



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Diferenciación morfológica de juveniles de
dos especies del género *Sphyrna***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

CARRASCO MARTÍNEZ LUIS BRAIN



DIRECTOR DE TESIS:

DR. LUIS FERNANDO DEL MORAL FLORES

**LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO
2019**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Estoy infinitamente agradecido con la Universidad Nacional Autónoma de México que me ha dado una formación académica y profesional.

Agradezco al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, a la Facultad de Estudios superiores Iztacala, al Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 24, Puerto Madero, Chiapas, México. A mis sinodales y a mi tutor por el asesoramiento para la realización de mi tesis.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo a Luis por su esfuerzo y ejemplo inquebrantable, a Lorena por su amor incondicional y a Evelyn por sus consejos y toda la admiración que tengo por ella. La luz y la razón de todos mis sueños.

A Elisa por estar siempre a mi lado y crecer junto a mí.

"We are ancients

As ancient as the sun

We came from the ocean

Once our ancestral home.

We are the children of the sun, our journey's just begun..."

-DEAD CAN DANCE-

ÍNDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
Pesca de tiburón en México	8
Familia Sphyrnidae.....	10
<i>Sphyrna tiburo</i> VS <i>S. vespertina</i>	12
ANTECEDENTES.....	14
OBJETIVOS	19
MATERIALES Y MÉTODO	20
RESULTADOS.....	26
Medidas morfométricas.....	27
Exoesqueleto	33
Mandíbulas.....	37
Cráneo	39
Endoesqueleto	43
Columna vertebral	47
Discusión	49
Conclusión	53
LITERATURA CITADA	54

RESUMEN

En la actualidad *Sphyrna tiburo* y *Sphyrna vespertina* son consideradas especies hermanas debido a que poseen un gran número de similitudes morfológicas entre sí, incluso existen trabajos donde las consideran bajo un mismo nombre y en algunos casos como subespecies válidas. Uno de los aspectos principales dentro de la diferenciación de estas dos especies son los registros de su distribución geográfica, pues se asume que ambas poblaciones quedaron aisladas mediante el surgimiento del Istmo centroamericano; en el Atlántico occidental están representadas por *S. tiburo* y en el Pacífico oriental por *S. vespertina*. Con este surgimiento se delimitó la movilidad de las poblaciones ya que ambas presentan una distribución dentro de las regiones tropicales y cuentan con hábitos costeros.

En el presente estudio se busca fortalecer la identidad de las poblaciones analizadas, refrendando su condición como dos especies diferentes. Se utilizaron un total de 29 organismos. Los ejemplares de *Sphyrna vespertina* (n=22) oscilaron desde los 213 hasta los 312 mm de LT para los machos y de 271 hasta 430 mm de LT para las hembras. En el caso de *S. tiburo* (n=7) oscilaron, para los machos desde los 585 hasta los 670 mm de LT y en hembras de los 650 hasta los 910 mm de LT.

Para ello, en primer lugar se estudiaron las diferencias morfológicas existentes entre las dos poblaciones de juveniles de estas especies, mediante morfometría tradicional para delimitar la presencia o ausencia de una diferencia significativa, y un análisis tanto del exoesqueleto mediante la descripción de los denticulos dérmicos, la revisión del endoesqueleto a través de una diafanización, así como una revisión de la mandíbula y la región cefálica tanto externa como interna. Los estadísticos obtenidos fueron resultado de seis parámetros morfométricos de la región cefálica, dentro de los cuales cinco muestran una diferencia significativa ($\alpha=0.05$). Estas diferenciaciones morfológicas son la conclusión entre las medidas de machos y hembras de ambas especies de juveniles del género *Sphyrna*. Reforzando así las bases y la caracterización para ambas poblaciones.

INTRODUCCIÓN

Los peces cartilagosos, condriictios (*Chondrichthyes*), pertenecen a las subclases *Elasmobranchii* y *Holocephali*. Son vertebrados acuáticos mandibulados con endoesqueleto cartilaginoso y calcificación prismática de capas de hidroxapatita, poseen un esqueleto dérmico a manera de dentículos que reciben el nombre de escamas placoides, sus dientes no están fusionados con las mandíbulas, las aletas están soportadas por radios blandos no segmentados conocidos como ceratotriquia, carecen de vejiga gaseosa y pulmones, el intestino presenta una válvula espiral y tienen fertilización interna por medio de los mixopterígios que son modificación de las aletas pélvicas en los machos (Nelson, 2006).

Los condriictios constituyen uno de los linajes más antiguos de vertebrados. Aparecieron hace aproximadamente 410 millones de años, durante el Silúrico y se fueron diversificaron en el Devónico (Inoue et al., 2010). En cuanto a su relación filogenética gran parte de los grupos fósiles de Elasmobranquios comparten una mezcla de caracteres primitivos y derivados, esto dificulta el establecimiento del parentesco con los grupos modernos. Gran parte de las estructuras vinculadas con la locomoción y la forma en la que obtenían el alimento fueron evolucionando a la par en varios grupos de condriictios. Se reconocen tres grandes radiaciones adaptativas, sin evidenciar sus relaciones filogenéticas. La primera radiación correspondería a los condriictios basales, la segunda a elasmobranquios basales, mientras que una tercera radiación incluye varios grupos fósiles y a las formas actuales agrupadas en esqualomorfos y batoideos (Pérez, 2003).

Las especies actuales habitan en todos los ambientes marinos, desde arrecifes de coral en el trópico, hasta las aguas templadas, de las grandes profundidades en las fosas oceánicas hasta la parte epipelágica de todos los océanos, además existen especies adaptadas a vivir en zonas estuarinas y dulceacuícolas. A nivel mundial se han descrito alrededor de 1,236 especies, 359 corresponden a los tiburones y 456 a las rayas (Del Moral-Flores et al., 2016).

México cuenta con grandes litorales, una extensa plataforma continental, una zona exclusiva de pesca y una importante ictiofauna marina, en cuanto a riqueza específica se refiere, dentro de la cual se incluyen distintos grupos de peces, destacando el grupo de los condriktios. Estos, a pesar de su gran importancia ecológica, evolutiva y económica, su diversidad ha sido escasamente estudiada en México (Del Moral-Flores & Pérez-Ponce de León, 2013). En México se encuentran presentes 111 especies de tiburones, de los cuales los órdenes con mayor diversidad específica son Carcharhiniformes (59 especies), Squaliformes (24) y Lamniformes (13); a nivel familia: Carcharhinidae (26), Pentanchidae y Triakidae (cada una con 11) y Sphyrnidae (7); y a nivel genérico: *Carcharhinus* (17), *Mustelus* (9), *Sphyrna* (7) y *Apristurus* (6) (Del Moral-Flores et al., 2016).

Pesca de tiburón en México

Los tiburones son depredadores tope, por lo general altamente móviles y ampliamente distribuidos, muy vulnerables a la explotación al tener una baja resiliencia debido a su crecimiento poblacional lento (Schindler et al., 2002). Son considerados un grupo muy importante, en primer caso: por su biología, ecología y comportamiento, así como por su sistemática, filogenia y biogeografía; en segundo término: por el aporte que algunas especies hacen a las pesquerías mundiales, de las que México también es partícipe.

A pesar de que la mayoría de las especies de tiburones se encuentra en los niveles más altos de la red trófica, son susceptibles a una disminución drástica de sus poblaciones, debido a varios factores. Se debe reconocer que existe cierta cantidad de información sobre aspectos de biología reproductiva, edad, crecimiento y hábitos alimenticios de algunas especies cuyas poblaciones son objeto de pesquerías artesanales en localidades muy puntuales de los litorales mexicanos, entre ellos destacan los de Baja California Sur, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Castro-Aguirre et al., 2004).

La pesquería de tiburón en México representa un importante recurso económico, alimentario y social para el país, al generar empleos en sus fases de captura, proceso, distribución y comercialización (CONAPESCA-INP, 2004). En esta actividad, se capturan en el país aproximadamente 39 especies de gran importancia comercial. De acuerdo con la cantidad en sus capturas, destacando el tiburón martillo, tiburón sedoso o tunero, los cazones mamones, tiburón azul, tiburón volador o puntas, los cazones de ley y bironche, tiburón zorro, entre otros.

En México, el aleteo (práctica que consiste en capturar tiburones y cortarles las aletas desaprovechando el resto) está prohibido y en el mercado nacional es aprovechada la mayor parte de la carne. En 2013 se capturaron 27,430 toneladas de tiburón, lo que la ubicó en el noveno lugar de la producción pesquera en el país y, por su valor, en el octavo (\$425,364,000.00 M.N). Por otra parte, para el 2014 la captura de tiburón fue de 28,192 toneladas, ocupando el lugar número 11 entre las pesquerías por volumen de captura, esta pesquería dejó un derrame económico aproximado de \$444,046,000.00 durante ese año, fortaleciendo toda la cadena de comercialización (INAPESCA, 2016).

La pesquería artesanal de tiburón suele operar cercana a la costa, en una franja costera de 50 km de ancho, aunque hay excepciones (Pérez-Jiménez et al., 2005). Generalmente es utilizado el palangre, aunque también se le suele capturar en las operaciones hechas para la captura de escama con red de enmalle. Por su parte, la pesquería semi-industrial captura tiburones sólo con palangre y opera por lo regular en zonas alejadas de la costa a una distancia de entre 200 y 800 km. Esta diferencia espacial implica que las capturas de cada pesquería corresponden a etapas de vida diferentes y que, por tanto, el grado de impacto no es igual (INAPESCA, 2016). Un plan de manejo adecuado para el uso y comercialización del tiburón debe implementarse con bases científicas que marquen los lineamientos esenciales para el buen manejo de este recurso (Applegate et al., 1979).

Familia Sphyrnidae

Los integrantes de la familia Sphyrnidae son llamados comúnmente tiburones martillo, cornudas y cabeza de pala, debido a las proyecciones de la región cefálica (González, 2001). Morfológicamente las expansiones laterales en la cabeza son únicas y distintivas ya que esta se encuentra deprimida dorsoventralmente y extendida por los costados, poseen los ojos situados en los bordes externos, con una membrana nictitante bien desarrollada, en las mandíbulas se encuentran presentes dientes pequeños y moderadamente largos a manera de cuchillas con una sola cúspide, usualmente curvados en dirección a las comisuras de la boca (Gilbert, 1967). En esta familia los surcos labiales pueden ser vestigiales o ausentes, con surcos precaudales presentes, el espiráculo se encuentra ausente, aletas nasales anteriores cortas y triangulares, el ancho internasal es alrededor de 7 a 14 veces el ancho de la fosa nasal, la primera aleta dorsal es de tamaño moderado a muy grande y mucho más corta que el lóbulo superior de la aleta caudal, la base de la aleta dorsal se encuentra por delante de las bases de las aletas pélvicas, la equidistancia entre las bases de pectorales y pélvicas varía dependiendo la especie (Compagno, 1984). Además, presenta un lóbulo caudal ventral fuerte, con ondulaciones en el margen caudal dorsal. Tienen neurocráneo sin cresta supraorbitaria primaria, pero con puntas de procesos preorbital y postorbital fusionados para formar una cresta supraorbital secundaria única; el centro vertebral presenta calcificaciones intermedias fuertes en forma de cuña. Intestino valvular con una válvula de desplazamiento. El cuerpo tiene un color gris claro o pardusco en la zona dorsal y blanco en la parte ventral sin patrón de coloración. Esta familia cuenta con un desarrollo vivíparo (Gilbert, 1967a). Las tallas máximas de estos organismos fluctúan entre los 90 cm de longitud total (LT) en la especie más pequeña y 700 cm (LT) en la de mayor tamaño.

En un principio, la familia Sphyrnidae fue descrita por Gill (1872). Sin embargo, taxonómicamente y de manera posterior, varios autores han considerado a los tiburones martillo como un subgrupo de la familia Carcharhinidae (Whitley, 1940; Springer, 1944; Compagno, 1988). La clasificación de Compagno (1988) incluyó a los esfírnidos dentro de la familia Carcharhinidae como subfamilia Sphyrninae, este

arreglo taxonómico ha sido aceptado por Shirai (1996) y Eschmeyer (2000). De manera reciente, Nelson (2006) la eleva a nivel de familia.

Las relaciones filogenéticas al interior de la familia Sphyrnidae no han sido esclarecidas por completo. Los trabajos más notables se han realizado, con base en datos morfológicos (Compagno, 1988) y con genes mitocondriales (Martin, 1993). Con su hipótesis filogenética, Compagno (1988) planteó un escenario sobre la evolución del lóbulo cefálico, a partir de una especialización de lóbulos cefálicos reducidos a amplios. En este, los taxa fueron ordenados de acuerdo con el grado de extensión lateral de este lóbulo; de tal manera que las especies con menor extensión fueron consideradas plesiomórficas, mientras que las especies con una mayor extensión se consideraron apomórficas (Compagno, 1988). Por otra parte, Martin (1993) plantea la evolución a partir de lóbulos cefálicos amplios a reducidos, en los cuales utilizó las secuencias de nucleótidos provenientes de los genes CO1 y CITB, utilizó el algoritmo de neighbour-joining sobre la matriz de distancias y obtuvo una hipótesis filogenética distinta a la de Compagno. Él infiere que la evolución del lóbulo cefálico tuvo una historia totalmente inversa a la propuesta por Compagno.

En la familia Sphyrnidae se reconocen dos géneros: *Eusphyra* (Gill, 1862) y *Sphyrna* (Rafinesque, 1810). Este último tiene una distribución cosmopolita, principalmente en aguas cálidas y templadas. Presenta hábitos costeros y alcanza profundidades de más de 200 m. La mayoría de las especies son migratorias y se mueven en cardúmenes, poseen una dieta muy amplia pues se alimentan de invertebrados como moluscos y crustáceos, así como de diversos peces óseos, rayas y otros tiburones (Castro-Aguirre, 1983).

Dentro del género *Sphyrna* se encuentran nueve especies, de las cuales *Sphyrna tudes*, *S. couardi* y *S. gilberti* no habitan en México. Las revisiones taxonómicas de Springer (1940, 1941 y 1944), Biwelog y Schroeder (1948), Gilbert (1967a, 1967b), Castro-Aguirre (1983) y Compagno (1984, 1988), generaron suficiente información para el reconocimiento básico de las especies que se localizan en los litorales de México (Castro-Aguirre et al., 2004.).

Sphyrna tiburo* VS *S. vespertina

Sphyrna tiburo y *S. vespertina* son los únicos miembros del género *Sphyrna* en tener la cabeza un poco expandida, ya sea plana o en forma de pala, gracias a unas proyecciones en la región cefálica redondeada con el margen anterior de la cabeza a manera uniforme entre los ojos. El ancho de la cabeza puede llegar a medir desde 14.4 al 24.5 % de la longitud total (LT) en especímenes de hasta 1 m de largo (los valores más altos generalmente se aplican a individuos más pequeños o a individuos de *S. vespertina*). También, el parche anterior del poro mediano en la parte inferior de la cabeza es único, el cual se caracteriza por un ángulo agudo, pero suavemente redondeado en la esquina posterior y por una extensión posterior medianamente larga y estrecha (Gilbert, 1967b).

Estas especies se distinguen porque el borde anterior de la cabeza se redondea más o menos uniformemente entre los ojos, sin una depresión nasal presente; sin ranura nasal interna. Por otra parte, el origen de la primera aleta dorsal es posterior a la axila de la aleta pectoral, una línea perpendicular trazada ventralmente desde el origen de la parte posterior intersectante dorsal de la aleta pectoral. Con dientes no dentados, una cúspide corta, débil y bastante roma. La distancia internasal va de una 1/10 a 1/6 parte de la LT, entre otros caracteres (Gilbert, 1967a).

