



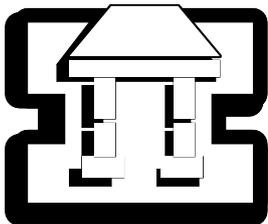
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**CORRELACIÓN ANATÓMICA ENTRE EL EXOESQUELETO
DEL TIBURÓN MARTILLO *SPHYRNA LEWINI* Y EL PEZ
GUITARRA *RHINOBATUS LENTIGINOSUS***

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 :
MARIO ONAN QUINTERO MENESES

DIRECTOR DE TESIS:
M. EN C. JORGE RICARDO GERSENOWIES RODRIGUEZ



TLANEPANTLA, EDO. DE MÉXICO

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



Si existe magia en este planeta, está contenida en el agua... su sustancia alcanza todos los rincones; abarca el pasado y prepara el futuro; se mueve bajo los polos y vaga por las alturas atmosféricas. Adopta formas de exquisita perfección en un copo de nieve, o despoja lo vivo hasta convertirlo en un hueso único y brillante arrojado sobre el mar.

Loren Eiseley

Dedicatorias

A mis **Padres** por aportar el material genético para mi formación y gracias a ellos que fortalecen lo que seré.

A la vida por darme un regalo muy hermoso:
Mi Madre.

A mi **Hermana** simplemente por que la quiero, me quiere, la acepto y me acepta tal como soy.

A la memoria de la tía †**Bety** y de mis **Abuelos** que se durmieron en la eternidad, pero que se quedan en mi fortalecedor recuerdo
† **Amalia** y † **Mario**

Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **FES – Iztacala**, por ser parte ya de ellas y regalarme el conocimiento para mi formación como Biólogo.

Al M. en **C Jorge Ricardo Hersenowies Rodríguez** por dirigirme esta tesis y por que detrás de esa coraza dura que muestra te encuentras con una gran calidad humana y una gran biblioteca de conocimiento que almacena en su cerebro y que comparte contigo.

A la **Biól. Gabriela Sánchez Favila** por compartirme su conocimiento dentro y fuera del salón de clases y ser una gran amiga.

Al Diseñador Grafico **Luís Enrique Soto Vázquez** por ilustrar esta tesis, al Politólogo **Jesús M. Islas Santiago** por darme su amistad sincera y al Médico Cirujano **Alejandro Meneses Rodríguez** gracias por ser mi incondicional primo, amigo, confidente y hermano. Pero antes que nada por hacer duradera esta amistad desde la secundaria.

Al Biólogo **R. Enrique Ortega Dávila** por compartirme su conocimiento y trabajo en la realización de esta tesis “gracias por todo amigo”.

A mis **Abuelos** por que no importa que físicamente no estén aquí, siguen siendo mis cuatro pilares más fuertes que me detienen.

A mis **Primos** y **Primas** que son ese gran respaldo que me acompaña todos los días, gracias por quererme, creer y confiar en mí.

A todos mis **Amigos** por ser parte de la mejor etapa de mi vida y por compartir tantos buenos y malos ratos. Y a todas las personas que conocí en la universidad por que gracias a ustedes es difícil desprenderse de la vida en Iztacala.

A todos mis compañeros del laboratorio de **Morfofisiología Animal Comparada**.

GRACIAS TOTALES

Índice de contenido

Resumen	
1.- Introducción	1
2.- Antecedentes	5
2.1.- Dentículos Dérmicos	5
2.2.- Sistemática	10
2.3.- Biología de las especies estudiadas	11
2.3.1.- <i>Sphyrna lewini</i> (Griffith & Smith, 1934)	11
2.3.2.- <i>Rhinobatidae lentiginosus</i> (Garman, 1880)	13
3.- Hipótesis	15
4.- Objetivos	16
4.1.- General	16
4.2.- articulares	16
5.- Método	17
6.- Resultados	18
6.1.- Obtención de los organismos	18
6.2.- Esquematización y regionalización	18
6.3.- Obtención y comparación dentículos dérmicos	25
6.3.1.- <i>Sphyrna lewini</i>	25
6.3.2.- <i>Rhinobatos lentiginosus</i>	29
6.4.- Diferencias morfológicas de los dentículos dérmicos de ambas especies	33
6.5.- Análisis estadístico	39
6.5.1.- <i>Sphyrna lewini</i>	39
6.5.2.- <i>Rhinobatos lentiginosus</i>	40
7.- Análisis y discusión	45
8.- Conclusiones	51
9.- Anexos	52
9.1 Anexo I. Medidas morfométricas	52
10.-Bibliografía	54

