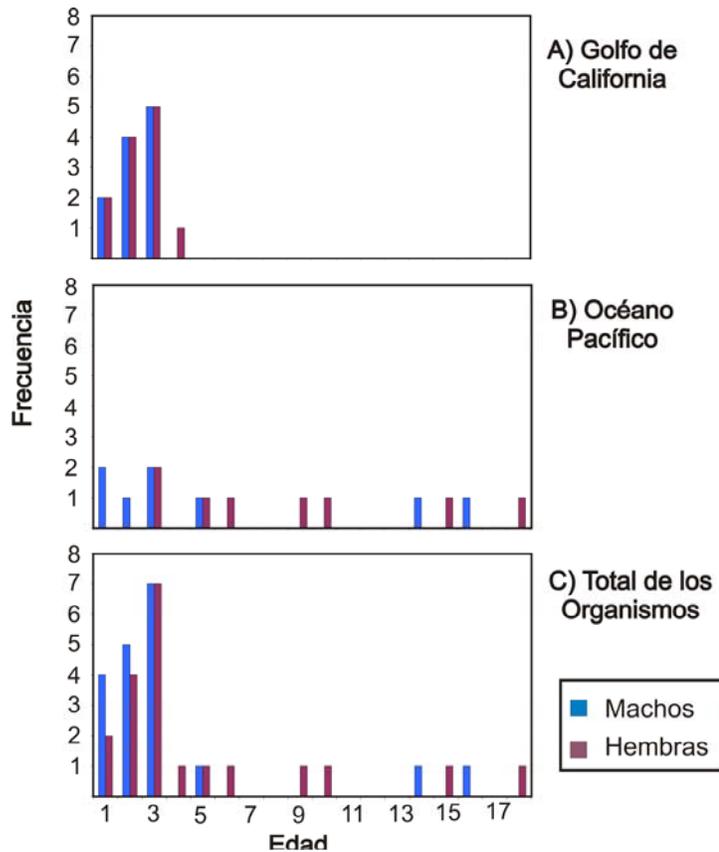
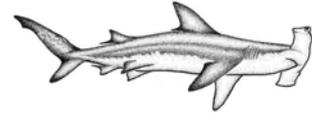


Fig. 14 Frecuencia de organismos por número de bandas.



En el Golfo de California se puede apreciar que únicamente hay organismos de hasta cuatro bandas, siendo más numerosos los de dos y tres bandas con un número igual de machos que de hembras. En el Océano Pacífico los organismos están repartidos en un mayor número de bandas. Sin embargo, los de tres bandas son los más numerosos con dos machos y dos hembras. Para el total de los organismos, los más numerosos fueron los de dos y tres bandas. Los grupos de 4, 6, 9, 10, 14, 15, 16 y 18 bandas presentaron un solo organismo y los grupos que no presentaron ningún organismo fueron de 7, 8, 11, 12, 13 y 17 bandas de crecimiento.

Validación de la edad.

Analizando mensualmente el promedio del margen opaco para determinar la formación de las bandas de crecimiento en las vértebras de *S. zygaena*, por lo que se puede suponer que la periodicidad puede ser anual, ya que se encontró que en los meses de noviembre y diciembre existe un mayor porcentaje de organismos con borde opaco. De enero a abril no hay ningún organismo que presente el borde opaco (Fig. 15).

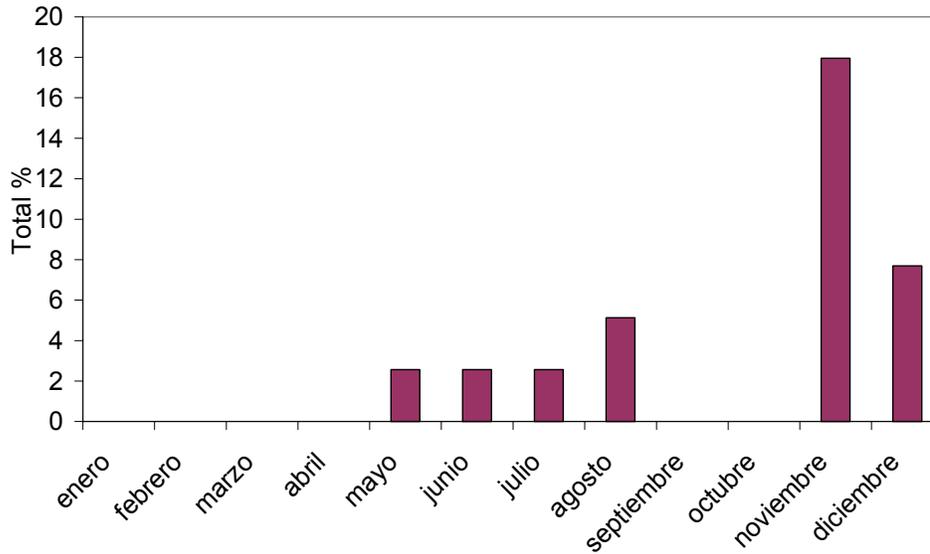
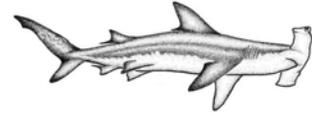


Fig. 15. Comportamiento del margen opaco a través de los meses en un año tipo.

Retrocálculo para las longitudes totales.

Fue realizado para todos los organismos y en todas las edades utilizando la relación entre el radio de la vértebra y la longitud total para toda la muestra que se presenta en la figura 10. La medida resultante del retrocálculo de longitudes de cada organismo se promedió para obtener un valor para machos, uno para hembras y un valor combinado para el total de los organismos (Tabla IV).

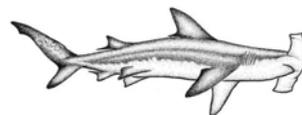
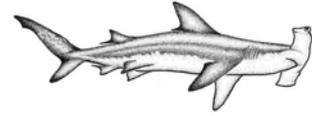


Tabla IV. Valores promedio obtenidos por la fórmula del retrocálculo de longitudes totales.

	Total	Machos	Hembras
Nacimiento	83.89	88.83	80.26
1	114.75	118.66	111.34
2	133.78	137.61	133.98
3	151.21	151.51	150.94
4	171.52	168.36	172.91
5	187.94	171.31	192.62
6	197.69	182.05	205.19
7	211.34	199.56	218.14
8	221.37	209.68	228.08
9	231.16	219.50	237.83
10	237.68	228.98	244.31
11	241.25	237.57	245.52
12	249.19	246.07	252.69
13	256.21	254.68	257.86
14	262.42	261.47	263.36
15	268.58	263.79	271.03
16	271.65	270.28	272.92
17	279.04		278.96
18	283.17		283.17

Crecimiento y estimación de los parámetros de crecimiento.