Ambas especies, tienen un ciclo de vida que se desarrolla en un área bien delimitada, donde no sólo ocurre el proceso reproductivo, sino también la adaptación a comer ciertas presas, propias cada una de su área de distribución geográfica, pues *S. tiburo* y *S. vespertina* son especies de hábitos costeros. Poseen sofisticados procesos reproductivos ya que tienen un tipo de viviparidad placentada, es decir, los embriones concluyen su desarrollo embrionario dentro del útero materno y éste forma una placenta de tipo sacovitelina (Wourms, 1981; Hamlett, 1999). Esta especie de viviparidad da lugar al establecimiento de especializadas relaciones materno-fraternales, en diversos aspectos del desarrollo embrionario, como la osmorregulación, respiración y regulación endocrinológica e inmunológica (Hamlett, 1999). Al tener una reproducción vía placentaria presenta un ciclo de gestación muy corto (4 a 5 meses).

El promedio de sus camadas está compuesta por 10 individuos; al nacer miden 30 a 35 cm de LT. Al ser especies de aguas costeras van penetrando eventualmente en aguas interiores para el alumbramiento (Márquez et al., 1998). De acuerdo con Hamlett (1999) la placenta vitelina de los tiburones martillo, corresponde en complejidad al tipo de placenta epitelio-corial en la clasificación de la placentación mastozoológica. La cual se caracteriza por presentar seis capas tisulares y se presenta en cerdos, lémures, caballos y ballenas (Feldhamer et al., 1999).

El tamaño de *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina* puede variar dependiendo la zona geográfica. Existen pequeñas diferencias morfológicas en cuanto a las tallas entre machos y hembras. Para las poblaciones de *S. tiburo* en Florida, los machos tienen tallas que van de los 60 hasta los 80 cm, pesando entre 1 y 3 kg. Por otra parte, en las hembras las medidas oscilan entre 60 y 100 cm, con pesos de entre 0.9 y 6.7 kg (Smith, 1965).

ANTECEDENTES

La especie *Sphyrna tiburo* fue descrita por Linnaeus (1758: 234) con base en ejemplares recolectados en el Atlántico. Se caracteriza por tener los dientes frontales en posición recta a manera de copas y con el borde liso, mientras que los dientes posteriores tienen una cúspide oblicua. Los dientes más externos de la mandíbula inferior se modifican para una dieta que le permite alimentarse de vegetación y moluscos. Su fórmula dental se expresa como U: 12 de 14-0 o 1-12 de 14, L: 12 de 14-1-12 de 14. Los dentículos dérmicos son amplios, se superponen unos con otros; tienen cinco crestas paralelas que terminan en punta. Su coloración es marrón o gris por encima y más pálido por debajo.

Posteriormente, Springer (1940) describe a *Sphyrna vespertina*, con ejemplares provenientes del Pacífico oriental, en donde encontró diferencias morfológicas y lo llevó a considerarla nueva subespecie. Las diferencias morfológicas entre estas se pueden apreciar en la dentición, coloración y región cefálica, las cuales junto con el aislamiento entre las dos poblaciones nos sugieren que se podría tratarse de dos especies diferentes.

Sin embargo, Bigelow y Schroeder (1948) la sinonimizan con *S. tiburo* por la gran similitud morfológica. Posteriormente Gilbert (1967a) realiza un trabajo taxonómico con la descripción del género *Sphyrna* en el cual establece que *S. tiburo vespertina* es en realidad una subespecie válida de *S. tiburo*.

La taxonomía del grupo ha sido determinada por caracteres morfológicos básicos. Dentro de los más representativos, a nivel especie y subespecie, son la forma de la cabeza, la presencia de muescas en la región anterior del lóbulo cefálico, características de los dientes y los patrones de coloración. Desde este punto de vista, Gilbert (1967a) alude que todas las especies podrían ser identificadas con sólo conocer la forma de su cabeza. Sin embargo, durante la ontogenia de estos organismos se presentan cambios graduales en la forma de la cabeza que producen una fuerte variación inter e intraespecífica, lo cual dificulta su correcta identificación (González, 2001). Por su parte, Castro-Aguirre (1983) señala como caracteres importantes en la diagnosis de algunas especies las diferencias en la forma y talla

de las aletas, también son utilizadas las posiciones relativas que ocupa cada aleta en relación con las restantes.

Compagno (1988) postuló una hipótesis de forma progresista, en la que explicaba la evolución del lóbulo cefálico de los esfírnidos, es decir, que para él los taxa basales eran aquellos con una longitud del lóbulo cefálico reducida y los taxa apicales eran los que presentan lóbulos cefálicos muy amplios, todo ello con base en análisis morfológicos. Martin (1993) puso a prueba esta hipótesis con ocho taxa de tiburones martillo (seis especies y dos subespecies). Obtuvo una hipótesis filogenética 35 pasos más corta que la de evolución progresiva de Compagno (1988); diferencia que este autor consideró significativa basada en un análisis de verosimilitud. La hipótesis de Martin (1993) sugiere que las especies apicales en la familia presentan el lóbulo cefálico reducido y que los taxa basales poseen el lóbulo cefálico más amplio.

Los datos de distribución de *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina* no se encuentran actualizados actualmente, ya que gran parte de los registros son de hace más de cien años, esto para las aguas cálidas del hemisferio occidental, a lo largo de la costa este de América (Garman, 1913). En los años cincuenta se reconocían como una de las especies de tiburones más abundantes en el sureste de América del Norte, existían regiones en donde se podían observar todo el año (Jordan, 1923). Actualmente se ha observado que ya no son tan frecuentes dentro de las pesquerías mexicanas.

Entre la información disponible por especie, se ha documentado que *S. tiburo* migra hacia el sur o hacia aguas más profundas de Florida y el Golfo de México durante el invierno (Castro, 1983). *S. tiburo* y *S. vespertina* son especies que frecuentemente viajan en cardúmenes, de cinco a quince individuos, segregados por sexos y tallas (Springer, 1940; Klimley, 1985), aunque también han sido registrados cardúmenes en migración de cientos y miles de individuos (Gilbert, 1967a; Compagno 1984). Ambas especies han representado una importancia comercial para la industria pesquera, farmacéutica y cosmética (Compagno, 1984). Los registros de hace cincuenta años describen a *S. vespertina* como una especie

muy abundante y presente a lo largo del año en la costa pacífica meridional de México (Hernández-Carvalho, 1967). Aunque a finales del siglo XX, *S. tiburo* se convirtió en una especie rara a lo largo de la costa atlántica mexicana. Por su parte, Baughman & Springer (1950) describen a *S. tiburo* como una especie común en las playas de Texas, durante la primavera, verano y otoño. En nuestro país se cuenta con registros de ejemplares en el Golfo de México en la Bahía de Campeche desde hace más de 20 años (Márquez-Farías et al., 1997). Para el caso de *S. vespertina* los reportes van desde la costa occidental de América del Norte, del sur de California hasta Ecuador (Kato & Hernández-Carvalho, 1967).

Es posible que *S. tiburo* y *S. vespertina* sean especies hermanas, que se hayan diferenciado después de la emergencia más reciente del Istmo centroamericano, durante el Plioceno (Gilbert, 1967a). Esto podría explicar la actual distribución de *S. vespertina* en océano Pacífico y de *S. tiburo* en el Atlántico. Su distribución actual también puede estar correlacionada con las varias sub emergencias y emergencias de las masas terrestres de América central; aunque hasta ahora no ha sido posible determinar la secuencia precisa de los eventos (González, 2001).

Por otra parte, las bases y descripciones de los dentículos dérmicos han sido establecidas por distintos autores, remarcando los estudios de Muñoz-Chápuli (1985) quien realizó una revisión del trabajo de Budker (1938), ya que este elaboró un estudio exhaustivo sobre las estructuras y mecanismos del entonces llamado esqueleto dérmico. Con base en dichos estudios Muñoz-Chápuli retoma las descripciones propuestas por Reif (1982) en donde se establece que los dentículos dérmicos también presentan funciones de tipo adaptativo y que su forma no está solamente condicionada por la filogenia del grupo, con lo cual pudo clasificar cinco funciones y morfologías bien definidas para los dentículos dérmicos (Fig. 1).

Tipo 1. Dentículos no funcionales; propios de especies generalistas, que viven cerca del fondo, no son nadadores veloces y no presentan alimentación especializada.

Tipo 2. Dentículos en forma de botón o cruz; escualos de sustratos rocosos.

Tipo 3. Dentículos espinosos, usualmente combinados con abundante producción de mucus; función defensiva en escualos de fondo arenoso y fangoso.

Tipo 4. Dentículos planos, con caras separadas menos de 0.1 mm; su función es la reducción de fricción, presente en escualos pelágicos y de nado rápido.

Tipo 5. Dentículos en forma de pequeñas y delgadas espinas o con formas cóncavas; su función según Reif (1982) es dejar espacio para los fotóforos en pequeños escualos mesopelágicos.

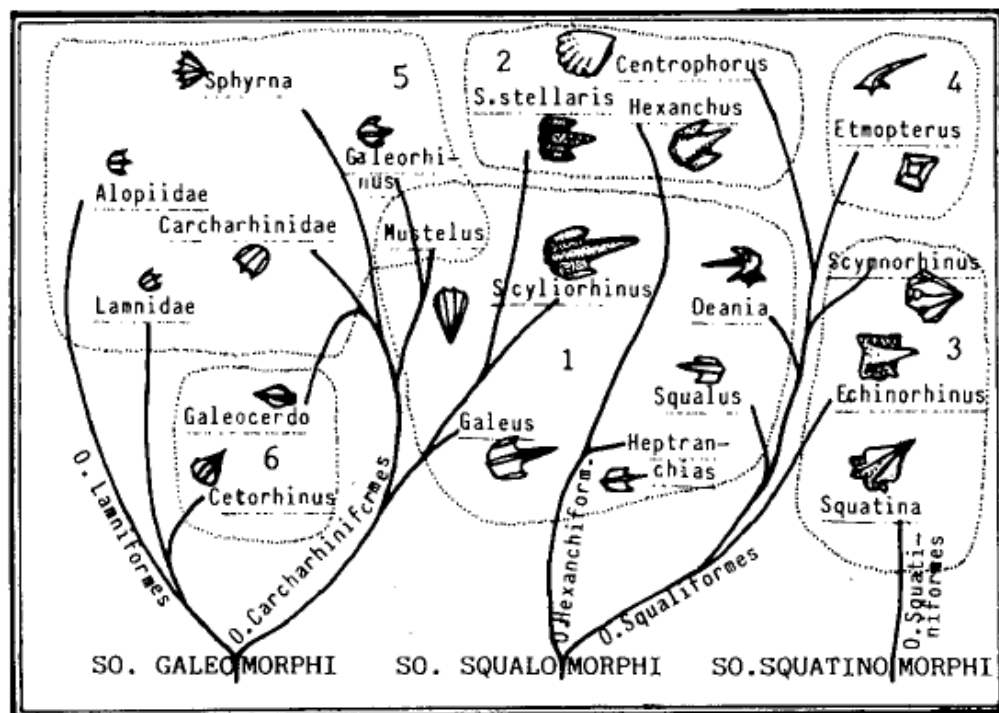


Figura 1. Representación de líneas evolutivas, definidos por la tipología denticular, no representados a escala (Muñoz-Chápuli, 1985).

La epidermis de los tiburones consiste en una capa basal de células cuboides, y numerosas capas irregulares de células escamosas. Gran parte la piel está compuesta por fibras dérmicas de colágeno y cubierta con pequeños denticulos dérmicos que se distribuyen en toda la parte externa del organismo (Stockard, 1944).

S. tiburo tiene un mayor potencial reproductivo en comparación con otras especies de tiburones, ya que con un análisis demográfico de la especie en el Golfo de México se corroboró datos sobre su historia de vida, incluyendo la edad de primera madurez sexual, fecundidad, longevidad, proporción sexual y mortalidad natural a edades específicas (Márquez et al., 1998). El resultado de este análisis podría ayudar a realizar alguna estrategia de manejo para la pesquería de este tiburón (Márquez et al., 1998).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir las diferencias morfológicas entre los juveniles *Sphyrna tiburo* y *Sphyrna vespertina*.

OBJETIVOS PARTICULARES

Realizar una comparación morfométrica entre los juveniles de ambas especies.

Comparar la anatomía interna, del endoesqueleto, entre los juveniles de *Sphyrna tiburo* y *Sphyrna vespertina*.

Describir y comparar los dentículos dérmicos en ambas especies.

MATERIALES Y MÉTODO

Los ejemplares del presente estudio fueron obtenidos de colectas puntuales y de revisiones museográficas. En el primer caso, se realizó un viaje de recolecta a Puerto Madero, en Tapachula de Ocampo, Chiapas, debido a que es el principal puerto pesquero del Golfo de Tehuantepec. La mayoría de los ejemplares de *S. vespertina* fueron proporcionados, a manera de donación por el Ing. Francisco Sancho, del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar (CETMAR No. 24), de Puerto Madero, Chiapas. En la localidad se visitaron las pesquerías de tiburones para la identificación de los ejemplares mediante claves taxonómicas. Se registraron el número de tiburones, así como el sexo, estadio y la longitud total de los organismos. Los ejemplares fueron fijados con formol (10%) y se trasladaron al laboratorio de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, en donde se almacenaron para el etiquetado de cada uno y su registro en una base de datos.

El proceso de fijación con formol, basa su principio en la interacción de la solución con diferentes sitios químicos de las macromoléculas tisulares para establecer, a modo de puente, uniones que originan una malla que las entrelaza. De esta manera y de acuerdo con los efectos que se desencadenan en el tejido, la fijación se produce por deshidratación, reticulización, formación de sales o por cambio de estado coloidal (Tomasi, 2009).

El formol por sus propiedades de fijación no coagulantes y de reticulización produce la liberación de moléculas de agua a partir las proteínas que constituyen los tejidos, originando grupos químicos de carga catiónica y aniónica en los aminoácidos laterales para establecer estructuras fibrilares que promueven la formación de compuestos reticulados en estado de gel. De esta manera, el formol reúne la mayoría de las cualidades esenciales que debe tener un reactivo de fijación universal (Tomasi, 2009).

Posteriormente los organismos fueron lavados para retirar los restos de formol para ser depositados en un contenedor con alcohol al 70% para su preservación, este proceso se realizó para un manejo adecuado de las muestras al momento de la obtención de fotografías, radiografías y medidas morfométricas.

Adicionalmente se revisaron ejemplares de ambas especies que se encuentran preservados y depositados en diversas colecciones científicas de referencia como lo son la Colección de Peces del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM (CI-ICMYL) y la Colección Ictiológica de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (CIFI).

La comparación de su morfología externa se basó en la obtención de 47 datos morfométricos básicos, expresados en % de la LT, para cada organismo mediante instrumentos de medición precisa, tomados en milímetros para su registro y etiquetado en la CIFI (Figs. 2, 3).