Índice de figuras.

Figura 1.- Esquema de las escamas de los tiburones	11
Figura 2.- Esquema de las escamas en posición dorsal	14
Figura 3.- Esquema de las escamas en posición ventral	14
Figura 4.- Esquema de las escamas en posición lateral	15
Figura 5.- <i>Sphyrna lewini</i>	20
Figura 6.- <i>Rhinobatos lentiginosus</i>	22
Figura 7.- Distribución de cuadrantes en posición dorsal de <i>S. Lewini</i>	27
Figura 8.- Distribución de cuadrantes en posición ventral de <i>S. Lewini</i>	28
Figura 9.- Distribución de cuadrantes en la región caudal de <i>S. Lewini</i>	29
Figura 10.- Distribución de cuadrantes en posición dorsal de <i>R. Lentiginosus</i>	30
Figura 11.- Distribución de cuadrantes en posición ventral de <i>R. Lentiginosus</i>	31
Figura 12.- Distribución de cuadrantes de la región caudal de <i>R. Lentiginosus</i>	32
Figura 13.- Dentículos dérmicos por región en posición dorsal del <i>S. lewini</i>	35
Figura 14.- Dentículos dérmicos por región en posición ventral de <i>S. lewini</i>	36
Figura 15.- Dentículos de la región caudal de <i>S. lewini</i>	37
Figura 16.-Dentículos dérmicos por región en posición dorsal de <i>R. lentiginosus</i>	39
Figura 17.-Dentículos dérmicos por región en posición ventral de <i>R. lentiginosus</i>	40
Figura 18.- Dentículos de la región caudal de <i>R. lentiginosus</i>	41
Figura 19.- Características de los dentículos de <i>S. lewini</i>	43
Figura 20.- Disposición de dentículos dérmicos de <i>S. lewini</i>	43
Figura 21.- Fibras de Sarphey de <i>S. lewini</i>	44
Figura 22.- Disposición de dentículos en posición dorsal de <i>R. lentiginosus</i>	44
Figura 23.- Disposición de dentículos en posición ventral de <i>R. lentiginosus</i>	45
Figura 24.- Disposición de dentículos en posición lateral de <i>R. lentiginosus</i>	45
Figura 25.- Disposición de dentículos dérmicos de <i>R. lentiginosus</i>	46
Figura26.- Fibras de Sarphey de <i>R. lentiginosus</i>	46
Figura 27.- Dentículo dérmico de la región cefálica en posición dorsal de <i>R. lentiginosus</i>	49
Figura 28.- Características macroscópicas de los dentículos dérmicos de <i>S. lewini</i>	53
Figura 29.- Características microscópicas de los dentículos dérmicos de <i>S. lewini</i>	53
Figura 30.- Características macroscópicas de los dentículos dérmicos de <i>R. lentiginosus</i>	54
Figura 31.- Características microscópicas de los dentículos dérmicos de <i>R. lentiginosus</i>	54

Indice de tablas.