Tomando en cuenta lo que indicaron las pruebas estadísticas aplicadas tanto para las estructuras de tallas y edades, como en la relación entre el radio de la vértebra y la longitud total, no se observaron diferencias entre machos y hembras, por lo tanto, el análisis del crecimiento individual de *S. zygaena*, se llevó a cabo para sexos conjuntos. La distribución de frecuencia de tallas por grupo de edad para el total de los datos muestra una secuencia lógica, donde los individuos



del grupo modal de mayor talla, presentan un mayor número de bandas de crecimiento (Fig. 16).

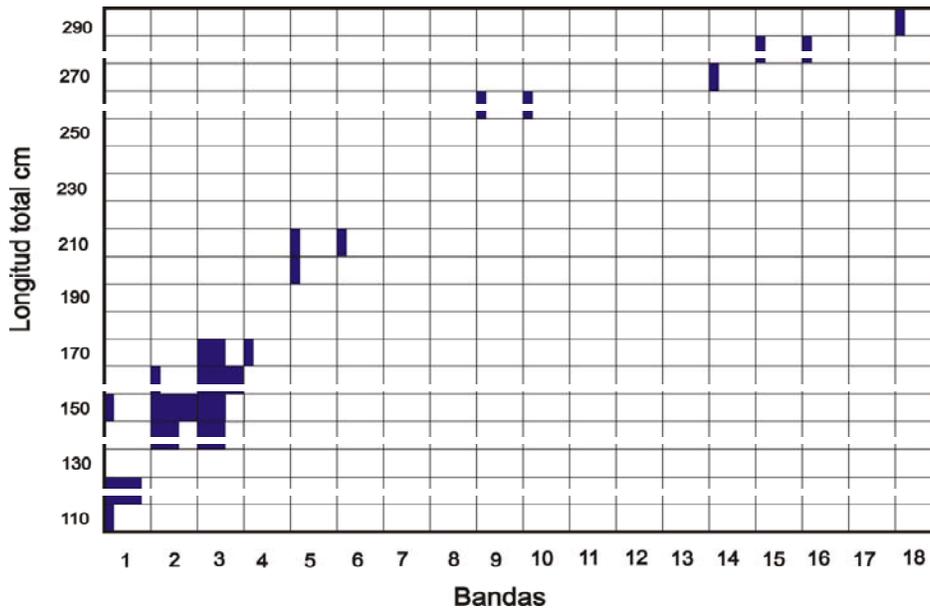


Fig.16. Distribución de la frecuencia de tallas por grupo de edad para *S. zygaena*.

Se obtuvieron los valores para la ecuación de von Bertalanffy de L_{∞} , k y t_0 para los promedios de los datos observados totales, machos y hembras. Así mismo se obtuvieron los datos para los valores obtenidos por medio del retrocálculo de longitudes totales para el total de organismos, para machos y para hembras (Tabla V).

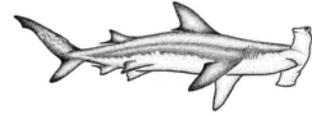


Tabla V. Datos obtenidos para la ecuación de von Bertalanffy

	L_{∞}	K	t_0
Total observado	301.6268	0.1394	-2.4502
Total retrocálculo	305.2725	0.1182	-2.8596
Machos observado	299.3392	0.1399	-2.9912
Machos retrocálculo	336.6344	0.0808	-4.1705
Hembras observado	303.8683	0.1441	-2.1229
Hembras retrocálculo	296.2316	0.1404	-2.2826

Se realizaron las curvas de von Bertalanffy para todos los promedios de los datos observados y retrocalculados. En la figura 17 se puede observar que la curva de von Bertalanffy aplicada para el retrocálculo se encuentra ligeramente por debajo de la curva de los datos observados. Sin embargo las dos curvas presentan un comportamiento similar.

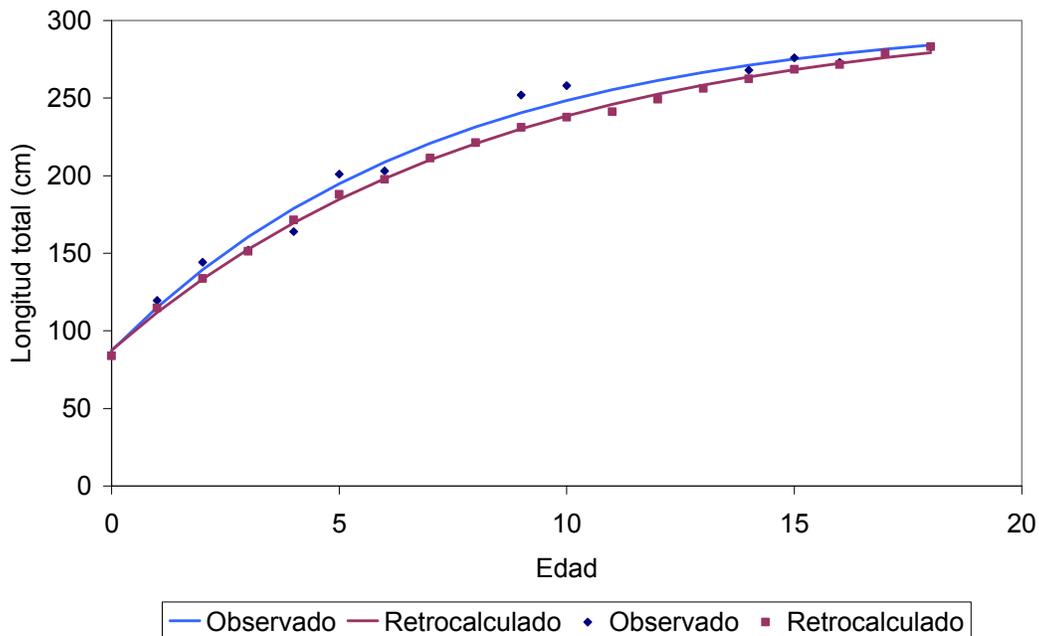
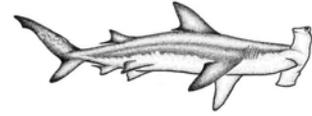


Fig. 17. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy para los datos observados y retrocalculados.