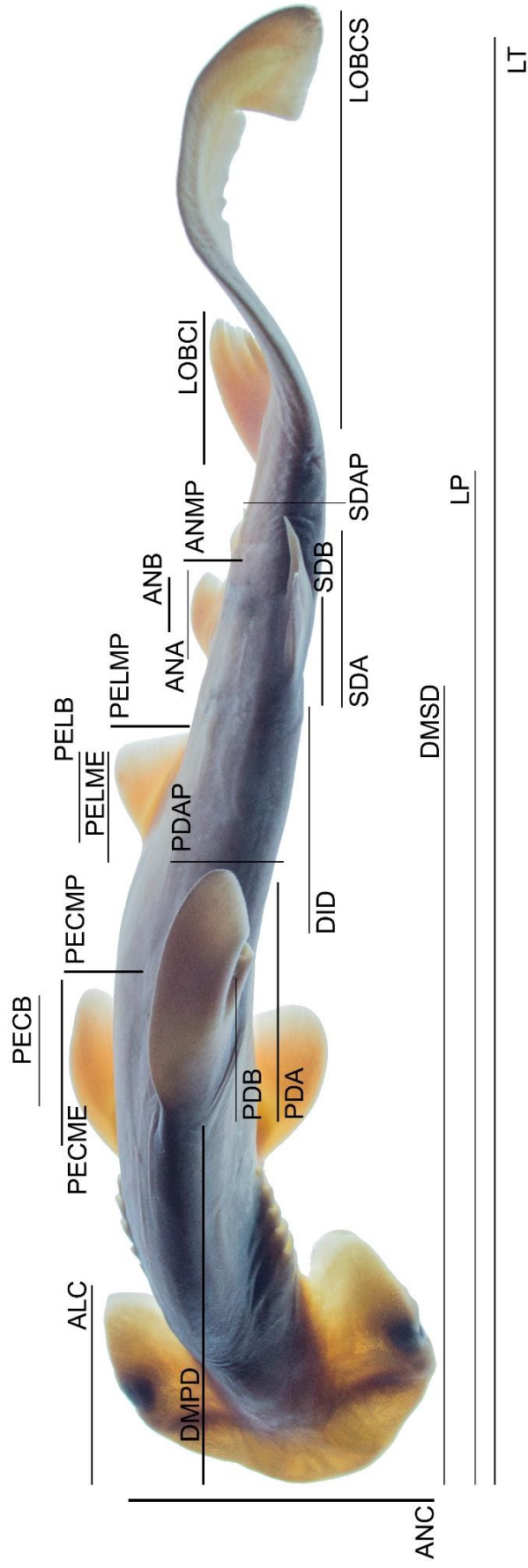


Figura 2. Medidas morfométricas utilizadas: Longitud total (LT), Ancho de la cabeza (ANC), Alto de la cabeza (ALC), Altura de la primera dorsal (PDA), Base primera dorsal (PDB), Primer dorsal altura posterior (PDAP), Segunda dorsal altura (SDA), Segunda dorsal base (SDB), Segunda dorsal altura posterior (SDAP), Aleta pectoral margen exterior, (PECME), Aleta pectoral base (PECB), Aleta pectoral margen posterior (PECMP), Aleta pélvica margen exterior (PELME), Aleta pélvica base (PELB), Aleta pélvica margen posterior (PELMP), Aleta anal altura (ANA), Aleta anal base (ANB), Aleta anal margen posterior (ANMP), Longitud precaudal (LP), Lóbulo caudal superior (LOBCS), Lóbulo caudal inferior (LOBCI), Distancia del morro a la primera dorsal

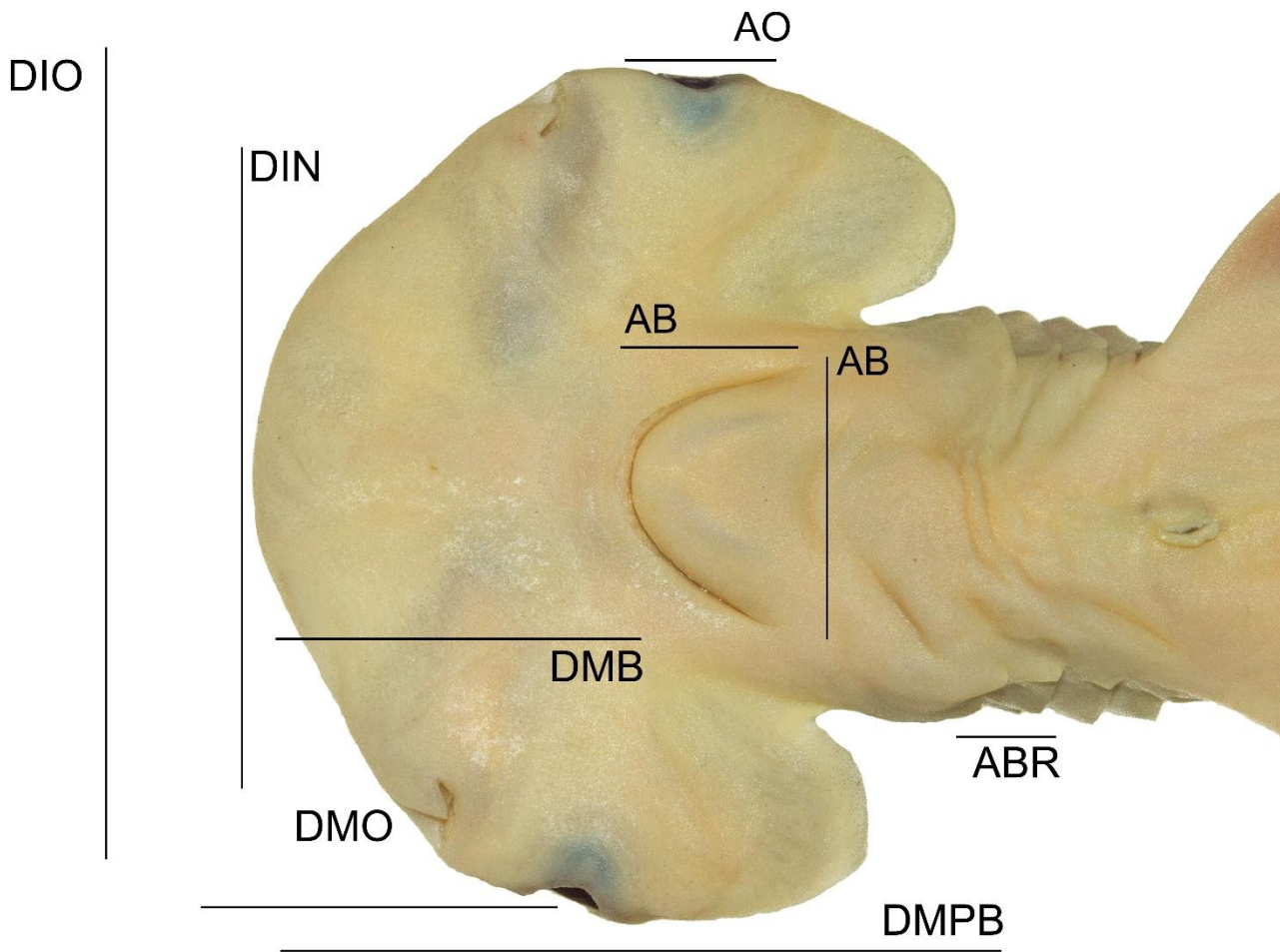


Figura 3. Medidas morfométricas utilizadas: Distancia internasal (DIN), Distancia del morro a la órbita ocular (DMO), Distancia del morro a la boca (DMB), Distancia del morro a la primera branquia (DMPB), Distancia interorbital (DIO), Abertura branquial (ABR), Ancho del ojo (AO), Ancho de la boca (AB), Alto de la boca (ALTB).

La comparación de endoesqueleto consideró la transparentación sin piel de los organismos mediante la técnica de diafanización diferencial, la cual consiste en un proceso de conservación anatómica que transparenta los tejidos blandos para equilibrar el índice de refracción de la luz dentro de un organismo y fuera de este y que pigmenta los tejidos mineralizados para visualizar los componentes óseos y cartilaginosos (Sandoval et al., 2016).

Para ello, se utilizaron los especímenes previamente fijados con formol al 10% para una inactivación de las enzimas e impedir la degradación *post mortem* de los tejidos y mantener la morfología celular. Posteriormente, se realizó una deshidratación de los ejemplares mediante su inmersión en un tren de alcohol etílico en distintas concentraciones (40%, 70% y 96%), en donde los organismos permanecieron 24 h dentro de cada una. Posteriormente se llevó a cabo la rehidratación de los mismos, se reintrodujeron en un nuevo tren de alcoholes, esta vez con concentraciones de 96%, 70% y 40% respectivamente, durante 24 h en cada uno (Sandoval et al., 2016).

La transparentación de los tejidos blandos se realizó con Hidróxido de potasio (KOH) en una concentración de 100 mg disueltos en 2 L de agua, ya que es un compuesto químico inorgánico altamente corrosivo y deshidrata los tejidos mediante una reacción de óxido-reducción, durante un periodo de 48 h. La tinción de los tejidos mineralizados se realizó con rojo de alizarina 10 mg/l y azul de alcian para el tejido cartilaginoso. Al finalizar las tinciones los ejemplares se dejaron reposar en la concentración de (KOH) en donde continuó la digestión alcalina hasta llegar al proceso de diafanización del tejido. Finalmente, los ejemplares fueron transferidos a un tren de glicerina con concentraciones de 50% y 100% respectivamente, esto último para su preservación (Sandoval et al., 2016).

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con una prueba de t-student para dos muestras independientes con un valor de ($\alpha=0.05$), con la cual se mostró un valor de significancia "P (T<=t) dos colas". Estableciendo así, mediante estos datos, las hipótesis a validar.

Ho= No existe diferencia significativa entre las medias.

Ha= Existe una diferencia significativa entre las medias.

Además, la descripción del endoesqueleto se complementó mediante el análisis de placas radiográficas de la parte cefálica, para conocer si existen diferencias internas a nivel del condrocraáneo, las cuales fueron proporcionadas por el laboratorio de rayos-X de la Clínica Universitaria de Salud Integral (CUSI) en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, mediante las cuales se llevó a cabo la comparación de las estructuras internas utilizando los esquemas de señalización propuestos por González (2001).

Los dentículos dérmicos fueron descritos con base en fotografías de microscopía electrónica de barrido. Para ello, se extrajo la piel de tres regiones corporales: dorsal, cefálica y ventral con las ámpulas de Lorenzini, la cual se dejó secar, tanto para un ejemplar de *Sphyrna tiburo* y otro de *S. vespertina*. Posteriormente las muestras fueron observadas mediante un microscopio electrónico de barrido, el cual utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen. Tiene una gran profundidad de campo en escalas micrométricas, la cual permite un enfoque muy grande de la muestra. Las imágenes son en alta resolución y permiten una apreciación muy cercana en alta magnificación.

Las descripciones morfológicas se realizaron mediante fotografías para una comparación de las diferencias anatómicas entre las especies, las imágenes digitales fueron realizadas con un equipo fotográfico Nikon DX y el procesado de las imágenes se realizó con los programas Photoshop y Lightroom, con los cuales fueron elaborados los esquemas para la visualización y ejemplificación de las medidas morfológicas correspondientes.

RESULTADOS

El presente estudio se llevó a cabo con el análisis de un total de 29 organismos, 22 correspondieron a *S. vespertina* y siete a *S. tiburo*. El mayor número de ejemplares fueron proporcionados por el CETMAR 24 (Tabla 1).

Tabla 1. Procedencia del material morfológico utilizado para *S. vespertina* y *S. tiburo*.

Especie	Ejemplares	No. de catálogo
<i>S. vespertina</i>	17	CETMAR 24
<i>S. vespertina</i>	5	CI-MYL 262.01; CI-MYL 262.02; CI-MYL 262.03; CI-MYL 262.04; CI-MYL 262.05
<i>S. tiburo</i>	5	CIFI (Colección Ictiológica de la FES Iztacala)
<i>S. tiburo</i>	2	CI-MYL 262.06; CI-MYL 262.07

Medidas morfométricas

Los ejemplares juveniles de *Sphyrna vespertina* oscilaron desde los 213 hasta los 312 mm de LT para los machos y de 271 hasta 430 mm de LT para las hembras. En el caso de *S. tiburo* oscilaron, para los machos desde los 585 hasta los 670 mm de LT y en hembras de los 650 hasta los 910 mm de LT (Tabla 2).

Tabla 2. Mínimos y Máximos de las medidas morfológicas expresadas como porcentaje de la longitud total (LT) de *Sphyrna vespertina* y *Sphyrna tiburo*.

	<i>Sphyrna vespertina</i>		<i>Sphyrna tiburo</i>	
	Machos n=11	Hembras n=11	Machos n=3	Hembras n=4
Medidas morfométricas	Mín-Máx	Mín-Máx	Mín-Máx	Mín-Máx
Longitud total	213-312	217-430	585-670	650-910
Ancho de la cabeza	21.6 - 24.4	20.8 - 26	16 – 17.2	15.6 – 21.5
Alto de la cabeza	14.6 - 18.3	14.4 – 17.2	11.3 – 12.3	10.7 – 12.3
Primer dorsal altura	14 - 17	14.4 – 17.6	13.2 – 17.17	14.9 – 17
Primer dorsal base	7.6 - 13.1	8.3 – 12.1	8 – 8.8	8.1 – 9.8
Primer dorsal altura posterior	6.3 - 10.1	5.8 – 10.2	8.5 – 9.4	8.7 – 11
Segunda dorsal altura	5 - 8.6	5.4 – 9.3	5.5 – 6.3	5.7 – 7.1
Segunda dorsal base	4 - 6.4	4.1 – 7.2	4 – 4.7	4.1 – 4.4
Segunda dorsal altura posterior	3.5 - 6.7	3.7 – 8.6	5 – 5.3	5 – 7.7
A. Pec. margen exterior izq	11 - 16	10.9 – 14.7	11.5 – 13	11.8 – 17
A. Pec. Base izq	3.6 - 8	4 – 8.8	5 – 5.6	5.2 – 5.5
A. Pec. margen posterior izq	5 - 10.2	7.5 – 10.7	8.6 – 9.5	8.9 – 13.2
A. Pec. margen interior izq	3.2 - 6.7	4.9 – 8	5 – 5.6	5.2 – 6.8
A. Pec. margen exterior der	10.8 - 16	11 – 14.7	11.5 – 13	11.8 – 17
A. Pec. Base der	3.6 - 9	4 – 8.8	5 – 5.6	5.2 – 5.5
A. Pec. margen posterior der	4.7 - 10.5	7.5 – 10.7	8.6 – 9.5	9 – 13.2
A. Pec. margen interior der	3.2 - 7.1	4.9 – 8	5 – 5.6	5.2 – 6.8
A. Pelv. margen exterior izq	5.6 - 8.6	5.7 – 10.2	6.5 – 7.1	6.7 – 9
A. Pelv. Base izq	2.5 - 8	2.4 – 8.8	3.5 – 3.7	3.7 – 7.4
A. Pelv. margen posterior izq	3.3 - 7.3	4.7 – 8.8	4.1 – 4.6	4.3 – 9.3
A. Pelv. margen interior izq	1.8 - 6.7	1.8 – 8.6	2.6 – 3	2.7 – 5.7