Tabla 1. Resultados de la prueba de Tukey de los anchos contra los largos de los denticulos dérmicos de <i>Sphyrna lewini</i>	4
Tabla 2. Prueba de Tukey de los anchos dorsales, ventrales y caudales de los denticulos dérmicos de <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	50
Tabla 3. Resultados de la prueba de Tukey de la región de la primera aleta dorsal en <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	50
Tabla 4. Resultados de la prueba de Tukey de la región entre las dos aletas dorsales en <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	51
Tabla 5. Resultados de la prueba de Tukey de la región de la segunda aleta dorsal en <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	51
Tabla 6. Resultados de la prueba de Tukey de la región cefálica ventral en <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	51
Tabla 7. Resultados de la prueba de Tukey de la región branquial ventral en <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	52
Tabla 8. Resultados de la prueba de Tukey de la región entre las dos aletas ventrales en <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	52
Tabla 9. Resultados de la prueba de Tukey de la región de la aleta caudal en <i>Rhinobatus lentiginosus</i>	52
Tabla 10. Medidas morfométricas correspondientes de los tres organismos de <i>Sphyrna lewini</i>	60
Tabla 11. Medidas morfométricas correspondientes de los tres organismos de <i>Rhinobatidae lentiginosus</i>	60

RESUMEN

En los elasmobranquios el tegumento se encuentra cubierto de escamas placoideas, también llamadas dentículos dérmicos. En las especies aquí estudiadas el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) y el pez guitarra (*Rhinobatos lentiginosus*) se observan diferencias morfológicas evidentes, ya que los dentículos del tiburón martillo presentan cúspides y crestas que van aumentando de la porción cefálica a la caudal para romper la columna de agua y facilitar el nado en zonas pelágicas. En el caso del pez guitarra que habita zonas bentónicas presentan cúspides pero no crestas, siendo planas y uniformes en todo el cuerpo, cumpliendo la función de protección. En cuanto al tamaño de las escamas no se observaron diferencias significativas en *Sphyrna lewini*, mientras que para *Rhinobatos lentiginosus* solo en algunas porciones como la región cefálica. Es por ello que la importancia de este trabajo radica en la descripción y comparación de las características y acomodo de los dentículos dérmicos de cada una de las especies, ya que no hay estudios publicados sobre ellas.

ABSTRAC

In the elasmobranchs tegument is covered with scales placoideas, also called denticles skin. In the species studied here hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) and guitar fish (*Rhinobatos lentiginosus*) obvious morphological differences are observed, since the denticles hammerhead shark show peaks and ridges that are increasing the portion of the cephalic to break the flow water column and facilitate swim in pelagic zones. In the case of fish that inhabits areas guitar benthic presented cúspides but not peaks, being flat and uniform throughout the body, fulfilling the function of protection. As for the size of the scales are not significant differences in *Sphyrna lewini*, while for *Rhinobatos lentiginosus* only in some portions as the cephalic region. That is why the importance of this work lies in the description and comparison of features and accommodate the denticles skin of each species, since there are no published studies on them.

1.-INTRODUCCIÓN

Casi todos los tejidos funcionales del cuerpo son epitelios, sin embargo si el cuerpo de los vertebrados estuviera solo formado por tales tejidos seria una masa amorfa y blanda, por lo que es necesario un tejido que sostenga y recubra los epitelios y sus derivados, para darle fuerza y sostén (Romer y Pearson, 1981). Entre dichos tejidos encontramos a la notocorda, membranas fibrosas, cartílago y hueso (Weicher y Presch, 1981).

En los vertebrados encontramos componentes importantes para fijar a la musculatura: la notocorda y la columna vertebral. La notocorda es el mas antiguo de los elementos esqueléticos pero es sustituida por la columna vertebral, que en los vertebrados asume el papel del soporte corporal (Kardong, 1999). Esta consiste de una serie metamérica de elementos óseos o cartilagosos que pueden ser divididos regionalmente.

El tejido conjuntivo tiene como función unir y dar soporte a diferentes estructuras del cuerpo; el cual se compone de tejido conjuntivo fibroso, sangre, hueso y cartílago (Kardong, 1999; Weicher y Presch, 1981). Estos dos últimos forman el esqueleto que junto con la notocorda son los que proporcionan a los vertebrados la forma y la rigidez del cuerpo, permitiéndole soportar su peso, a su vez ofrece un sistema de palancas que junto con los músculos y articulaciones producen el movimiento (Hilderbrand, 1995).