Con fines comparativos se realizaron las curvas de von Bertalanffy para los datos promedio de machos y hembras por separado. En la figura 18 se observa que las curvas entre machos y hembras son muy similares, aunque la curva de los machos presenta la ordenada al origen ligeramente arriba que la de las hembras. De igual manera, se realizó la comparación entre las curvas de machos y hembras para los datos obtenidos mediante el retrocálculo (Fig. 19). En este caso la curva de los machos se observa que es ligeramente menos curva que la de las hembras, a pesar de esto ambas presentan un comportamiento similar.

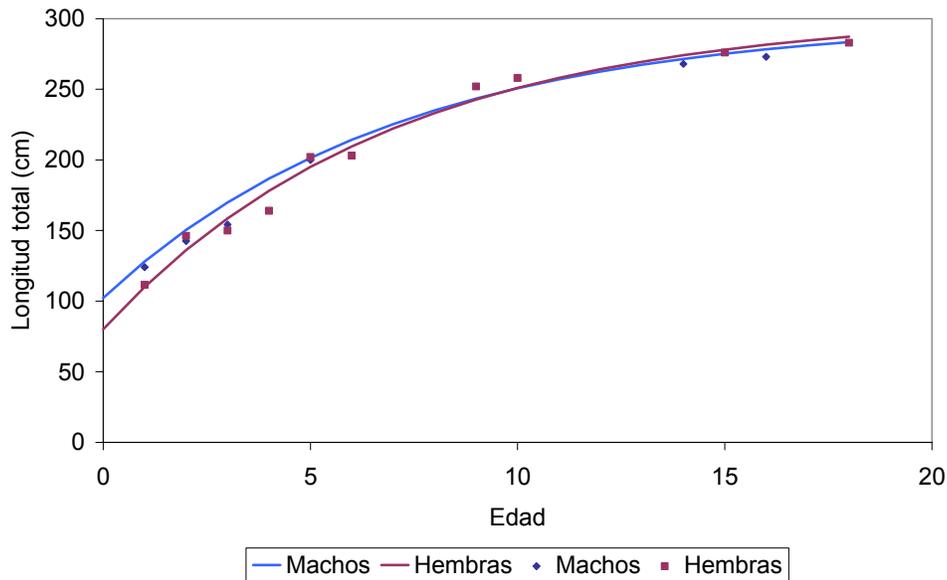


Fig. 18. Comparación entre las curvas de crecimiento de machos y hembras para los datos observados.

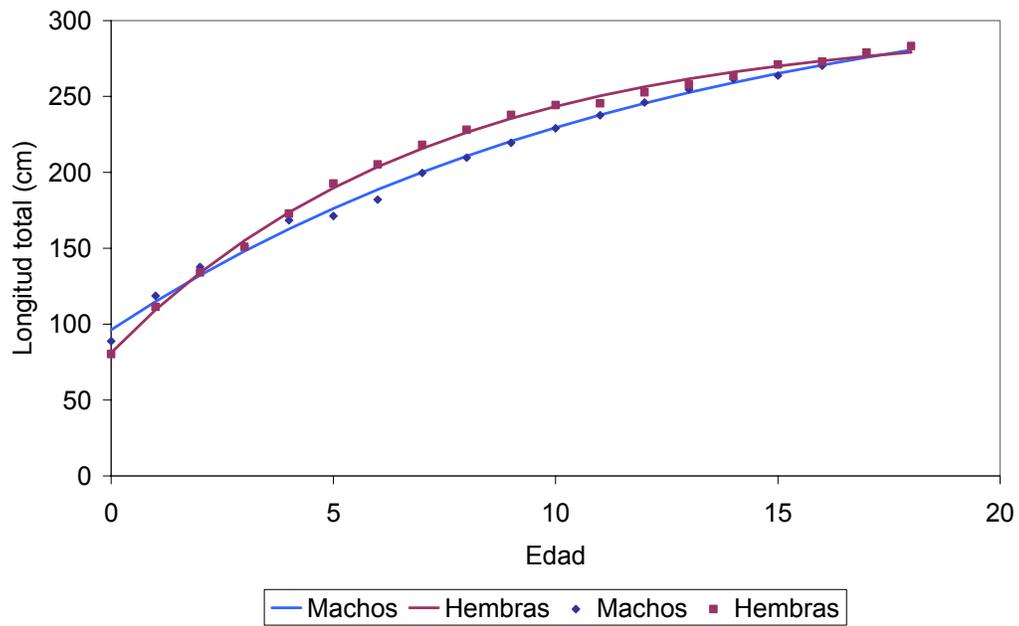
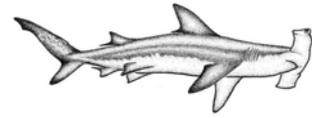
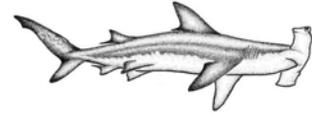


Fig. 19. Comparación entre las curvas de crecimiento de machos y hembras para los datos retrocalculados.



DISCUSIÓN

Las muestras obtenidas de los campos pesqueros para determinar la edad y el crecimiento para *Sphyrna zygaena*, no fueron uniformes provocando limitaciones en los muestreos. Muchos estudios realizados con elasmobranquios han sufrido por un tamaño de muestra pequeño y un intervalo de tallas limitado (Cailliet y Tanaka, 1990). Sin embargo los estudios de edad y crecimiento no siempre pueden ser realizados con un número de muestra alto y un intervalo de tallas adecuado por la dificultad en la obtención de las muestras, que se ve afectada por el sesgo de la pesquería hacia una sola talla de organismos, por la disminución mundial de la pesquería de tiburones o porque muchas especies de elasmobranquios no son objetivos de las pesquerías y sólo son capturados incidentalmente. Algunos trabajos de edad y crecimiento realizados con menos de 40 muestras son los realizados para *Carcharhinus leucas* (Thorson y Lacy, 1982), *Carcharhinus obscurus* (Shwartz, 1983), *Sphyrna lewini* (Branstetter, 1987a) y *Mustelus manazo* (Cailliet et al., 1990). Otros trabajos están sesgados en el intervalo de tallas de los organismos obtenidos como los trabajos con *Carcharhinus obscurus* (Shwartz, 1983) y *Carcharhinus brevipinna* (Branstetter, 1987b).

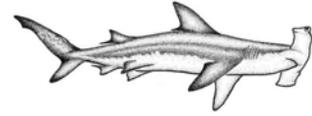
En las dos zonas de estudio el muestreo no fue uniforme a lo largo del año, esto pondría suceder por diversos factores, como son las migraciones, las segregaciones reproductivas, el arte de pesca, entre otros (Guerrero-Maldonado,



2002). Existen tres motivos principales por los cuales *S. zygaena* podría estar llevando a cabo la migración, que son la temperatura, la alimentación y la reproducción.