	<i>Sphyrna vespertina</i>		<i>Sphyrna tiburo</i>	
	Machos n=11	Hembras n=11	Machos n=3	Hembras n=4
Medidas morfométricas	Mín-Máx	Mín-Máx	Mín-Máx	Mín-Máx
A. Pelv. margen exterior der	5.6 - 8.6	5.7 – 10.2	6.5 – 7.1	6.7 – 9
A. Pelv. Base der	2.5 - 7.7	2.4 – 8.8	3.5 – 3.7	3.7 – 7.4
A. Pelv. margen posterior der	3.3 - 7.7	4.7 – 8.8	4.1 – 4.6	4.3 – 9.3
A. Pelv. margen interior der	1.8 - 6.4	1.8 – 8.6	2.6 – 3	2.7 – 5.7
A. Anal altura	4.4 - 12.5	5.5 – 12.7	4.9 – 5.4	5 – 9
A. Anal base	6.6 - 10.2	6.8 – 11.3	5.8 – 6.4	6 – 8
A. Anal margen posterior	5.6 - 9.3	5.8 – 9.8	5.3 – 6	4.5 – 5.5
Ancho del ojo	1.6 - 2.3	1.8 – 2.5	1.8 – 2	1.5 – 2.6
Ancho de la boca	6.1 - 7.7	4.4 – 7.8	6.1 – 7.3	7.3 – 8
Alto de la boca	3.7 - 6.5	3 – 6.1	3.2 – 3.2	3.8 – 4.5
Longitud precaudal	64.3 - 77	66.7 – 76.8	68.7 – 73.8	73 – 73.8
Lóbulo caudal superior	24.4 - 30	26.5 – 32	26.8 – 30	25.8 – 29
Lóbulo caudal inferior	9.3 - 10.9	9.4 – 11.6	9.2 – 11.3	10.6 – 12
Distancia internasal	15.4 - 19.2	14.3 – 19.7	11.6 – 13.6	12.3 – 12.6
Distancia del morro a la órbita ocular	6.8 - 9	6.3 – 8	6 – 6.6	5.5 – 5.8
Distancia del morro a la boca	8.7 - 10.8	9 – 10.1	7.4 – 8	7 – 7.5
Distancia del morro a la primera branquia	16.7 - 20.1	17.1 – 22	15.8 – 17.7	16.3 – 18.1
Distancia interorbital	20.2 - 24.6	20.4 – 24.6	15 – 17	15.5 – 16
1° Abertura branquial	1.7 - 3.6	1.4 – 3	1.9 – 2.5	2.6 – 3
2° Abertura branquial	1.4 - 3.2	1 – 3.4	2.3 – 2.7	2.3 – 3
3° Abertura branquial	2 - 3.5	1.4 – 3.6	2.4 – 3	2.7 – 3.1
4° Abertura branquial	2 - 3.2	1.3 – 3.4	2.4 – 2.9	2.3 – 3.2
5° Abertura branquial	1.4 - 2.2	0.7 – 3	1.5 – 2.5	1.7 – 2.6
Distancia del morro a la primera dorsal	29.7 - 35.8	31 – 36	29.8 – 34.1	33 – 33.3
Distancia del morro a la segunda dorsal	56.6 - 67.6	18 – 72	59.8 – 68.1	55.2 – 60.7
Distancia interdorsal	16 - 21.1	17 – 60.1	21.64	16.4 – 21.2

De un total de 29 organismos se obtuvieron 47 medidas morfométricas básicas para cada ejemplar, con ellas se calculó el promedio de cada una contra el largo total (LT), obteniendo el porcentaje de la estructura corporal comparada con las dimensiones de cada organismo (medida morfométrica/LT X100).

De estos datos, 41 medidas no mostraron ninguna diferencia estadísticamente significativa, ya que los valores numéricos entre las dos especies se encontraron en el mismo intervalo y no se pudo apreciar ninguna discrepancia entre *S. tiburo* y *S. vespertina*.

En la región corporal del tórax las medidas entre una especie y otra no presentaron diferencias estructurales aparentes, pues el largo y el ancho del tronco de las dos especies conservan una relación morfológica, mientras que los pares de aletas pectorales mantienen unas dimensiones similares. La región corporal posterior en donde se localizan el pedúnculo caudal y el par de aletas pélvicas tampoco mostró diferencias entre las longitudes de una especie y otra, aunado a esto las aletas dorsales, anales y los lóbulos superior e inferior de la aleta caudal.

Los resultados mostraron una discrepancia en la región cefálica entre *S. vespertina* y *S. tiburo*, en donde los ejemplares de la primera especie presentan un tamaño más pronunciado y cuentan con una cabeza más ancha en la región anterior, esto con relación al largo total (LT). Estas medidas corresponden al ancho y alto de la cabeza, la distancia internasal, distancia del morro a la órbita ocular, distancia del morro a la boca y la distancia del morro a la primera branquia.

En el caso de los machos de *S. vespertina* la distancia del morro a la órbita ocular es tres veces y media más pequeña que el ancho de la cabeza. Para *S. tiburo* sólo dos veces y media más reducida, mientras que la distancia del morro a la boca es dos veces y media más pequeña en *S. vespertina* y en *S. tiburo* dos veces más reducida, ambos casos comparados con el ancho de la región cefálica (Tabla 3).

Tabla 3. Mínimos y Máximos de las medidas morfológicas expresadas como porcentaje de la (LT) de la región cefálica en Machos y Hembras.

Medidas	Machos		Hembras	
	Mín-Máx <i>S. vespertina</i> n=11	Mín-Máx <i>S. tiburo</i> n=11	Mín-Máx <i>S. vespertina</i> n=3	Mín-Máx <i>S. tiburo</i> n=4
Ancho de la cabeza	21.6 – 24.4	16 – 17.2	20.8 – 24.4	15.6 – 21.5
Alto de la cabeza	14.6 – 18.3	11.3 – 12.3	14.4 – 17.2	10.7 – 13
Distancia internasal	15.4 – 19.2	11.6 – 13.6	14.3 - 20	12.3 – 12.6
Distancia del morro a la órbita ocular	6.8 – 9	6 – 6.6	6.3 - 8	5.5 – 5.8
Distancia del morro a la boca	8.7 – 10.7	7.4 - 8	9 – 10.1	7 – 7.5
Distancia del morro a la primera branquia	16.7 – 20.1	15.8 – 17.1	17.1 - 22	16.3 – 18.1

Los valores del alto de la cabeza y la distancia internasal se encuentran muy relacionados con el ancho de la cabeza, las medidas morfométricas están muy próximas. Por otra parte, en los machos, la distancia del morro a la primera branquia representa el valor más cercano al ancho de la cabeza, sin embargo, este parámetro está más próximo en *S. tiburo*.

Tanto para las hembras de *S. vespertina* como para las de *S. tiburo* la distancia del morro a la órbita ocular es aproximadamente tres veces más pequeña que la longitud del ancho de la cabeza. Del mismo modo la distancia del morro a la boca es la mitad del tamaño de esta longitud para las dos especies. Por otra parte, el alto de la cabeza y la distancia internasal también presentan una similitud en cuanto a sus medidas morfométricas, ya que ambas regiones cefálicas representan un valor muy cercano al ancho de la cabeza. Mientras que la distancia del morro a la primera branquia es el valor más cercano de estas tres. Esta característica también es más notoria en *S. tiburo*. Con los datos obtenidos de la región cefálica se realizó una comparación entre ambas especies, en donde se contrastaron las medidas de una población contra otra, esto tanto para machos como para hembras (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación y análisis estadístico (t Student) entre datos morfométricos, expresados como % de la Longitud total de *S. vespertina* y *S. tiburo*.

Medida	Medias		P(T<=t) dos colas	Ha implicación
	<i>S. vespertina</i>	<i>S. tiburo</i>		
Ancho de la cabeza en machos	22.62761428	16.69061374	0.000880097	<i>S. vespertina</i> tiene cabeza más ancha
Alto de la cabeza en machos	16.45311932	11.96529128	0.00248746	<i>S. vespertina</i> tiene cabeza más alta
Distancia internasal machos	17.3016644	12.80320879	0.007039259	<i>S. vespertina</i> tiene mayor distancia internasal
Distancia del morro a la órbita ocular en machos	7.616134097	6.195236099	0.003131524	<i>S. vespertina</i> tiene mayor distancia del morro a la órbita ocular
Distancia de la parte anterior del morro a la boca en machos	9.472447734	7.83002396	0.00049144	<i>S. vespertina</i> tiene mayor distancia del morro a la boca
Distancia del morro a la primera branquia en machos	18.66209545	16.46934089	0.005555574	<i>S. vespertina</i> tiene mayor distancia del morro a la primera branquia
Ancho de la cabeza en hembras	22.85768423	18.57142857	0.093886867	No hay diferencia entre el ancho de cabeza en hembras
Alto de la cabeza en hembras	15.82202324	11.86813187	0.004566281	<i>S. vespertina</i> tiene cabeza más alta
Distancia internasal hembras	17.06475701	12.46153846	0.0000004	<i>S. vespertina</i> tiene mayor distancia internasal
Distancia del morro a la órbita ocular en hembras	7.39093017	5.681318681	0.0000003	<i>S. vespertina</i> tiene mayor distancia del morro a la órbita ocular
Distancia de la parte anterior del morro a la boca en hembras	9.517996017	7.285714286	0.0000162	<i>S. vespertina</i> tiene mayor distancia del morro a la boca
Distancia del morro a la primera branquia en hembras	18.78962098	17.21978022	0.054587889	No hay diferencia entre la distancia del morro a la primera branquia

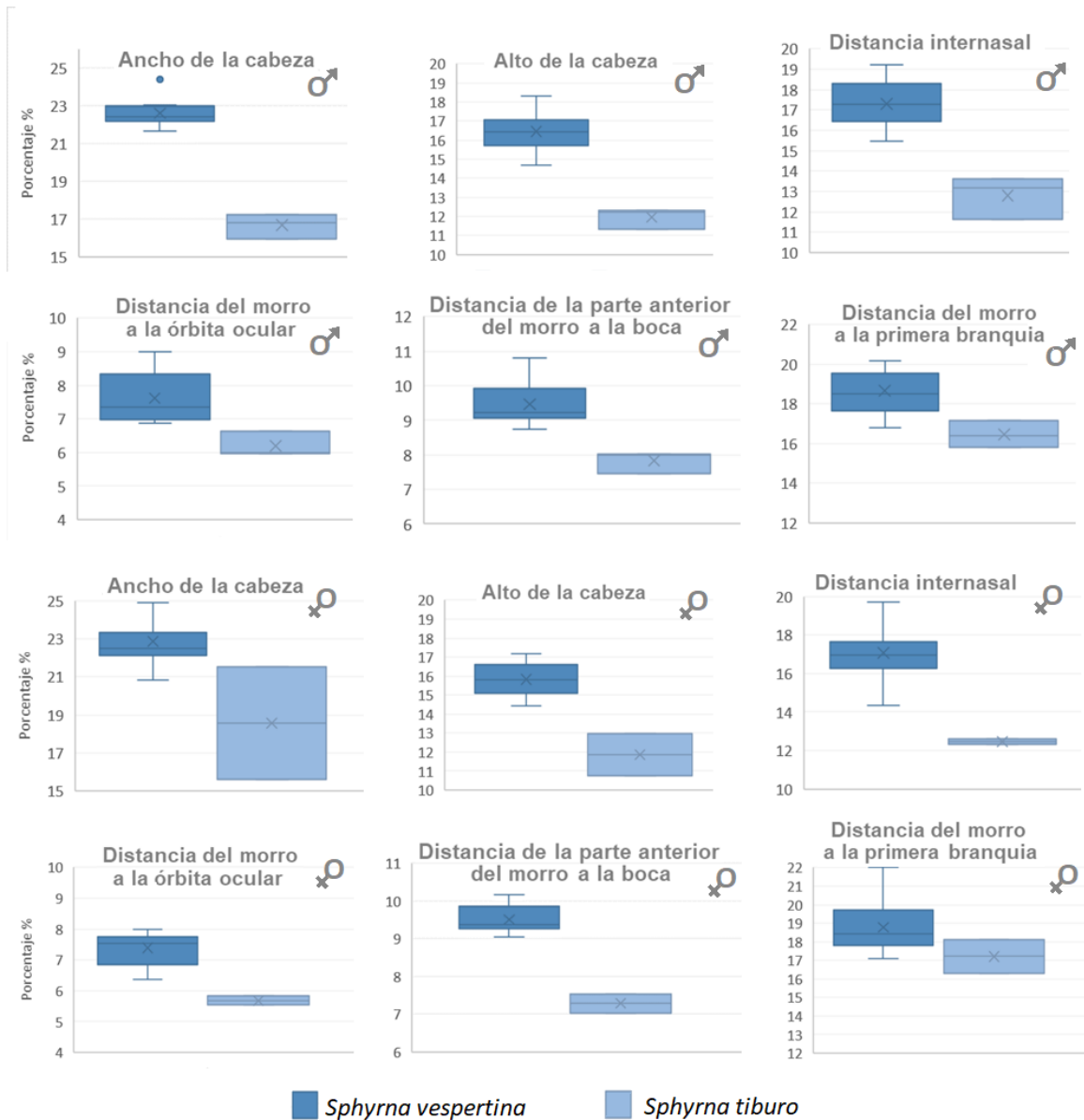


Figura 4. Comparativa entre los valores morfométricos para machos y hembras entre las medias de *Sphyrna tiburo* y *Sphyrna vespertina*.

Con este análisis estadístico se obtuvo un valor por debajo o igual al alfa establecido, validando así las diferencias significativas entre los valores morfométricos de *S. tiburo* y *S. vespertina*, para todos los casos, dentro de los machos, la H_0 no presentó diferencia entre las medias de las medidas de ambas especies. Sin embargo, dentro de las hembras el ancho de la cabeza y la distancia del morro a la primera branquia no presentaron una diferencia significativa (Tabla 4).

Exoesqueleto

Los dentículos son restos del primer esqueleto mineralizado que presentaban los antecesores de este grupo de vertebrados (Muñoz-Chapuli, 1985). Existen distintos tipos de dentículos dérmicos, los cuales incluyen: planos, puntiagudos, fornidos, líneas longitudinales y aleatorios. Dentro de estas clasificaciones se establecen los lineamientos para las descripciones de los dentículos dérmicos, ya que dependiendo de la forma y la funcionalidad se van realizando las agrupaciones para dichos elementos dérmicos.

Sphyrna tiburo y *S. vespertina* presentan ligeras variaciones dentro de los dentículos dérmicos al hacer la comparación de una especie y otra. Como una generalidad dentro de los dentículos de *S. tiburo*, en todas las regiones corporales revisadas en este estudio, se encontró que las estructuras son más largas longitudinalmente en las zonas de las cúspides y cuentan con una corona que presenta una base más reducida, mientras que en *S. vespertina* estas coronas son más amplias y las cúspides son más alargadas.

Otra de las características que se encuentra bien delimitada, y está presente en todos los dentículos dérmicos, es la parte posterior de las cúspides de los dentículos, ya que en *S. tiburo* las encontramos muy agudas y alargadas mientras que en *S. vespertina* estas estructuras son de punta roma y más estrecha. Por otra parte, en *S. vespertina* la región anterior de las coronas dérmicas, las zonas que delimitan el tamaño de una con otra, se encuentran alargadas longitudinalmente sin presentar bordes muy accidentados y aparentemente lisos rodeando el contorno de las cúspides y con una forma bien delimitada por estas. En el caso de *S. tiburo* la parte anterior de las coronas dérmicas se encuentra muy marcada y el borde no es completamente liso, pues al presentar unas cúspides más alargadas y con una región posterior muy marcada la forma de esta corona es más puntiaguda.

Los dentículos dérmicos de *S. tiburo* para la región cefálica ventral (Fig. 5 A1, A2) presentan un morfotipo de funcionalidad que ayudan a reducir el desgaste en el desplazamiento, ya que cuentan con espacios amplios entre las crestas, las tres cúspides están muy marcadas y aguzadas. La longitud de la corona es amplia y

corresponde a la longitud de la cúspide central. Para la región cefálica dorsal (Fig. 5 B1, B2) los dentículos también desempeñan un papel importante en el desplazamiento y minimizan el desgaste, presentando unas crestas profundas y con las cúspides bien definidas y ligeramente romas en los costados. La corona es amplia y su largo corresponde a la cúspide central. En la región dorsal (Fig. 5 C1, C2) encontramos unos dentículos con una corona muy amplia con crestas bien definidas y con surcos bien delimitados entre ellas, esto debido a que en esta región corporal del organismo las escamas placoideas tienen una función más específica, pues están estrechamente ligadas a reducir la fricción al momento de desplazarse. La cúspide central está muy marcada y las laterales presentan puntas romas.