Cada tipo de tejido conjuntivo generalmente comprende un tipo celular distintivo, que esta aislado de otras células y rodeado o embebido por una sustancia extracelular relativamente abundante (matriz), la cual determina las propiedades físicas del tejido y de aquí su papel funcional; esta formada por fibras de proteína en forma de colágena y una sustancia fundamental circundante formada principalmente de proteroglicanos y elastina. En el cartílago y hueso se depositan sales inorgánicas y fibras de proteína, las diferencias entre estos tejidos se debe al tipo de células: osteocitos en el hueso y condrocitos en el cartílago los cuales se encuentran solos o en grupos dentro de espacios de la matriz llamados lagunas y

recubiertos por una capa de tejido conjuntivo denso e irregular llamado pericondrio el cual recubre al cartílago.

Este tejido conjuntivo (**cartílago**) está formado por una red densa de fibras de colágena y elastina incrustadas firmemente en sulfato de condroitina (aislado de la sustancia fundamental) que es duro pero flexible. Se presenta en tres tipos diferentes dependiendo de la abundancia y tipo de fibras en la matriz: el cartílago hialino donde la sustancia fundamental es un gel resistente, con fibras de colágena fina que son casi inapreciables junto con los condrocitos prominentes los cuales se observan en las lagunas; en el fibrocartílago los condrocitos están dispersos entre las fibras de colágena, la matriz es más sólida y carece de pericondrio; y el cartílago elástico que los condrocitos se localizan en una red de fibras elásticas de la matriz y posee pericondrio (Tortora, 2002; Kent, 2001; Kardong, 1999; Romer y Pearson, 1981).

El cartílago junto con el pericondrio compone el esqueleto de elasmobranquios el cual se clasifica en base a la forma, estructura, posición y origen embrionario de los elementos que lo componen; es por eso que tenemos un **endoesqueleto** que se divide en somático y visceral (Romer y Pearson, 1981). Pero en el caso de organismos acuáticos tenemos que se divide en axial y apendicular; el axial forma el eje principal del cuerpo y está integrado por el cráneo, la columna vertebral y las costillas, mientras que el esqueleto apendicular que se constituye por los apéndices pares, pectorales y pélvicos, incluyendo las cinturas por medio de las cuales se unen directa o indirectamente al esqueleto axial, mientras que el esqueleto apendicular impar está constituido por las aletas dorsales, caudal y anal (Weicher y Presch, 1981).

El **exoesqueleto** (o esqueleto dérmico) está compuesto por los dentículos dérmicos que para tiburones cubren toda su piel y cavidad bucofaríngea, poseen un tamaño microscópico y son también conocidas como escamas placoideas, (Mojeta, 2005; Steel, 2002).

El tegumento o piel se encuentra compuesto por dos capas, de origen y constitución diferentes, la más externa, con epitelio plano y estratificado, derivada

del ectodermo, llamada epidermis, por debajo la dermis que es una capa conjuntiva, que se origina del mesodermo (Kardong, 1999; Bustamante, 2004). Entre el tegumento y la musculatura profunda hay una región formada por tejido conjuntivo y tejido adiposo (hipodermis) (Kardong, 1999; Ziswiler, 1978).

Por su parte en la epidermis están presentes numerosas células secretoras, así como células epidérmicas estratificadas y en la mayoría de los peces actuales está sin queratinizar y en su lugar cubierta por moco. El componente más conspicuo de la dermis es el tejido conjuntivo fibroso compuesto principalmente por fibras de colágeno, que pueden estar entrelazadas en varios estratos llamados capas, que actúan como una trama dando estructura a la piel por los ángulos oblicuos que forman, así la piel se acomoda a los movimientos laterales del cuerpo y simultáneamente resiste a las distorsiones de la forma del cuerpo, permitiendo cortar el agua más fácilmente (Kardong, 1999). El producto estructural más importante de la dermis de los elasmobranquios es la escama placoidea (Figura. 1) constituido por una placa basal incrustada en el tegumento y una espina orientada hacia la región caudal, que sobresale la epidermis; la forma de la espina varía dependiendo la especie, presentando quillas, estrías y cúspides (Compagno, 2005. Mojeta, 2005. Kardong, 1999).