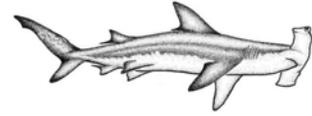
En el caso de la temperatura, se menciona que *Sphyrna zygaena* es un tiburón que busca aguas templadas (Springer y Gold, 1989). En los datos obtenidos, las capturas dentro del Golfo de California coinciden con los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero que son los más fríos mientras que en los meses de verano, las capturas se realizaron en el Océano Pacífico donde el agua es más fría. Sin embargo Torres-Huerta (1999), menciona que *S. lewini* lleva a cabo migraciones desde las costas de Chiapas hasta California, este tipo de migraciones, aunque no han sido reportadas, se podrían estar presentando para *S. zygaena* tomando en cuenta su distribución para la región del Océano Pacífico Oriental (Compagno, 1984).

Por otro lado, la migración también se puede dar debido a la alimentación. Smale y Cliff, (1998), mencionan que en Sudáfrica los juveniles de *S. zygaena* prefieren cierto tipo de cefalópodos; este podría ser el caso que se presenta para el Golfo de California ya que no se encontraron adultos en la zona de muestreo. Este tipo de segregación se presenta en los juveniles de *S. lewini* que se alimentan de cefalópodos principalmente (Aguilar-Castro, 2003), mientras que los adultos prefieren alimentarse de peces pelágicos y realizan movimientos hacia aguas oceánicas en búsqueda del alimento como lo menciona Kimley *et al.* (1993).



La zona sur del Golfo de California es considerada como una zona de crianza por la presencia de hembras grávidas y de juveniles de diferentes especies como., *Isurus oxyrinchus*, *Carcharhinus falciformis* (Cadena-Cárdenas, 2001 y Hoyos-Padilla, 2003) y *S. lewini* (Torres-Huerta, 1999). En el presente trabajo, se capturaron sólo juveniles de *S. zygaena* en el Golfo de California, esto es corroborado por la literatura, en donde se menciona que esta especie en etapa juvenil, prefiere zonas cercanas a las costas mientras que los adultos prefieren zonas profundas y frías (González-García, 2001). En el Océano Pacífico, se observa la presencia tanto de hembras grávidas como de juveniles, lo que podría indicar que están utilizando las áreas protegidas como áreas de crianza tal es el caso del complejo lagunar de Bahía Magdalena, el cual es utilizado por varias especies *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus* (Carrera-Fernández, 2004).

Se analizaron las vértebras anteriores, medias y posteriores en los organismos a los cuales se les pudo extraer las vértebras de estas tres regiones. La comparación entre las lecturas de dichas vértebras no dio ninguna diferencia en la lectura de las bandas de crecimiento. Se utilizaron únicamente las vértebras de la región anterior ya que los pescadores que capturan *S. zygaena*, utilizan el cuerpo del animal sin aletas ni cabeza (troncho) porque en algunos casos no es removida la columna vertebral para la venta del producto. Algunos trabajos de edad y crecimiento con otras especies de tiburones en el Golfo de California, obtienen las vértebras de la misma región, como son Ribot-Carballal (2003) con

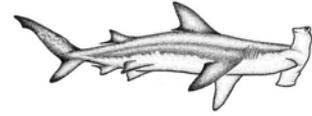


Isurus oxyrinchus y Sánchez de Ita (2004) con *Carcharhinus falciformis*. Otros trabajos que mencionan la obtención de las vértebras de la región cervical son los de Cailliet *et al.* (1985), Parsons (1993) y Sminkey y Musick (1995).

Los resultados de la prueba estadística aplicada, indicó que no se presentan diferencias significativas entre los brazos, por lo que las medidas fueron realizadas hacia cualquier lado como lo realizado por Downton (2001) con *Rhinobatos productus* ya que existen especies en las cuales las vértebras no son simétricas y no fue factible llevar a cabo el retrocálculo como es el caso de *Squatina californica* (Natanson y Cailliet, 1990) y *Narcine entemedor* (Villavicencio-Garayzar, 2000).

La frecuencia de tallas encontrada para el total de la muestra va desde los 110 cm hasta los 283 cm de longitud total. Compagno (1984), menciona tallas máximas de 380 a 400 cm LT para la especie, pero Smale (1991), menciona que rara vez se encuentran organismos de más de 350 cm LT. Por otro lado, la talla de nacimiento reportada es de 60 cm de longitud total por Compagno (1984). Smale (1991) y Smale y Cliff (1998), encontraron organismos con marca reciente del cordón umbilical (cicatrícula) con nado libre desde los 59 cm LT. En este trabajo no se obtuvieron muestras de organismos neonatos.

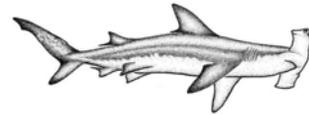
El valor del peso de los organismos para establecer una relación entre el peso y la longitud total, no fue determinado. Sin embargo, se conoce la relación



entre el peso y la longitud total del tiburón martillo *S. lewini*, que es muy similar en tamaño y en distribución a *S. zygaena*. El valor del parámetro para determinar el tipo de crecimiento de las cornudas es de $b = 3.06$, lo que indica que presentan un crecimiento de tipo isométrico (Kohler *et al.*, 1995).

La relación entre el radio de la vértebra y la longitud total para *S. zygaena* es de forma lineal. Se aplicó la prueba estadística de diferencia de pendientes, encontrando que no hay diferencias significativas entre machos y hembras y tampoco entre las localidades, por lo que se puede suponer que se trata de una misma población que efectúa algún tipo de migración o que pudiera estar segregada por tallas. Esta misma relación también ha sido encontrada para otras especies como son *Isurus oxyrinchus*, *C. falciformis*, *S. lewini*, *C. limbatus* y *C. cautus* (Pratt y Casey, 1983; Cailliet *et al.*, 1983; Branstetter, 1987; Winter y Cliff, 1996; White *et al.*, 2002) y tampoco han presentando diferencias entre los sexos.

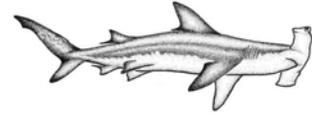
Se probaron diferentes métodos para el conteo de las bandas de crecimiento en las vértebras. Utilizando la vértebra completa, no se puede hacer el conteo de las últimas bandas debido a la aglomeración que presentan, siendo más sencillo identificar las últimas bandas de crecimiento y la marca de nacimiento al realizar los cortes longitudinales de la vértebra. Este problema está documentado para *C. obscurus*, en donde Schwartz (1983), encontró machos de 6 y hembras de 7 años, trabajando con vértebras completas, mientras que Natanson *et al.* (1995),



encontró machos de 25 y hembras de 33 años de edad, trabajando con cortes de vértebras.