En *S. vespertina* la región cefálica ventral (Fig 6. A1, A2) cuenta con dentículos dérmicos que ayudan a reducir el desgaste al momento del desplazamiento, los espacios entre las crestas son amplios, con una cúspide central muy marcada y las laterales con las puntas romas. La longitud de la corona es amplia y corresponde al largo de la cúspide central. En la región cefálica dorsal (Fig. 6 B1, B2) los dentículos dérmicos, al igual que en la región ventral, tienen una funcionalidad morfotipo que minimiza el desgaste en el desplazamiento. Los espacios entre las crestas también son amplios, la cúspide central más larga y marcada que en la región ventral y con las puntas muy reducidas. La corona es amplia y de igual manera corresponde al largo de la cúspide central. Los dentículos de la región dorsal (Fig. 6 C1, C2) presentan otra funcionalidad, ya que estos reducen la fricción al contacto con el agua y hacen que el movimiento del organismo sea más fluido. Las crestas se encuentran más distantes unas de otras y con las oquedades muy marcadas, las cúspides son cortas y corresponden al tamaño de la corona que es muy amplia (Figs. 5, 6).

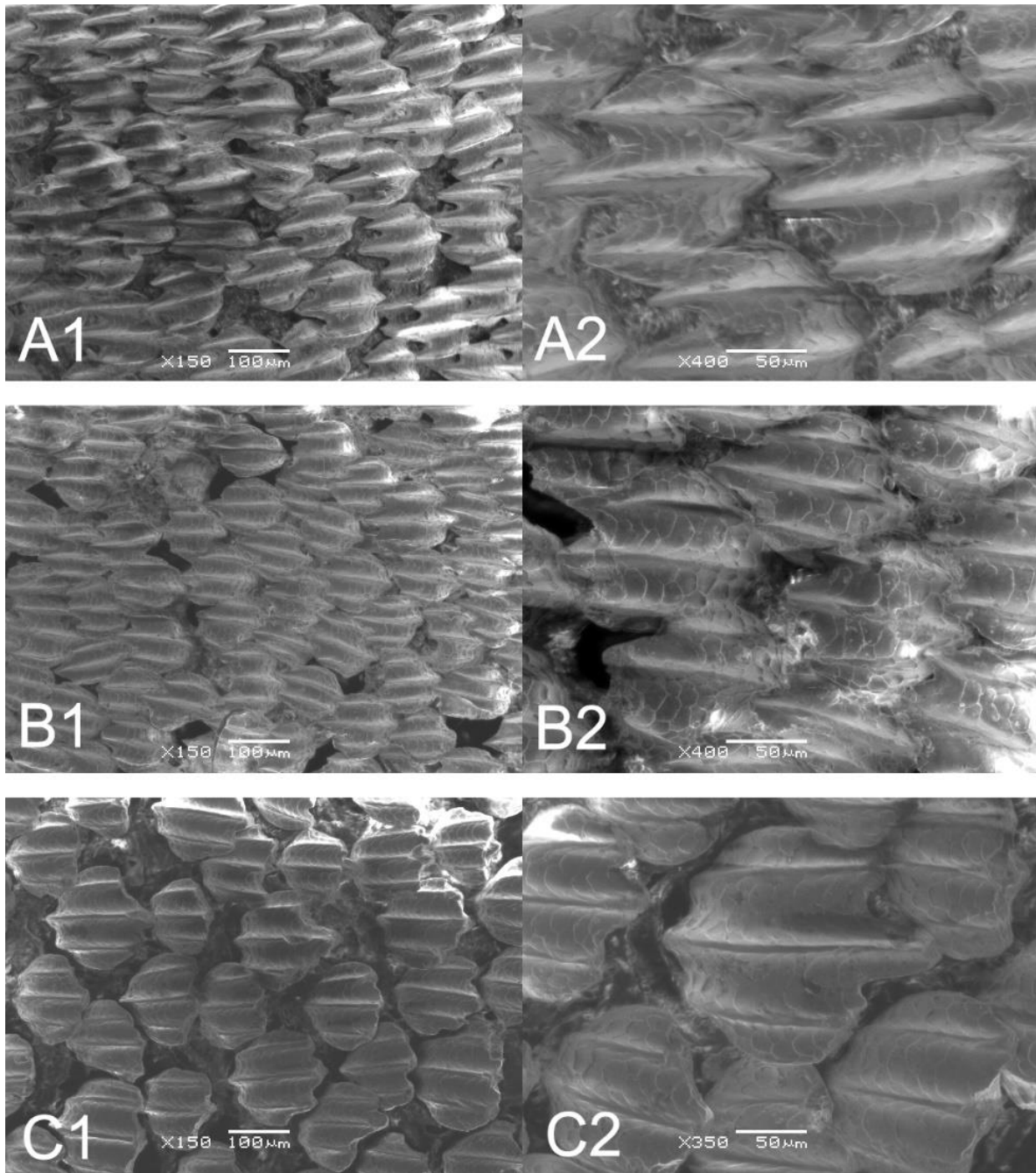


Figura 5. Dentículos dérmicos en microscopio electrónico de barrido de *Sphyrna tiburo*.
A Ventrales de la región cefálica (A1 X150, A2 X400). B Dorsales de la región cefálica (B1 X150, B2 x400). C Región dorsal (C1 X150, C2 x350).

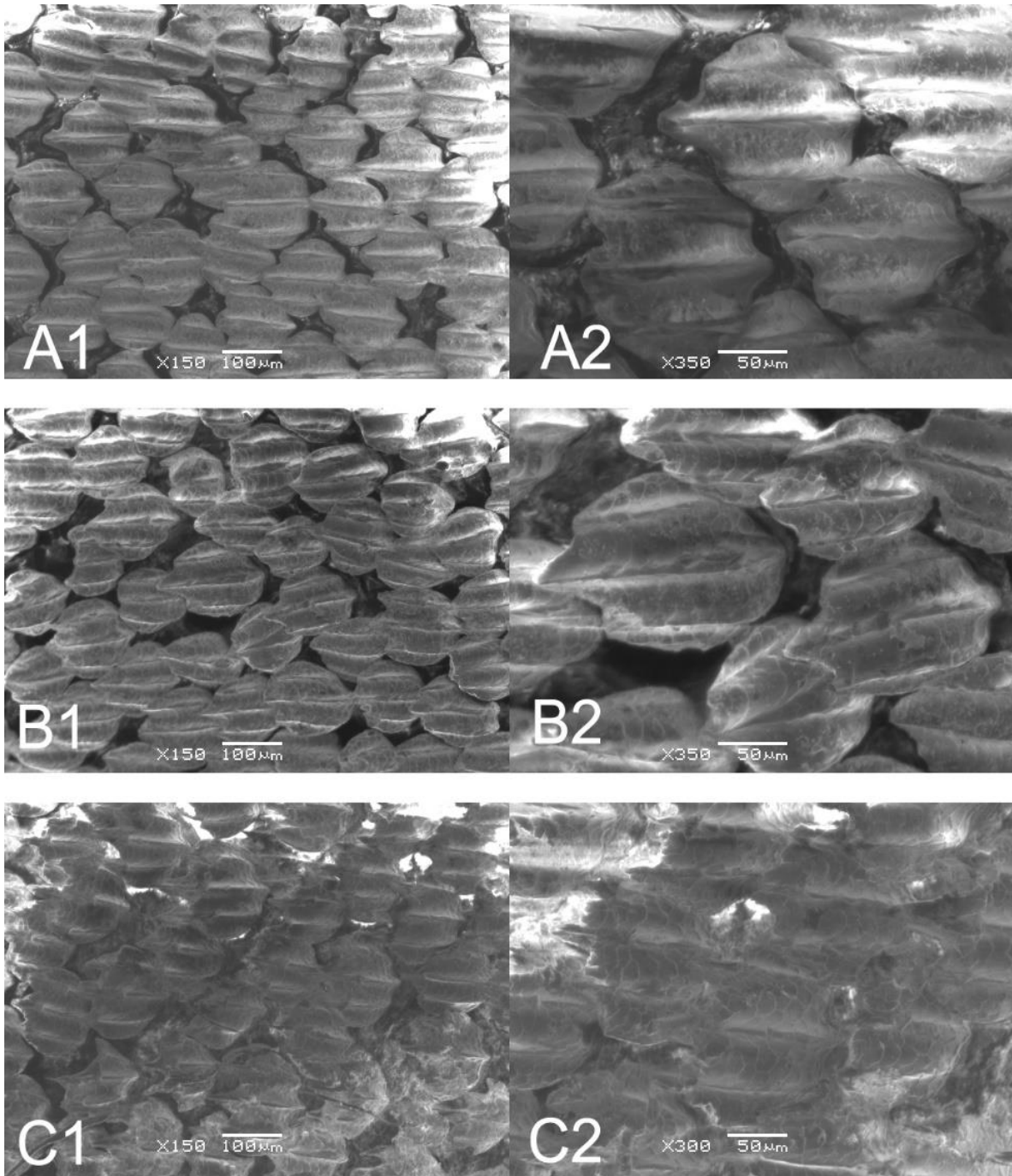


Figura 6. Dentículos dérmicos en microscopio electrónico de barrido de *Sphyrna vespertina*.
A Ventrales de la región cefálica (A1 X150, A2 X350). B Dorsales de la región cefálica (B1 X150, B2 x350). C Región dorsal (C1 X150, C2 X300).

Mandíbulas

La dentición en la familia Sphyrnidae está destinada a la retención de la presa por la mandíbula inferior. Es ancha y puntiaguda con forma de navaja y presentan una sola cúspide. El desarrollo de una microestructura dental y cristalina les confiere a los dientes la capacidad de soportar grandes tensiones al momento de capturar a sus presas ya que al morder involucran movimientos laterales.

Para *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina* en la mandíbula superior encontramos unos dientes curvos de una sola cúspide y con muescas muy pequeñas, lo cual les confiere una apariencia lisa. Gracias a esta característica reciben el nombre de dientes oblicuos lisos, la base de estos es amplia y bien delimitada entre una hilera y otra, esto en la dentición de la región central de la mandíbula superior. Los dientes de la mandíbula inferior se caracterizan por presentar una cúspide muy aguda, con una base muy sólida, esto les permite un mejor agarre al momento de cazar. Los laterales cuentan con una inclinación, mientras que los posteriores tienen un aspecto molariforme.

En las mandíbulas se presentan los primeros dientes superiores rectos y simétricos, el siguiente diente superior se va haciendo más oblicuo hacia las esquinas de la boca en donde los dientes 3 a 10 u 11 son más grandes en ambas mandíbulas. Las cúspides son evidentes solo en los dientes 1 a 9.

Para los dientes de la mandíbula inferior se encontró que son más cortos que los superiores, con cúspides más estrechas y bases ligeramente más anchas; del primero al tercer diente con una forma recta y simétrica, del cuarto al séptimo u octavo ligeramente oblicuos, mientras que el octavo y los posteriores dientes no presentan cúspides ni bordes de corte definidos. Presentan tres series o dientes funcionales en la parte delantera, una o dos series funcionales a lo largo del lado de la mandíbula superior, además de cuatro a seis series funcionales en el frente, generalmente dos funcionales a lo largo del lado y tres funcionales hacia la esquina de la boca de la mandíbula inferior (Fig. 7).

A



B

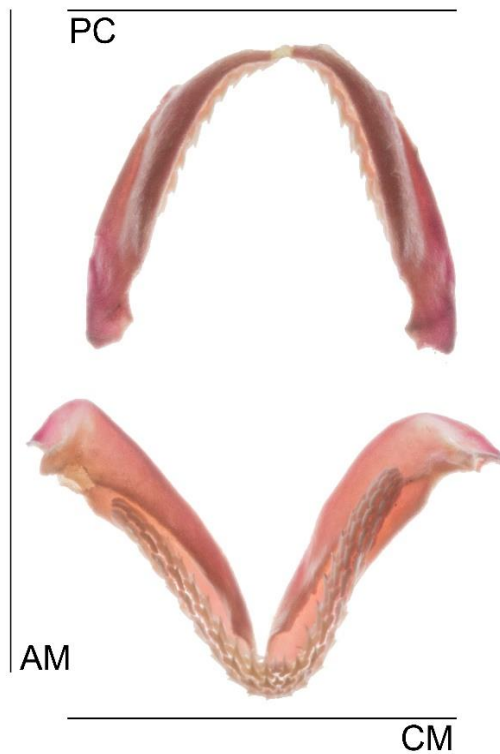


Figura 7. Mandíbulas de A) *Sphyrna tiburo* y B) *Sphyrna vespertina*. Palatocadrado (PC) A y B, Arco mandibular (AM) A y B, Cartílago de Meckel (CM) A y B.

Dentro de las mandíbulas de *S. tiburo* y *S. vespertina* encontramos algunas características que nos permiten relacionarlas como especies hermanas, ya que presentan similitudes en los tipos de dentición tanto para la mandíbula superior como para la mandíbula inferior. Además de que la fórmula dental fue establecida como una sola para ambas especies (U: 12 de 14-0 ó 1-12 de 14, L: 12 de 14-1-12 de 14).

Como parte de las diferencias más notorias son el tamaño de la mandíbula superior, pues el cartílago del palatocadrado es más alargado en *Sphyrna tiburo* y ligeramente más delgado en la parte superior, mientras que en *S. vespertina* encontramos la mandíbula superior más gruesa y angosta. Por otra parte, las mandíbulas inferiores presentan más similitudes, diferenciándose únicamente por el engrosamiento que presenta *S. vespertina* en las regiones más distales al centro del arco mandibular. Las fotografías fueron realizadas cuando las muestras se encontraban secas.

Cráneo

Una de las características principales del condrocráneo del género *Sphyrna* es la elongación de las cápsulas nasales y ópticas, lo que les confiere la particularidad de una cabeza ancha y comprimida dorsoventralmente, lo que define comúnmente a *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina* como tiburones cabeza de pala.

En estas especies el cráneo es cartilaginoso y está calcificado ya que alberga los órganos sensoriales y puede encerrar total o parcialmente el cerebro. Está compuesto principalmente por el condrocráneo que es una sola pieza de composición cartilaginosa en donde está apoyado el cerebro. Tanto para *S. tiburo* y *S. vespertina* el condrocráneo cuenta con cápsulas óticas y nasales que están unidas a la caja craneal, y a los costados se encuentran un par de órbitas cóncavas en donde se alojan los glóbulos oculares, además de contar con orificios por donde atraviesan los vasos sanguíneos y los pares craneales

En ambas especies, las cápsulas nasales originan el proceso preorbital junto con la cámara nasal, que se encuentran calcificados y en los costados dan origen al proceso postorbital ya que son arqueados y alargados. Por otra parte, presentan una región olfativa con un abultamiento que está presente en las cápsulas nasales y cuentan con un proceso anterior desarrollado en la última parte de esta cápsula, el alargamiento de esta estructura es ancho en la parte media y en los extremos se encuentra ligeramente adelgazada.

La cápsula subnasal se encuentra conformada por dos lóbulos laterales y un lóbulo medio que se divide por el septo internasal. Mientras que la parte media de la placa subnasal la podemos encontrar dentro de cada lóbulo lateral. Por otra parte, esta placa subnasal es la que delimita con la cápsula nasal y la pared preorbital.

En ambas especies el cartílago olfatorio y la región central del ala olfatoria se encuentran soldadas uniformemente con el cartílago rostral, el cual a su vez proporciona un soporte sólido para los apéndices rostrales, en la parte anterior de esta se encuentran los orificios de la fenestra rostral, que es una estructura que está bien delimitada.