Una vez realizado el corte, se le puede aplicar algún colorante con el fin de realzar las marcas de crecimiento. Estos métodos de tinción han sido documentados para *Alopias vulpinus* (Cailliet *et al.*, 1983), *P. glauca* (Cailliet *et al.*, 1983; Tanaka *et al.*, 1990), *C. porosus* (Lessa y Marcante, 1998), *C. limbatus* (Tovar-Avila, 2000), *C. leucas* (Cruz-Martínez, 2000) y *S. lewini* (Anislado-Tolentino, 2001). En el presente estudio se realizó una prueba de tinción con rojo de alizarín, provocando que las bandas perdieran definición y contraste. Por tanto el conteo de las bandas se hizo utilizando el corte longitudinal de la vértebra al natural al igual que otras especies como *I. oxyrinchus*, *S. lewini*, *C. plumbeus*, *C. limbatus*, *Rhinobatos productus*, *C. cautus*, *C. brevipinna*, (Pratt y Casey, 1983; Branstetter, 1987; Sminkey y Musick, 1995; Winter y Cliff, 1996; Downton, 2001; White *et al.*, 2002; Allen y Winter, 2002).

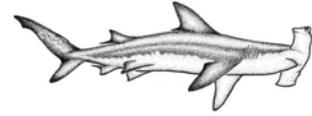
Bonfil *et al.* (1993) identificaron la marca de nacimiento como un cambio de ángulo del margen interno del *corpus calcareum*; este cambio de ángulo fue acompañado algunas veces por una estrecha banda hialina. En el presente trabajo no se encontró este cambio en el ángulo; sin embargo, sí se observó la banda hialina, la cual fue tomada como la marca de nacimiento. Esto se confirmó utilizando el corte de la vértebra de un embrión de 51 cm LT, el cual no presentó ninguna marca.



Utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se observó que no hay diferencia significativa entre la estructura de edades para machos y hembras. En el análisis de la estructura de edades para el total de la muestra de *S. zygaena*, se encontraron grupos de edad de uno hasta 18 bandas de crecimiento. La frecuencia por banda fue mayor en los organismos que presentan de una a tres bandas. Esto quiere decir que la mayoría de las muestras que se tienen son de organismos juveniles. Sin embargo no se tienen organismos que sólo presenten la marca de nacimiento por lo que se puede suponer que todos los organismos analizados tienen por lo menos un año de edad.

La edad máxima que Chen *et al.* (1990), encontró para *S. lewini* es de 14 años, mientras que Anislado-Tolentino (2001), observó una edad máxima de 19 años. Otros trabajos realizados no mencionan diferencias significativas entre machos y hembras y tienen edades máximas similares a las encontradas en el presente trabajo. Por ejemplo, Thorson y Lacy (1982) que trabajaron con *C. leucas*, encontraron un máximo de 16 años; Cailliet *et al.* (1983) trabajaron con *I. oxyrinchus* y encontraron organismos de hasta 17 años; Natanson *et al.* (1998) trabajaron con *Galeocerdo cuvier* y encontraron hasta 27 años.

En este trabajo se determinó el año tipo donde se puede observar que esta especie es mas abundante durante el invierno, resultado del comportamiento de la especie, por lo que se puede considerar que la prueba de validación aplicada no



es concluyente, pero se tiene la evidencia de una periodicidad anual. De acuerdo a la prueba de seguimiento mensual del ancho del margen opaco en los cortes de las vértebras de la cornuda, la formación de la banda opaca se presenta principalmente en los meses de mayo a diciembre, con un porcentaje mayor en noviembre. En trabajos realizados con *S. lewini*, utilizando el incremento marginal se han encontrado diferentes resultados en donde la temporalidad es de dos bandas por año en los trabajos de Chen, *et al.* (1990) y Anislado-Tolentino (2001) mientras que Schwartz (1983) y Branstetter (1987), encontraron que se forma una banda por año. En otros elasmobranquios se puede apreciar también una periodicidad anual en la formación de las bandas de crecimiento en las vértebras (Smith, 1984; Waring, 1984; Natanson *et al.*, 1995; Villavicencio-Garayzar, 2000; Downton, 2001).

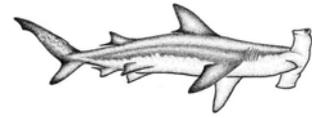
Por medio del retrocálculo se obtuvieron los valores promedio de crecimiento para el total de las edades. La talla calculada por el método del retrocálculo para el nacimiento es de 83 cm promedio. Esta talla es elevada en comparación de la talla de nacimiento reportada de 60 cm (Compagno, 1984). Esto se debe a que como hay ausencia de organismos de menos de un año, el valor de la ordenada al origen de la regresión lineal es un poco elevado. En otras especies de elasmobranquios también se ha utilizado el retrocálculo de longitudes, con la finalidad de aumentar el tamaño de muestra y obtener una menor desviación estándar en la estimación de la talla promedio para cada grupo de edad. (Schwartz, 1983; Natanson *et al.*, 1995).



Durante el primer año se puede observar un crecimiento de 30 cm por año aproximadamente, del segundo al quinto es de 15 a 20 cm por año y después del sexto el crecimiento disminuye hasta llegar a 5 a 10 cm por año. El crecimiento anual observado para *S. lewini* varía en dos reportes, Branstetter (1987) menciona un crecimiento de 15 a 20 cm por año para los primeros cinco años de vida que se reduce a un crecimiento de 5 a 7 cm por año a partir del sexto año. Por otra parte Chen *et al.* (1990) menciona un crecimiento para el primer año de 55 cm aproximadamente; a partir del segundo de 20 a 50 cm por año y observa a partir del sexto año un crecimiento de 6 a 15 cm por año. En otras especies como *G. cuvier* (Natanson et al., 1998) el crecimiento los primeros años es de 40 a 45 cm, En *I. oxyrinchus* (Pratt y Casey, 1983) se puede observar un crecimiento el primer año de 50 cm y del segundo al quinto año un crecimiento de 32 cm por año. En *C. limbatus* (Wintner y Cliff, 1996) se observa un crecimiento de 24 cm para el primer año y a partir del segundo año de 10 cm por año.

Los valores obtenidos para la curva de von Bertalanffy son similares entre el total de los organismos observados y el total de los datos obtenidos por retrocálculo. Para fines prácticos de comparación con otros trabajos se manejan separados los valores tanto de machos y de hembras, como del retrocálculo.

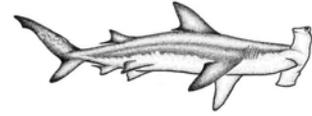
La longitud infinita de los datos observados es de 301.63 cm mientras que para el retrocálculo es de 305.27 cm LT. Es un valor bajo en comparación a las



tallas máximas reportadas por Smale (1991), de 350 cm LT. Esto nos indica que hay un sesgo en el muestreo que se da por la falta de organismos de más de 300 cm LT.

El calculo de este parámetro para sexos separados, en machos se presenta una longitud infinita de 299.33 cm LT en los datos observados, mientras que la obtenida para los datos del retrocálculo es de 336.63 cm LT que es más elevada, lo cual puede ser debido a que sólo se cuenta con dos machos de más de 240 cm LT. En el caso las hembras la longitud infinita de los datos observados es de 303.86 cm LT y para los datos retrocalculados es de 296.23 cm LT, es probable que la similitud entre los datos observados y retrocalculados se deba a que se cuenta con un total de cuatro hembras con más de 240 cm LT. El que se tengan más hembras de tallas grandes favorece un mejor ajuste de la curva de crecimiento.

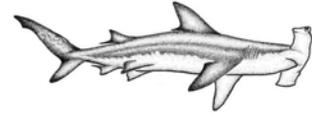
Los valores de longitud infinita calculados para *S. lewini* en los diferentes trabajos dan valores distintos. Chen *et al.* (1991) encontró un valor de 319.72 cm LT mientras que Branstetter (1987) encontró un valor de 329 cm LT y Anislado-Tolentino (2001) encontró un valor para los machos de 336 cm y para las hembras de 353 cm LT. Los autores antes mencionados presentan valores de longitud infinita por debajo de la talla máxima reportada por Compagno (1984) que para *S. lewini* es de 370 a 420 cm LT, coincidiendo con el comportamiento encontrado en el presente trabajo.



Los valores obtenidos de k fueron de 0.13 para los datos observados y de 0.11 para los datos obtenidos por el retrocálculo. Los machos tienen un valor de 0.13 para los datos observados mientras que es de 0.09 para los datos del retrocálculo. Las hembras tienen un valor de 0.14 tanto para los datos observados como para los retrocalculados. El valor de la k nos indica la velocidad con la que el crecimiento del organismo se aproxima a la asíntota por lo que se puede determinar que *S. zygaena* presenta un crecimiento lento, ya que los organismos que tienen una k más cercana al 0 presentan este tipo de crecimiento (Ehrhardt, 1981).

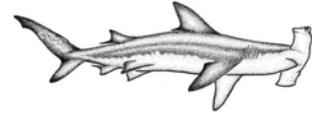
Los valores de k obtenidos por otros autores se asemejan a los resultados del presente trabajo. Branstetter (1987), encuentra una k para *S. lewini* de 0.073 mientras que Chen *et al* (1990), para la misma especie observaron una k de 0.222. White *et al.* (2002), encontraron un valor de k de 0.198 para *C. cautus*. Natanson *et al.* (1998), encontraron un valor de k de 0.178 para *G. cuvier*.

El parámetro t_0 es considerado por la mayoría de los autores sólo como un parámetro de ajuste para el modelo de von Bertalanffy, sin embargo, es considerado por otros autores como un término que tiene un significado biológico, el cual sería el tiempo transcurrido en el periodo embrionario. El valor de este parámetro siempre debe ser negativo y su valor absoluto representa el tiempo transcurrido desde la fecundación hasta el momento del nacimiento (Félix-Uraga,



1990). En *S. zygaena* los valores calculados para t_0 son de -2.4 para los datos observados y de -2.8 para los datos obtenidos por el retrocálculo. Para los machos el valor obtenido es de -2.9 para los datos observados, mientras que con datos retrocalculados el valor es de -4.1. En las hembras el valor observado es de -2.12 y el retrocalculado es de -2.28. Al igual que con la Longitud infinita, el valor es mucho más alto en los machos debido al sesgo de organismos en ciertas longitudes, lo que hace que los valores retrocalculados den una curva diferente que se puede observar en la gráfica comparativa (Fig. 19).

Los valores de t_0 para otros tiburones que han sido reportados son para *S. lewini* de -2.2 (Branstetter, 1987) mientras que Chen *et al.* (1991) encontró valores de -0.74 y Anislado Tolentino (2001) encontró valores de -1.09. En la literatura hay tiburones con una t_0 muy por debajo del 0 como *C. plumbeus* con -4.9 (Sminkey y Musick, 1995), *C. porosus* con -3.27 (Lessa y Marcante, 1998), *I. oxyrinchus* con -3.75 (Cailliet *et al.*, 1983) y *M. manazo* con -3.60 (Cailliet *et al.*, 1990). En todos estos casos el valor de t_0 no se ajusta al periodo de desarrollo embrionario de estas especies, al igual que en *S. zygaena*.



CONCLUSIONES

Sphyrna zygaena es una especie que se encuentra distribuido en el Océano Pacífico y en el Golfo de California y es capturada por los pescadores ribereños.

En el Océano Pacífico es más fácil encontrarlas en los meses de verano y otoño mientras que en el Golfo de California se encuentra en la temporada de invierno.

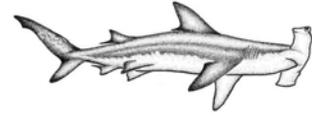
La relación entre el radio de la vértebra y la longitud total de los organismos es lineal con una r^2 de 0.948.

No hay una diferencia significativa entre machos y hembras, ni entre localidades en la relación radio longitud total.

Los grupos de edad observados para el total de los organismos abarcan desde 1 hasta 18 años.

Los parámetros obtenidos para la curva de von Bertalanffy para los datos observados son muy similares a los datos obtenidos por retrocálculo para el total de la muestra.

Los parámetros obtenidos para la curva de von Bertalanffy son L^∞ de 301.62, una k de 0.139 y una t_0 de -2.45 de los datos observados.



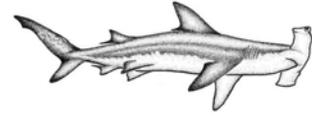
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Es necesario hacer muestreos para obtener organismos de tallas menores a los 100 cm LT así como tratar de obtener organismos con tallas mayores a los 300 cm LT.