Para *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina* la parte superior del cráneo es lisa y con una forma circular, presenta un ensanchamiento redondeado en la parte posterior y es ligeramente alargado en la zona del ala distal fusionada de los procesos preorbital y postorbital (ADF). Se observa una fontanela anterior (FA) bien definida y cuadrangular, con las órbitas cóncavas a los costados y unidas por la conexión mediorbital anterior (CMA) que representa el puente entre estas dos estructuras, de esta conexión se ramifica el proceso preorbital (PRP) originado por la cápsula nasal y que da sostén al cartílago inorbital (CIN). Este está estrechamente relacionado con los glóbulos oculares y el cartílago preorbital (CPR). El proceso postorbital (POP) está originado por el condrocraqueo y presenta una forma alargada que se extiende desde la fontanela anterior (FA) hasta unirse con las conexiones posteriores mediorbitales (CPM) que desembocan junto con el proceso preorbital (PRP) en el ala distal fusionada, que es una unión entre estas dos estructuras (ADF) (Fig. 8).

Por otra parte, las alas olfatorias (AO) se encuentran a los costados y son precedidas por el cartílago olfatorio (CO), ambas se encuentran presentes en el área olfatoria, por encima de las cápsulas nasales, las cuales se encuentran bien delimitadas, redondeadas y con forma de pala, en donde se albergan los órganos sensoriales olfativos. Estas cápsulas se encuentran unidas a la caja craneal y dan origen al proceso preorbital (PRP), entre este y el ala distal fusionada de los procesos preorbital y postorbital (ADF) se encuentran los glóbulos oculares. Las cápsulas nasales presentan un ligero alargamiento que se ensancha en la parte media y en los extremos se adelgaza. Los cartílagos rostrales (CR) son estructuras rectas y tubulares que conectan con el apéndice de la fenestra rostral (FR) y están originadas por el nódulo rostral (NR) que es una estructura convexa y aplanada. Estos cartílagos unen la parte anterior del condrocraqueo con la parte posterior y se encuentra estrechamente relacionada con la fontanela anterior (FA) (Fig. 9).

Las radiografías de la región cefálica muestran las diferencias observables en cuanto a los tamaños de los cráneos, pues *S. vespertina* presenta un mayor tamaño con relación al ancho de la cabeza (Fig. 8).

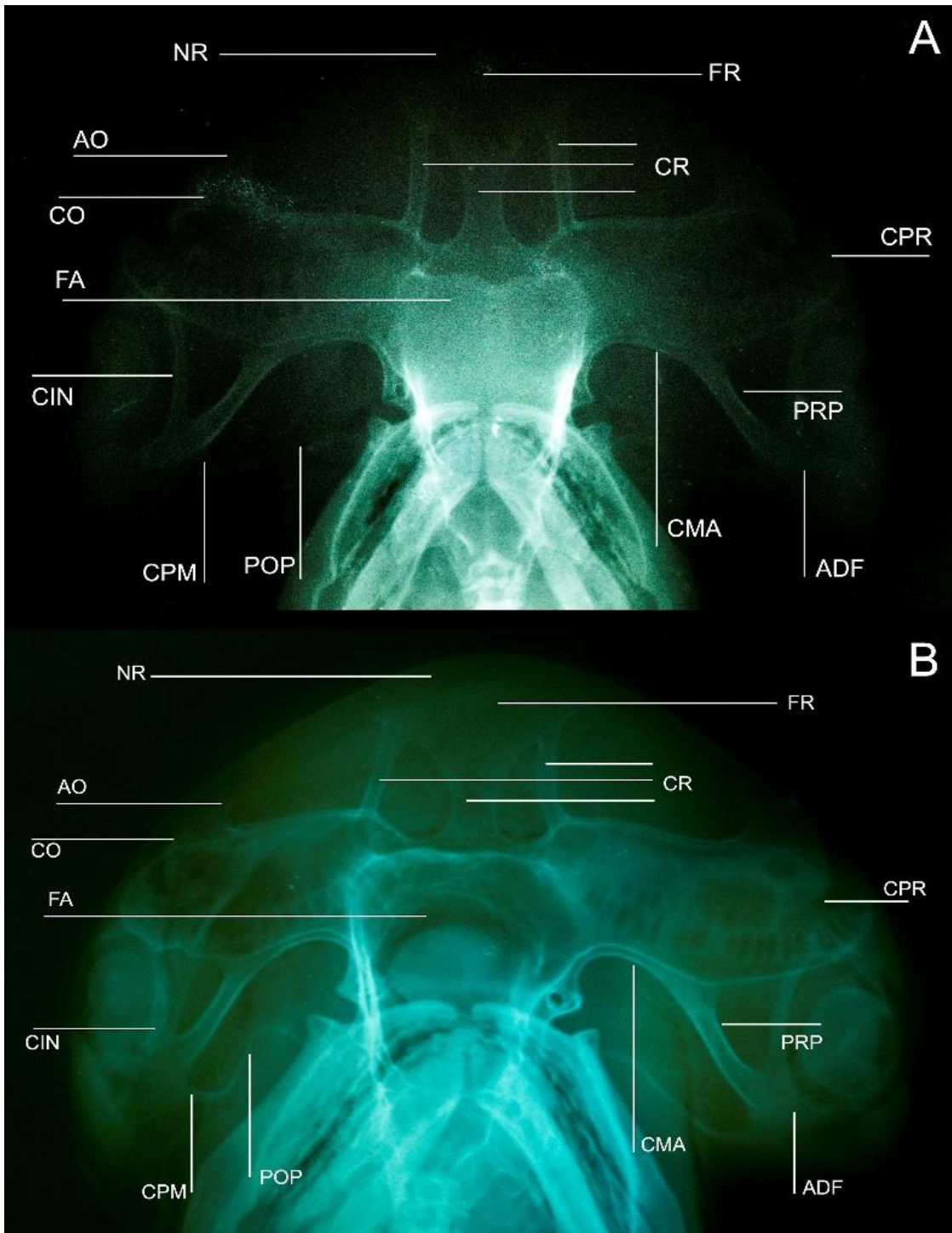
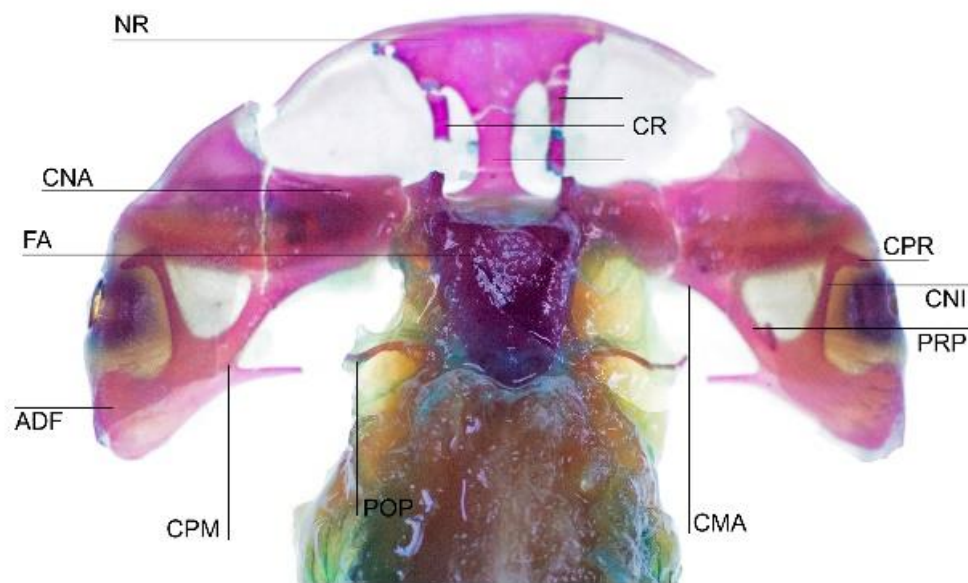


Figura 8. Radiografía de la región cefálica. A. *Sphyrna tiburo*, B. *Sphyrna vespertina*. Fontanela anterior (FA), Conexión mediorbital anterior (CMA), Cartílago interorbital (CIN), Cartílago olfatorio (CO), Ala olfatoria (AO), Conexión posterior mediorbital (CPM), Proceso postorbital (POP), Cartílago preorbital (CPR), Proceso preorbital (PRP), Cartílago rostral (CR), Apéndice de la Fenestra rostral (FR), Nodo rostral (NR), Ala distal fusionada de los procesos preorbital y postorbital (ADF).

A



B

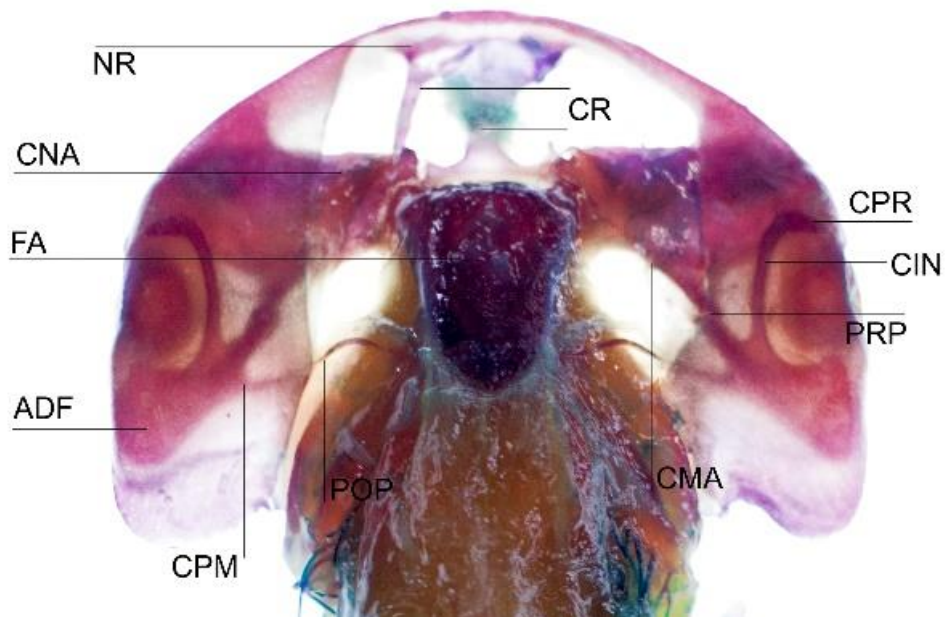


Figura 9. Diafanización de la región cefálica en A. *Sphyrna tiburo* y B. *Sphyrna vespertina*. Fontanela anterior (FA), Conexión mediobital anterior (CMA), Cartílago inorbital (CIN) o interorbita?, Conexión posterior mediobital (CPM), Proceso postorbital (POP), Cartílago preorbital (CPR), Proceso preorbital (PRP), Cartílago rostral (CR), Nodo rostral (NR), Ala distal fusionada de los procesos preorbital y postorbital (ADF), Cápsula nasal (CNA).

Endoesqueleto

Para *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina* encontramos un esqueleto interno conformado por cartílago y un cráneo con un mayor grado de calcificación, pues es esta la estructura con una mayor densidad al albergar a los órganos internos de la región cefálica (Fig. 10).

En la región cefálica se observaron algunos rasgos distintivos entre las dos especies, en donde las cápsulas nasales (CNA) se presentan más estrechas y alargadas para *S. tiburo* mientras que por otra parte esta estructura tiene una forma más ancha y robusta en *S. vespertina*. Esta región es la encargada de dar soporte al cartílago preorbital (CPR), en donde se albergan los glóbulos oculares, esta estructura también difiere en tamaño entre las dos especies, encontrándose ligeramente más alargada en *S. tiburo* y más robusta en *S. vespertina*.

El ala distal fusionada de los procesos preorbital y postorbital (ADF) también presenta características morfológicas que saltan a la vista, ya que es en esta zona en donde el proceso preorbital (PRP) y el proceso postorbital (POP) se unen y dan origen a los extremos posteriores de la región cefálica, los cuales son más elongados y con una ligera proyección hacia los costados en *S. tiburo*. Por otro lado, esta fusión de los procesos orbitales es más angosta y robusta en *S. vespertina*.

En la parte anterior del condrocraqueo, en la región más distal, se encuentran los tres cartílagos rostrales (CR), los cuales les dan soporte a las estructuras internas incluyendo las capsulas nasales (CNA). Esta estructura marca una diferencia morfológica entre las dos especies ya que en *S. vespertina* los tres cartílagos son más largos, lo cual hace que el alto de la cabeza represente un tamaño más pronunciado en comparación con *S. tiburo*. Estos cartílagos también están unidos al nodo rostral (NR) en su región anterior y a las cápsulas nasales por su parte posterior. El cartílago rostral está cubierto en su totalidad por los dentículos dérmicos y su región ventral es en donde se encuentran las inervaciones que desembocan en las ámpulas de Lorenzini, las cuales se distribuyen de manera homogénea en toda la región cefálica ventral.

Con la diafanización se pudieron apreciar las uniones vertebrales individuales y los espacios intervertebrales bien definidos para ambas especies, esto incluye a las vértebras postcraneales, las vértebras troncales y las vértebras caudales. Por otra parte, el endoesqueleto es un esplanocráneo compuesto por siete arcos viscerales

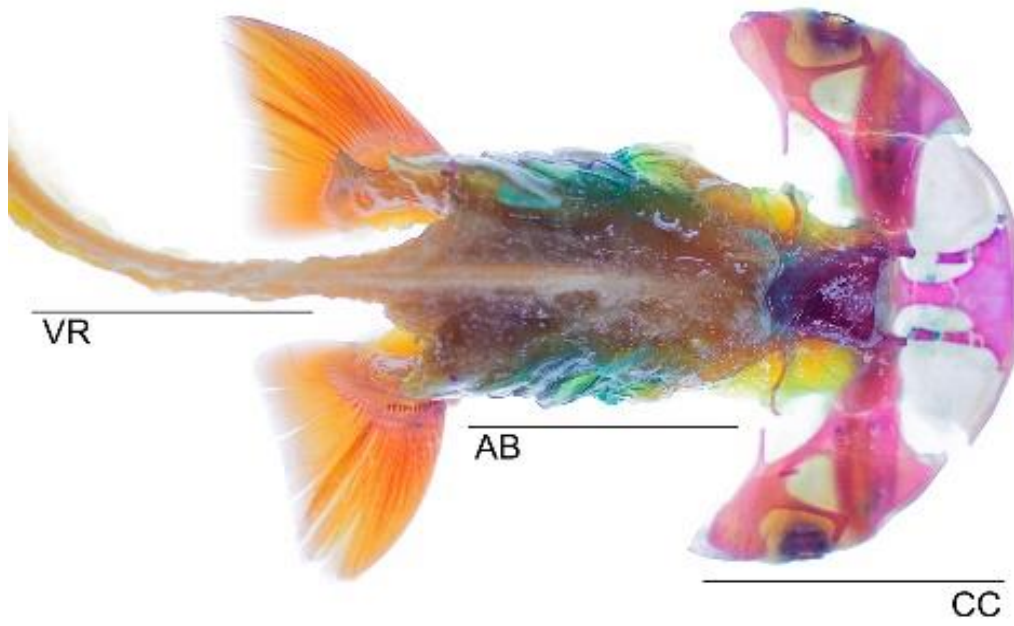
En estas dos especies del género *Sphyrna* encontramos el primer arco que recibe el nombre de mandibular y está conformado por la maxila y la mandíbula, el arco hioideo se presenta como el segundo de estos arcos mandibulares que está situado en la región ventral, dando lugar a la parte interna de la boca. Los cinco arcos restantes son los branquiales, en *S. tiburo* los primeros cuatro arcos branquiales presentan una elongación más prolongada entre el condrocráneo y la cintura escapular, la cual está unida con el quinto arco branquial, de esta manera el endoesqueleto de esta especie presenta rasgos más compactos y alargados entre las aletas pectorales y la región cefálica.