Se recomienda buscar una forma de validación como el marcado y recaptura o por inyecciones de tetraciclina para poder asegurar la temporalidad de la depositación.

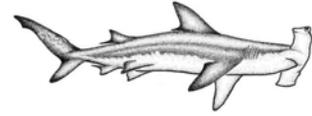
Es importante realizar estudios complementarios de la biología de *Sphyrna zygaena* con el fin de conocer todos los parámetros poblacionales y aplicarlo a un modelo de administración pesquera.

Se deben hacer este tipo de estudios para otras especies de importancia comercial de elasmobranquios con el fin de establecer planes de manejo sobre el recurso.



LITERATURA CITADA

- Agular-Castro, N.A. 2003. Ecología Trófica de Juveniles de Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en el Golfo de California, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 113 pp.
- Allen, B.R. y S.P. Winter. 2002. Age and Growth of the Spinner Shark *Carcharhinus brevipinna* off the Kwazulu-Natal Coast, South Africa. *S.Afr.J.mar.Sci.* 24: 1-8.
- Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf Of California. In Ketchum, B.K. (Ed). Ecosystems of the World 26, Estuaries and Enclosed Seas. Elsevier Scientific Publishing Company. Inglaterra. 427-499.
- Anislado-Tolentino, V. y C. Robinson-Mendoza. 2001. Edad y Crecimiento del Tiburón Martillo *Sphyrna lewini*, en el Pacífico Mexicano. *Ciencias Marinas.* 27(4): 501-520.
- Applegate, S.P., L. Espinosa, L. Menchaca y F. Sotelo. 1979. Tiburones Mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica. México. 72 pp.
- Branstetter, S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of México. *Environmental Biology of Fishes.* 19(3): 161-173.



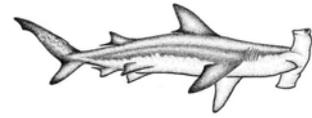
- Branstetter, S. 1987b. Age and Growth Estimates for Blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and Spinner, *C. brevipinna*, Sharks from the Northwestern Gulf of Mexico. *Copeia*. 4: 964-974.
- Busacker, G.P., I.R. Adelman y E.M. Goolish. 1990. Growth. *In*. Schreck, C.B. y P.B. Moyle (eds) *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society. E.U.A. 363-386.
- Cadena-Cárdenas, L. 2001. Biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. Tesis de Licenciatura. UABCS. México. 68 pp.
- Cailliet, G.M. 1990. Elasmobranch age determination and verification: an updated review. *In* H.I. Pratt, S.H. Gruber y T. Tamiuchi (eds) *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech. Report. 90 157-165.
- Cailliet, G.M., M.S. Love y A.W. Ebeling. 1986. *Fishes. A field and laboratory manual on their structure, identification and natural history*. Wadsworth Publishing company. E.U.A. 194 pp.
- Cailliet, G.M., L.K. Martin, J.T. Harvey, D. Kusher y B.A. Welden. 1983. Preliminary studies on the age and growth of blue, *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus*, and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. NOAA Technical Report NMFS 8: 157-165.



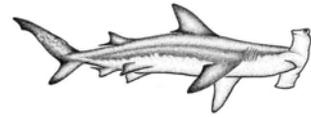
- Cailliet, G.M., L.J. Natanson, B.A. Welden y D.A. Ebert. 1985. Preliminary studies on the age and growth of the white shark, *Carcharodon carcharias*, using vertebral bands. *Memoirs*. 9: 49-60.
- Cailliet, G.M. y S. Tanaka. 1990. Recommendations for Research Needed to Better Understand the Age and Growth of Elasmobranchs. In H.I. Pratt, S.H. Gruber y T. Tamiuchi (eds) *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech. Report. 90. 205-207.
- Campana, S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*. 59: 197-242.
- Carrera-Fernández, M. 2004. Biología Reproductiva del Tiburón Azul *Prionace glauca* Linnaeus, 1758) en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 67 pp.
- Castillo-Géniz, J.L. y F. Márquez-Farías. 1993. La Pesquería del Tiburón en México: Una Revisión Histórica del Golfo de México. Instituto Nacional de la Pesca. México. 24 pp.
- Chen, C.T., T.C. Leu, S.J. Joung y N.C.H. Lo. 1990. Age and Growth of the Scalloped Hammerhead, *Sphyrna lewini*, in Northeastern Taiwán Waters. *Pacific Science*. 44(2): 156-170.
- Compagno, L.J. 1984. *Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Sharks Species Known to Date. Part II, Carcharhiniformes*. FAO Fish Synop. (125) 4: 251-655.



- Compagno, L.J., F. Krupp y W. Schneider. 1995. Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro Oriental. FAO. Vol. 2.(1): 646-1200.
- Cruz-Martínez, A. 2000. Edad y Crecimiento del Tiburón Toro *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1839) en las aguas de Veracruz y Campeche, México. Tesis de Maestría. UNAM. México. 65 pp.
- De La Lanza, G.E. 1991. Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT Editor. México. 525 pp.
- Downton-Hoffmann, C.A. 2001. Edad y Crecimiento del Pez Guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 72 pp.
- Ehrhardt, N.M. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera parte. Parámetros poblacionales FAO-CICIMAR. México. 134 pp.
- Félix-Uraga, R. 1990. Crecimiento de *Sardinops sagax caerulea* en Bahía Magdalena, México. *Inv. Mar.* CICIMAR. 5(1): 27-31
- Ferrari, A y A. Ferrari. 2001. Escualos. Grijalvo. España. 256 pp.
- Guerrero-Maldonado, L.A. 2002. Captura Comercial de Elasmobranquios en la Costa Suroccidental del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. UABCS. México. 54 pp.
- Gómez, J. y H. Vélez. 1982. Variaciones Estacionales de Temperatura y Salinidad en la Región Costera de la Corriente de California. *Cienc. Mar.* 8 (2): 167-176.



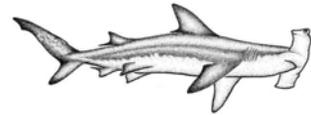
- González-García, M.J. 2001. Revisión Sistemática de Los Tiburones Martillo (Carcharhiniformes: Sphyrnidae). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología de Xalapa, México. 183 pp.
- Holden, M.J. 1977. Elasmobranchs. In: J.A. Gulland. Fish population dynamics. John Willey & sons. E.U.A. 324-365.
- Hoyos-Padilla, E. M. 2003. Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR. La Paz, B.C.S, México. 58 pp.
- Kalmijn, A.J. 1971. The Electric Sense of Sharks and Rays. *J.Exp.Biol.* 55: 371-383.
- Klimley, A.P. 1981. Grouping Behavior in the Scalloped Hammerhead. *Oceanus.* 24(4): 66-71.
- Klimley, A.P. 1993. Highly directional swimming by scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, and subsurface irradiance, temperature, bathymetry, and geomagnetic field. *Marine biology.* 117 (1): 1-22.
- Kimura, D.K. 1979. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin.* 77(4): 765-776.
- Kohler, N.E., J.G. Casey y P.A. Turner. 1995. Length-weight relationships for 13 species of sharks from the western North Atlantic. *Fishery Bulletin.* 93(2):412-418.
- Lessa, R. y F. Marcante. 1998. Age determination and growth of the smalltail shark, *Carcharhinus porosus*, from northern Brazil. *Mar. Freshwater Res.* 49:705-711.



- Lineaweaver, T.H. y R.H. Backus. 1970. The Natural History of Sharks. Lyons & Burford, Publishers. E.U.A. 256 pp.
- Natanson, L.J. y G.M. Cailliet. 1990. Vertebral Growth Zone Deposition in Pacific Angel Sharks. *Copeia*. 4: 1133-1145.
- Natanson, L.J., J.G. Casey y N.E. Kohler. 1995. Age and growth estimates for the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fisheries Bulletin*. 93: 116-126.
- Natanson, L.J., J.G. Casey, N.E. Kohler y T. Colket. 1999. Growth of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in the western North Atlantic based on tag returns and length frequencies; and a note on the effects of tagging. *Fisheries Bulletin* 97: 944-953
- Parsons, G.R. 1993. Age determination and growth of the bonnethead shark *Sphyrna tiburo*: a comparison of two populations. *Marine Biology*. 117: 23-31.
- Pérez-Jiménez, J. C. 2001. Análisis de la Pesquería Artesanal de Tiburones y Rayas de Isla Isabel, Nayarit, México. Tesis de Maestría. CICESE. 75 pp.
- Pérez-Jiménez, J. C. y Venegas-Herrera, A. 1997. Análisis Biológico-Pesquero de Tiburones de las Familias Sphyrnidae, Alopiidae y Lamnidae (Elasmobranchii) Capturados por la Principal Flota Artesanal del Sur de Nayarit, México. Temporada 1995-1996. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 62 pp.



- Pratt, H.L. y J.G. Casey. 1983. Age and Growth of the Shortfin Mako, *Isurus oxyrinchus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*.40: 1944-1957.
- Ribot-Carballal, M. C. 2003. Edad y crecimiento del tiburón mako, *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810), capturado en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 63 pp.
- Sánchez de Ita, J.A. 2004. Edad y crecimiento del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibrón, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 63 pp.
- Shwartz, F.J. 1983. Shark ageing methods and age estimation of Saelloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, and dusky, *Carcharhinus obscurus*, sharks based on vertebral ring counts. NOAA Technical Report. NMFS, 8: 167-174.
- Smale, M.J. 1991. Occurrence and Feeding of Three Shark Species, *Carcharhinus brachyurus*, *C. obscurus* and *Sphyrna zygaena*, on the Eastern Cape Coast of South Africa. *S.Afr.J.Mar.Sci.* 11: 31-42.
- Smale, M.J. y G. Cliff. 1998. Cephalopods in the Diets of Four Shark Species (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena* And *S. mokarran*) from Kwazulu-Natal, South Africa. *S.Afr.J.Mar.Sci.* 20: 241-253.
- Smith, S.E. 1984. Timing of vertebral-bands deposition in tetracycline-injected Leopard Sharks. *Trans.Ame.Fish.Soc.* 113: 308-313.



- Sminkey, T.R. y J.A. Musick. 1995. Age and Growth of the Sandbar Shark, *Carcharhinus plumbeus*, before and after Population Depletion. *Copeia* 4: 871-883
- Springer, V.G. y J.P. Gold. 1989. Sharks in Question. Smithsonian Institution Press. E.U.A. 187 pp.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1992. Bioestadística, principios y procedimientos. Mcgraw Hill. México. 622 pp.
- Stone, B.R., C.M. Bailey, A.S. Mclaughlin, M.P. Mace y M.B. Schulze. 1998. Federal Management of Atlantic Shark Fisheries. *Fisheries Research*. 39: 215-221.
- Stevens. J.D. 1984. Biological Observations on Sharks Caught by Sport Fishermen off New South Wales. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 35: 573-590.
- Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstich. 2000. Reef Fishes of the Sea of Cortez. John Wiley and Sons, E.U.A. 302 pp.
- Thorson, B.T. y E.J. Lacy. 1982. Age, Growth Rate and Longevity of *Carcharhinus leucas* Estimated from Tagging and Vertebral Rings. *Copeia*. 1: 110-116.
- Torres-Huerta, A.M. 1999. Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Sphyrnidae) en aguas del noroeste de México. *Tesis de Licenciatura*. UNAM. 68 pp.
- Tricas, T.C., K. Deacon, P. Last, J.E. Mccosker, T.I. Walker y L. Taylor. 1998. Tiburones y Rayas. Ediciones Omega. España. 288 pp.



- Vannuccini, S. 1999. Shark Utilization, Marketing and Trade. FAO Fisheries Technical Paper. No.389. Roma. 470 pp.
- Villarreal-González, M.P. 1987. La Pesca en Baja California Sur: Mito o Realidad. Tesis Profesional. U.A.B.C.S. México. 201 pp.
- Villavicencio-Garayzar, C.J. 1996. Pesquería de Tiburón y Cazón. *In*. Casas-Valdez, M. y G. Ponce Díaz (Eds) Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola en Baja California Sur. Gobierno del Estado de Baja California Sur. 305-316.
- Villavicencio-Garayzar, C.J. 2000. Taxonomía, abundancia estacional, edad y crecimiento y biología reproductiva de *Narcine entemedor* Jordan y Starks (Chondrichthyes: Narcinidae), en Bahía Almejas, B.C.S., México. Tesis de Doctorado. Monterrey, Nuevo León, México. 138 pp.
- Waring, G.T. 1984. Age, growth and mortality of the Little Skate of the northeast Coast of the United States. *Trans.Ame.Fish.Soc.* 113: 314-321.
- Wintner, S.P. y G. Cliff. 1996. Age and Growth determination of the blacktip shark *Carcharhinus limbatus*, from the east coast of South Africa. *Fishery Bulletin* 94: 135-144.
- Zar, H.J. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. Englewood Cliffs. E.U.A. 718 pp.