Por otra parte, en *S. vespertina* encontramos la misma disposición de los siete arcos viscerales, diferenciándose únicamente en el tamaño y longitud de los primeros cuatro arcos branquiales, en donde se presentan más anchos y no tan alargados, lo que le confiere a esta especie un aspecto más robusto y corto entre la región cefálica y las aletas pectorales.

En ambas especies las aletas pectorales están unidas entre sí por un cartílago en forma de "U" y la parte que se extiende corresponde a la unión con el proceso escapular en el cual encontramos las estructuras que articulan con las aletas y reciben el nombre de pterigióforos basales, estas estructuras se dividen en tres; propterigio, mesopterigio y metapterigio. Los pterigióforos presentan el mismo tamaño y disposición en ambas especies, por lo tanto, no alteran la forma ni la longitud de las aletas. Por otra parte, los pterigióforos radiales están paralelos entre sí y dispuestos en dos filas como dos pequeñas barras de cartílago tanto para *S. tiburo* como para *S. vespertina*.

En las aletas pélvicas encontramos una diferencia entre machos y hembras, pues en el macho el metapterigio de cada lado presenta una proyección caudal que le da forma a los mixopterigios, estos corresponden al órgano copulador.

A



B

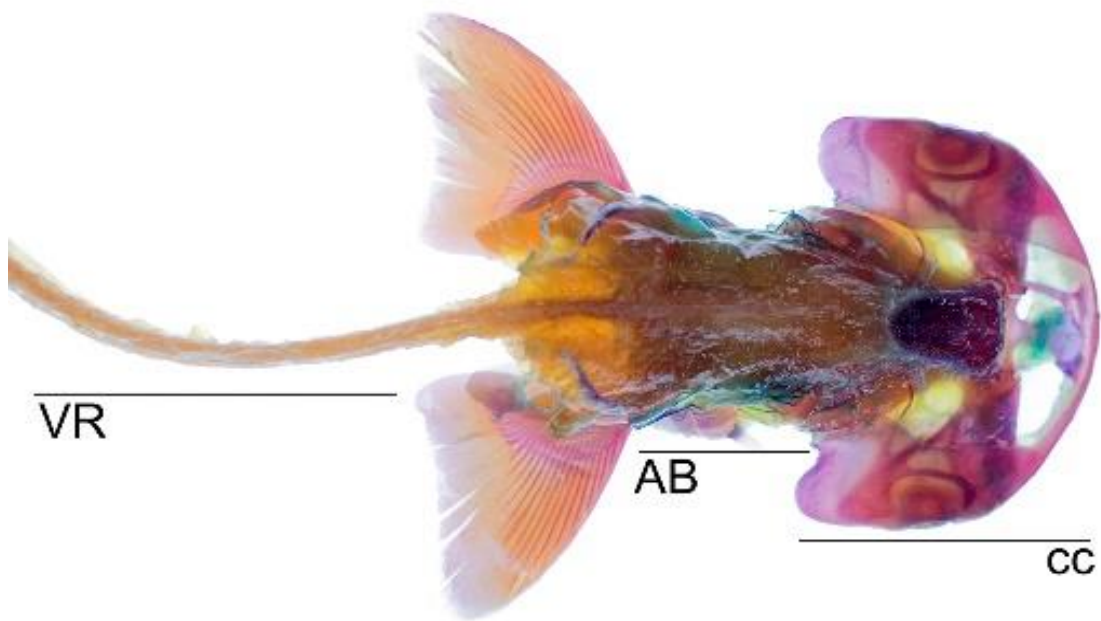


Figura 10. Endoesqueleto de A. *Sphyrna tiburo*, B. *Sphyrna vespertina*. Condocráneo (CC), Arcos branquiales (AB) y Vertebras (VR).

Las dos especies presentan una aleta caudal con las mismas características: un lóbulo dorsal elongado y tres veces más largo que el ventral. Con una estructura interna rígida y cubierta en su totalidad por tejido dérmico, presentando bordes lisos y una ligera muesca entre la unión de esta con el pedúnculo caudal (Fig. 11).

Sin embargo, la aleta caudal se encuentra conformada por pterigióforos radiales y arcos hemales que a su vez constituyen los cuerpos vertebrales, esta aleta está conformada por el lóbulo dorsal y el lóbulo ventral. Sin embargo, la parte dorsal está conformada por tejido cartilaginoso y forma parte del esqueleto en su región más posterior. El lóbulo ventral sólo está constituido por tejido muscular y fibroso, esto hace posible la presencia de vertebras dentro del lóbulo caudal dorsal.

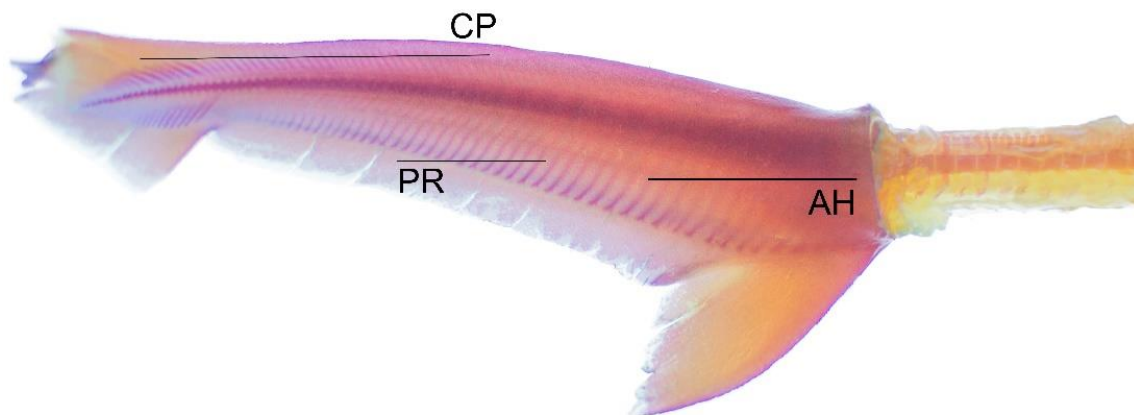


Figura 11. Aleta caudal del género *Sphyrna*. Cuerpo vertebral (CP), Pterigióforas radiales (PR) y Arco hemal (AH).

Columna vertebral

La columna vertebral no presenta diferencias morfológicas en estas dos especies, el arreglo de las vértebras es el mismo. En ambas, las paredes de colágeno de la notocorda están segmentadas y osificadas (Fig. 12). Esto se encuentra rodeado y protegido por el centrum vertebral. Es aquí en donde encontramos las articulaciones de los tejidos conectivos sin mineralizar pues le confieren el soporte al esqueleto axial en cada una de estas dos especies.

La función original y más importante de las vértebras es proteger la médula espinal y la aorta dorsal, pero con el paso del tiempo y las distintas adaptaciones las vértebras fueron tomando mayor relevancia, pues en estas se encuentran las inserciones de musculatura corporal. En *S. tiburo* y *S. vespertina* la columna vertebral está diferenciada en dos regiones principales: el tronco de la región anterior y la región caudal posterior. Es en la columna vertebral en donde encontramos grupos de células que se van congregando en grupos pequeños para posteriormente osificarse e ir dando lugar a las vértebras, de esta forma podemos encontrar en estas dos especies hasta cuatro pares de cartílago por segmento.

En la parte posterior del condrocráneo encontramos las vértebras postcraneales. La primera de ellas está fusionada con la placa basal, aquí se observa una articulación incompleta entre la primera y la segunda vertebra postcraneal, mientras que la segunda y la tercera vertebra ya cuentan con una articulación bien definida y completa. Las vértebras postcraneales son las primeras cinco, aunque dos de estas se encuentran unidas al condrocráneo y ya cuentan con la presencia de la basapófisis. Todas ellas tienen un amplio arco neural que está uniformemente calcificado.

Por otra parte, para ambas especies las vértebras troncales van desde la seis hasta la 37, cuentan con una proyección que es ventral y lateral con relación al cuerpo vertebral y recibe el nombre de basapófisis. Es en estas vértebras en donde se presenta un engrosamiento y la ausencia del arco hemal.

Las vértebras caudales en el área ventral cuentan con un arco hemal, este es pequeño y dentro de él se encuentra el canal hemal. El arco es el resultado de una

calcificación y permite el paso de la arteria y la vena caudal. Estas vértebras van desde la 38 hasta la 84 y cuentan con un centrum que está ligeramente comprimido. En estas vertebras la espina neural es la que se encarga de originar el arco neural calcificado para ambas especies.

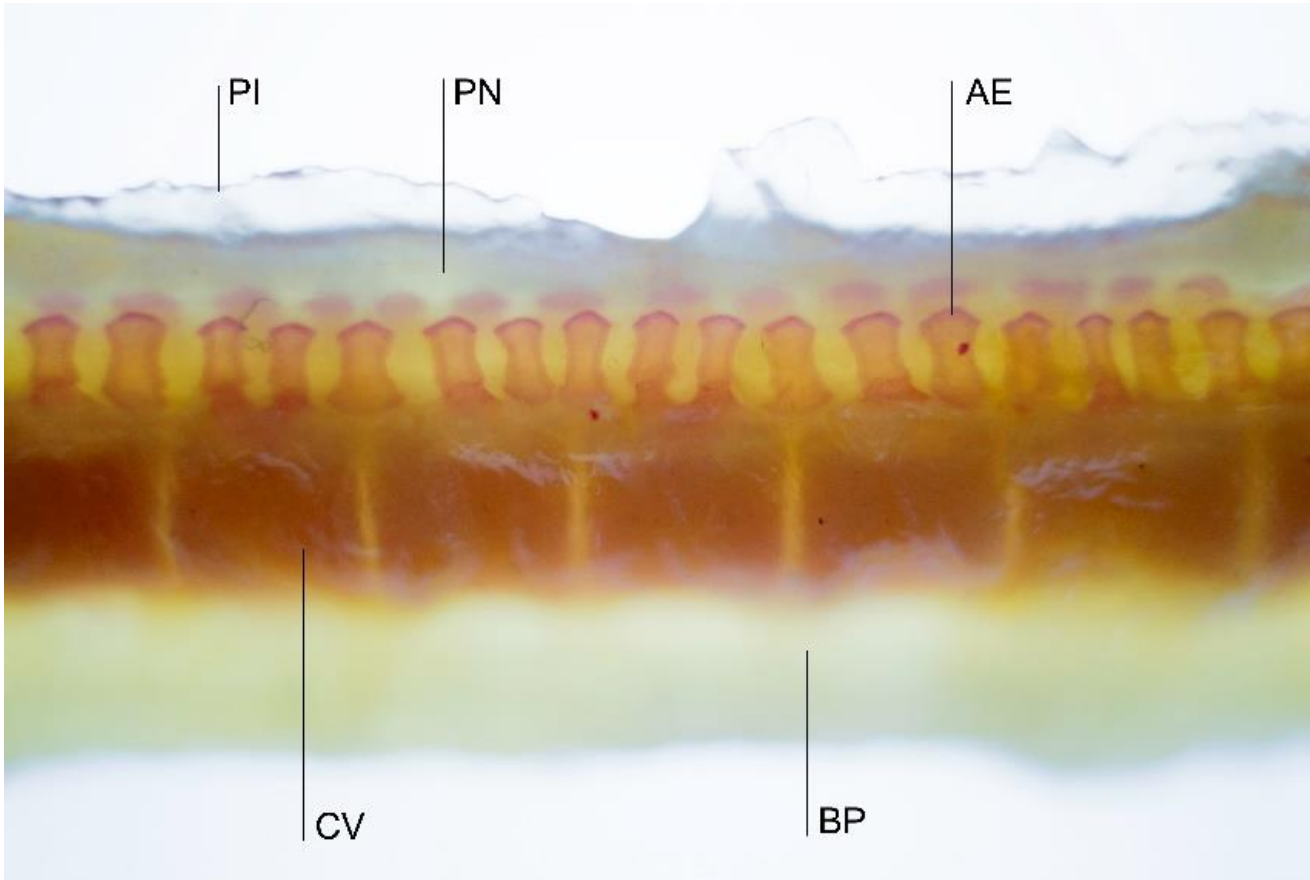


Figura 12. Esqueleto axial de *Sphyrna*. Plato interneural (PI), Plato neural (PN), Apófisis espinosa (AE), Cuerpos vertebrales (CV), Basapófisis (BP).

Discusión

De acuerdo con los resultados, la diferenciación morfológica de juveniles de dos especies del género *Sphyrna* mostró distintas variables asociadas con el parentesco de estas dos poblaciones, dichas similitudes indican que las características morfológicas tanto internas como externas están estrechamente relacionadas. Sin embargo, las primeras clasificaciones de estas dos especies se realizaron únicamente con morfometría básica, el conteo del número de dientes por mandíbula y un número limitado de organismos (Springer, 1940).

Es por ello, que en el presente estudio se diseñó una metodología específica en cuanto a los rubros de investigación, para obtener así el mayor número de contraposiciones entre estas dos especies, utilizando técnicas como la morfometría básica, diafanización, radiografía, fotografía y microscopía electrónica de barrido.

Con base en la morfometría básica se detectó poca evidencia en cuanto a una diferencia significativa, ya que ésta sólo se presentó en 5 de las 47 medidas morfométricas, las cuales corresponden a la región cefálica. Sin embargo, estos datos se presentan como los resultados más contrastantes al momento de hacer la comparación de una especie contra otra, ya que se oponen a la descripción taxonómica establecida por Bigelow y Schroeder (1948), quienes sinonimizaron a *S. tiburo* con *S. vespertina*.

Las diferencias significativas existentes en la región del condrocráneo muestran una relevancia muy clara entre las dos especies. En primer lugar, las estructuras internas confirman el mismo arreglo en la composición del condrocráneo, sin embargo, las distancias y tamaños entre éstas son las encargadas de marcar los límites de su diferenciación, ya que se encontró una disimilitud en los cartílagos rostrales (CR) y las cápsulas nasales (CN). Estas estructuras marcan un rasgo distintivo entre ambas especies dejando a los representantes de *S. vespertina* con las proporciones más grandes en cuanto al tamaño corporal de la región cefálica.

Estos resultados deben de ser tomados con cautela, dado que la diferencia puede estar relacionada con la cantidad de organismos utilizados. Ya que el número de ejemplares de *S. tiburo* es pequeño ($n=7$) en comparación con *S. vespertina* ($n=22$).

Las futuras investigaciones deben de considerar un tamaño de muestra más grande con un aproximado de 30 organismos, adecuando para considerar la normalidad de las poblaciones. A diferencia, en el presente estudio se utilizó el estadístico *t* Student para dos muestras independientes, establecido por Gosset (1908), al considerarla una herramienta apropiada para diferenciar poblaciones con bajo número de observaciones.

Otro aspecto a considerar, es la talla de los especímenes ya que solamente se trabajó con organismos juveniles, pero podría variar al considerar su estado adulto. Sin embargo, las diferencias de la región cefálica entre ambas especies son independientes al factor de la talla, por lo cual se sugiere que los cambios en el condrocáneo presentan un fenómeno alométrico, pues su desarrollo es distinto al del resto del cuerpo para ambas especies (González, 2001). De esta manera se atribuye el crecimiento de la cabeza a una variación continua de los caracteres cefálicos. La relación directa entre la morfometría corporal y el tamaño de la cabeza hace que la evolución biológica del lóbulo cefálico sea una característica difícil de analizar con métodos tradicionales (González, 2001). En este estudio los parámetros de crecimiento han sido estimados con datos cualitativos para la morfología interna.

Castro-Aguirre et al. (2004) y Compagno & Fowler (2005) revelan una fuerte relación entre las mandíbulas de *S. tiburo* y *S. vespertina*, pues no hay desigualdades entre estas dos especies conforme a la fórmula dental.

Los dentículos dérmicos de los condricios pueden ayudar a separar a una especie de otra, inclusive dentro del mismo género (Muñoz-Chápuli, 1985). La información sobre los dentículos dérmicos de *S. tiburo* y de *S. vespertina* es escasa. Sin embargo, Castro et al. (2011) incluye una fotografía de los dentículos dérmicos de *S. tiburo*, sin hacer una descripción de los mismos, tampoco considera una comparación entre poblaciones.

Por otra parte, se aprecia una diferencia entre la forma de los dentículos tanto en su base y en las cúspides de la corona, encontrando así un arreglo distintivo para cada especie. Con los resultados obtenidos se pueden formular nuevas preguntas

de investigación, considerando la funcionalidad y composición de los denticulos. Al igual que otras especies de tiburones como *Galeus melastomus*, *G. atlanticus*, *Mustelus mustelus* y *Cacharhinus brachyurus*, todos pertenecientes al orden Cacharhiniformes, presentaron ligeras diferencias entre la forma y arreglo de los denticulos dérmicos, esto está relacionado a la región corporal de cada una de las especies (Muñoz-Chápuli, 1985). Es posible que existan diferencias entre sexos, como se presenta en otras especies (Crooks et al., 2013).

En la actualidad la información sobre la distribución geográfica de ambas especies es muy abundante. De acuerdo con este estudio y con trabajos previos sobre las cifras pesqueras (INAPESCA, 2016), estas especies presentan una distribución muy específica y restringida ya que podemos encontrar a *S. tiburo* en el Atlántico occidental de Florida hasta Brasil (Castro-Aguirre, 1983) y *S. vespertina* en el Pacífico orientado desde el sur de California hasta el Ecuador (Kato et al., 1967). De esta manera se tiene registro de que el género *Sphyrna* apareció por primera vez en el Mioceno medio, hace 5.5 millones de años (Muñiz & Toscano, 2011), y se sugiere que ambas poblaciones pudieron separarse en el Plioceno, ya que en esta época el mar de Thetys interrumpió su flujo al aparecer el Istmo centroamericano aislando ambas poblaciones (Seyfried et al., 1985).

En el presente estudio se corroboró la información proporcionada por Castro-Aguirre (1983) que registra la presencia de *S. tiburo* en territorio nacional con la evidencia de organismos en el Golfo Mexicano en las costas del estado de Campeche. Por otra parte, los trabajos realizados por Hernández-Carvallo (1967) nos hablan de la presencia de *S. vespertina* en las costas del Océano Pacífico dentro del territorio nacional y con este estudio se confirma la presencia de esta especie en las costas de Tapachula de Ocampo, en el estado de Chiapas.

La distribución es un factor de importancia dentro de la biología de estos organismos ya que las condiciones medio ambientales son distintas en cada región. Para el Atlántico los recursos biológicos crean condiciones favorables como grandes extensiones de pastos marinos, que a su vez resguardan cantidades de alimento muy considerables como larvas, peces, moluscos y crustáceos (Gómez et

al., 2004). Estos últimos representan un papel importante dentro de su dieta, pues es el alimento que más consume *S. tiburo* (Mara et al., 2010).

Se ha comprobado que al momento de la búsqueda y captura de las presas animales existe una ingesta incidental de pastos marinos, la cual contribuye a la dieta de *S. tiburo* (Leigh et al., 2018). Estos hábitos alimenticios pueden estar influyendo en la morfología craneal de *S. tiburo*, en relación con el tamaño de la región cefálica, por lo cual, esta especie presenta una cabeza más pequeña.

Por otra parte, las costas mexicanas del Pacífico se encuentran muy cercanas al fondo submarino, con profundidades abruptas de hasta 200 m (Stevenson, 1970). Esta característica hace que las condiciones alimenticias sean distintas para *S. vespertina* pues al no existir una extensión considerable de plataforma continental los organismos pelágicos que fungen como alimentación son más difíciles de localizar, pues no se presentan grandes extensiones de pastos marinos. Se infiere que estas condiciones podrían estar relacionadas con el crecimiento alométrico de la región cefálica (González, 2001). Sin embargo, no existen muchas investigaciones que respalden este hecho.

Conclusión

Tanto *Sphyrna tiburo* como *S. vespertina* presentan un parentesco dentro de la morfología corporal, exceptuando la región cefálica, en donde el tamaño de la cabeza de *Sphyrna vespertina* resultó ser más prominente, con un ensanchamiento a los lados y un alargamiento en la región anterior del morro.

Existen diferencias en el condrocráneo dentro especies: principalmente en los cartílagos rostrales (CR) y las cápsulas nasales (CN).

Los dentículos dérmicos entre *Sphyrna tiburo* y *S. vespertina* cuentan con distintos arreglos estructurales en la corona y en las cúspides.

LITERATURA CITADA

- Applegate, S.P., Espinosa, L., Menchaca, L., Sotelo, F. (1979). *Tiburones Mexicanos*. México: Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar.
- Baughman, A. & Springer, S. (1950). Biological and economic notes on the sharks of the Gulf of Mexico, with especial reference to those of Texas, and with a key for their identification. *American Midland Naturalist* 44(1): 96-15.
- Bigelow, H., & Schroeder, W. (1948). Sharks. In: Fishes of the Western North Atlantic. *Memories of the Sears Foundation for Marine Research*. 1(1): 62-588.
- Budker, P. (1938). Les cryptes sensorielles et les denticles cutanés des Plagiostomes. *Details - Annales de l'Institut océanographique*. 18: 207-288.
- Castro, J.I. (2011). The Sharks of the North American. POR QUÉ NO UTILIZASTE ESTE LIBRO.
- Castro-Aguirre, J. (1983). Aspectos zoogeográficos de los elasmobranquios mexicanos. *Anales de la Escuela de la escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*. 27: 77-94.
- Castro-Aguirre, J; Espinosa, H; Huidobro, L. (2004). *Listados faunísticos de México, IX Catálogo sistemático de tiburones (Elasmobranchii: Selachimorpha)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Compagno, L. (1984). Sharks of the world, An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Know to Date, Carcharhiniformes. *FAO Species catalogue, Rome*. Estados Unidos. 4(2): 538-551.
- Compagno, L. (1988). *Sharks of the Orden Carcharhiniformes*. Princeton Univ. NJ, Estados Unidos. p467.
- Compagno, L., Didier, D., & Burgess, G. (2005). Chapter 2 Classification of Chondrichthyan Fish. In S. L. Fowler, R. D. Cavanagh, M. Camhi, G. H. Burgess, G. M. Cailliet, S. V. Fordham, C. A. Simpfendorfer, & J. A. Musick (Eds.), *Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan*

Fishes (pp. 4-11). Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN SSC Shark Specialist Group.

- Compagno, L., & Fowler, S. (2005). *Guía de campo de los tiburones del mundo*. Ed. Omega, S.A. Barcelona. p368.
- Comisión Nacional de acuicultura y Pesca (CONAPESCA-Instituto Politécnico Nacional). 2004. Plan de acción nacional para el manejo y conservación de tiburones, rayas y especies afines en México. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. México.
- Crooks, N., Babey, L., Haddon, W. J., Love, A. C., & Waring, C. P. (2013). Sexual dimorphisms in the dermal denticles of the lesser-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758). *PLOSE ONE* 8:e76887.
- Del Moral-Flores, L. F., Alcocer, J., Morrone, J., & Pérez, G. (2016). Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Revista de Biología Tropical*, 64(4): 1469-1486.
- Del Moral-Flores, L. F., & Pérez-Ponce de León, G. (2013). Diversidad de los peces Condriactios (Tiburones, rayas y quimeras) de México. *CONABIO. Biodiversitas*, 111, 1-6.
- Eschmeyer, W. (2000). Catalog of fishes on line. (2018). California Academy of Sciences, San Francisco, Estados Unidos. <https://calacademy.org/research/ichthyology>
- Feldhamer, G., Drickamer, L., Vessey, S., & Merrit, J. (1999). *Mammalogy: Adaptation, diversity, and Ecology*. Johns Hopkins University Press; Edición: third edition. Estados Unidos. p159.
- Garman, S. (1913). The Plagiostomia (sharks, skates, and rays). *Museum of comparative zoology at Harvard*. Estados Unidos. pp36: 1-13.
- Gill, (1872). Requins-marteaux, tiburones martillo, bonnethead sharks, hammerhead sharks, scoophead sharks. (2018). https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=160502#null

- Gilbert, C. (1967a). A revisión of the hammerhead sharks (Family Sphyrnidae). *Proceedings of the United States National Museum*. Estados Unidos. 119(3539): 88.
- Gilbert, C. (1967b). A taxonomic synopsis of the hammerhead sharks (Family Sphyrnidae). *In sharks, skates and rays*, Baltimore, Estados Unidos. pp69-76.
- Gómez, M., Adela, M., Salas de León, D., & Gracia, A. (2004). Golfo de México, circulación y productividad. *Ciencias* 76: 24-33.
- González, M. (2001). Revisión Sistemática de los Tiburones Martillo (Carcharhiniformes: Sphyrnidae). Xalapa, Veracruz; México. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A.C.
- Gosset, W., S. (1908). "Student"'s Collected Papers. Pearson ES, Wishart J, eds. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. *Biometrika*, 6 (1): 1-25.
- Hamlet, W. (1999). Placenta and placental analogs in elasmobranchs. *Encyclopedia of reproduction*. Estados Unidos. 3: 831-840.
- Hernández-Carvallo, A. (1967). Observations on the hammerhead sharks (*Sphyrna*) in waters near Mazatlán, Sinaloa, México. *Sharks, skates and rays*. Maryland, Estados Unidos. pp79-84.
- Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). (2016). El aprovechamiento de tiburón en México. 27 de Marzo, de gob.mx Instituto Nacional de Pesca Sitio web: <https://www.gob.mx/inapesca/articulos/el-tiburon>.
- Inoue, J. G., Miya, M., Lam, K., Tay, B. H., Danks, J. A., Bell, J., Vankatesh, B. (2010). Evolutionary origin and phylogeny of the modern holocephalans (Chondrichthyes: Chimaeriformes): a mitogenomic perspective. *Molecular Biology and Evolution*. 27(11): 2576-2586.
- Jordan, D. (1923). A classification of fishes including families and genera as far as know. *Biological Science Stanford University. Publ.*, Estados Unidos. 3(2): 77-243.

- Kato, S., & Hernández-Carvalho, A. (1967). Shark tagging in the Eastern Pacific Ocean. *Sharks, skates and rays*. Maryland, Estados Unidos. pp93-110.
- Klimley, A. (1985). Schooling in *Sphyrna lewini* a species with low risk of predation: a non-egalitarian state. *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 70: 297-319.
- Leigh, S., Papastamatiou, Y., German, D. (2018). Seagrass digestion by anotorious 'carnivore'. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Reino Unido. p285:
- Linnaeus, C., (1758). *Systema naturae. Regnum animale*. Holmiae, Estocolmo. 1: 824.
- Mara, K.R., Motta, P.J., Huber, D.R., (2010). Bite forcé and performance in the durophagous bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*. *Journal of Experimental Zoology*. 313A:95–105.
- Martin, A. (1993). Hammerhead sharkorigins. *Nature*, Estados Unidos. 364: 494.
- Márquez, J., Castillo, J. & Rodríguez, M. (1998). Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), en el sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas* 24:13-34.
- Márquez-Farias, J. & Castillo-Géniz, J. (1997). Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terranova*, in the southern Gulf of Mexico. *Fisheries Research*, 39(2): 183-198.
- Muñoz, F., & Toscano, A. (2011). Fósiles de tiburón martillo. El economista. Sitio web <https://ecodiario.eleconomista.es/ciencia/noticias/3322088/08/11/Hallan-los-primeros-fosiles-de-tiburon-martillo-de-55-millones-anos.html>
- Muñoz-Chápuli, R., (1985). Ornamentación ultraestructural del esqueleto dérmico en algunas especies de Carcharhiformes, *Miscellanea Zoológica* 9:394-396.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Estados Unidos.

- Pérez, V. (2003). Origen y evolución de los vertebrados pisciformes. En: E. Jiménez y J. Civis (Eds.), *Los vertebrados fósiles en la historia de la vida: excavación, estudio y patrimonio*. España: Universidad de Salamanca y los autores, pp. 39-62.
- Pérez-Jiménez, C., Sosa, O. & Furlong, E. (2005). Artisanal shark fishery at "Tres Marías" Islands and Isabel Island in the Central Mexican Pacific. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 35: 333-343.
- Rafinesque, C. S. (1810). *Caratteri di alcuni nuovi generi e nuove specie di animali e piante della sicilia, con varie osservazioni sopra i medisimi*. Per le stampe di Sanfilippo: Palermo, Italy. pp. 105, 20 fold.
- Reif, W., (1982). Morphogenesis and function of the squamation in sharks. N. Jb. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. 159(3): 339-359.
- Sandoval, D., Téllez, J., García, A., Rivera, G., Moreno, S. & Moreno, F. (2016). *Técnica de diafanización para describir el desarrollo embrionario del sistema óseo: revisión de la literatura*. *Universitas Medica*, 57 (4): 488-501.
- Schindler, D. E., Essington, T. E., Kitchell, J. F., Boggs, C. & Hilborn, R. (2002). Sharks and tuna: Fisheries impacts on predators with contrasting life histories. *Ecological Applications*, 12(3): 735-748.
- Seyfried, H., Sprechmann, P. & Aguilar, T. (1985). *Sedimentología y paleontología de un estuario del litoral Pacífico del Istmo centroamericano primordial (Mioceno medio, Costa Rica)*. Escuela Centroamericana de Geología. San José Costa Rica.
- Shirai, S. (1996). Phylogenetic interrelationships of Neoselachians (Chondrichthyes: Euselachii). *Interrelationships of fishes*. Estados Unidos. 2: 9-34.
- Smith, J. (1965). *The sea fishes of Southern Africa*. Johannesburg, Central News Agency Ltd. Estados Unidos. p580.
- Springer, S. (1940). Three new sharks of the genus *Sphyrna* from the Pacific coast of tropical America. *Stanford Ichthyological Bulletin*. 1:161-169.
- Springer, S. (1941). A new species of hammerhead shark of the genus *Sphyrna*. *Proceedings of the Florida Academy of Sciences*,. 5: 46-52.

- Springer, S. (1944). *Sphyrna bigelowi*, a new hammerhead shark from off the Atlantic coast of South America, with notes on *Sphyrna mokarran* from New South Wales. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 34: 274-276.
- Stevenson, M. R. 1970. On the physical and biological oceanography near the entrance to the Gulf of California, October 1966–August 1967. *Inter-american Tropical Tuna Commission*, 4: 389–504.
- Stockard, A. (1944). *A laboratory manual of comparative anatomy of the chordates*. Edward Bros. Inc., Ann Arbor, Michigan, Estados Unidos.
- Tomasi, V. (2009). Fijación de muestras biológicas. (2018), de Marcadores dinámicos Sitio web: <http://educacionhistotecnologiafijaciondos.blogspot.mx/>
- Whitley, G. (1940). *The sharks, rays, devilfish and other primitive fishes of Australia and New Zealand. The fishes of Australia*. Part I. Handbook, Australia. p280.
- Wourms, J. (1981). Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. *American Zoologist*. 21: 473-515.