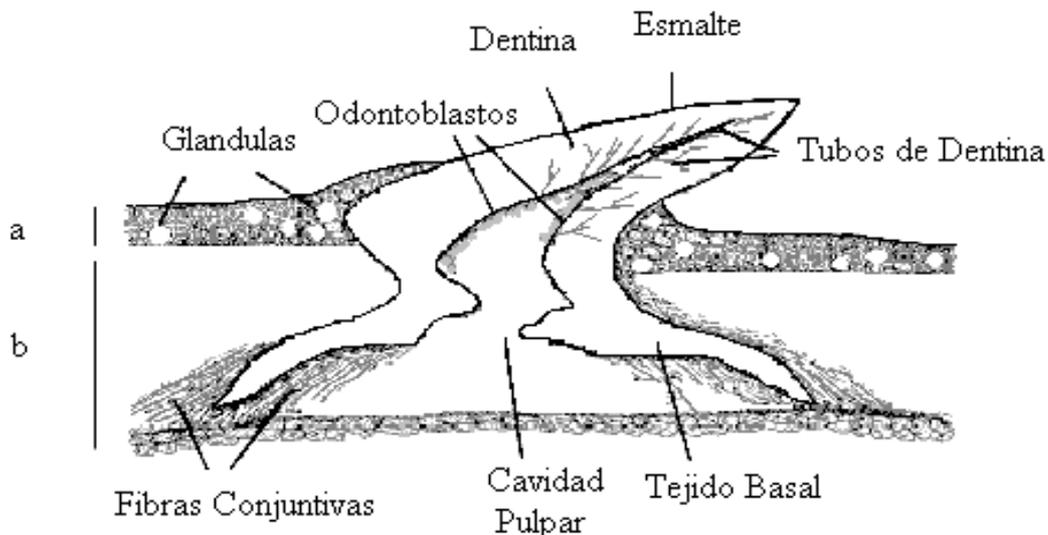


Figura 1. Muestra el esquema de un corte transversal de la escama de tiburón (dentículo dérmico) y se observa las estructuras principales por las cuales se encuentra compuesta. “a” corresponde a la epidermis y “b” a la dermis. (Según Tsutomo, 1999)

Es por esta razón que al tocar a un tiburón o a una raya moviendo la mano de la región cefálica a la caudal se siente una piel lisa, pero si el movimiento es al contrario, es decir si se pasa la mano de la región caudal a la cefálica entonces la sensación es rasposa. La placa basal compuesta de un tejido óseo parecido a la dentina, está unida a la dermis mediante fibras de tejido conectivo conocidas como fibras de Sharpey. Un capuchón delgado de esmalte forma la punta; debajo de ella se encuentra la dentina y en el centro una cavidad con nervios y vasos sanguíneos, entre el esmalte y la dentina, hay una capa de pigmento que le da un color oscuro (Mojeta, 2005; Allen, 2003; Steel, 2002 y Kardong, 1999).

Debido a esta información y a la falta de publicaciones a cerca de los dentículos dérmicos, de *Sphyrna lewini* y *Rhinobatus lentiginosus* es el interés de realizar el presente estudio con aportaciones a la morfología de las escamas de dichas especies.

2.- ANTECEDENTES

A continuación se presentan tres tipos de antecedentes primeramente los dentículos dérmicos, siguiendo con la sistemática de las especies y posteriormente la biología de los elasmobranquios.

2.1 Dentículos dérmico

Lagler y su colaboradores. en 1977, señalaron que las escamas constituyen el origen de muchas estructuras de los peces. Los dientes de las mandíbulas de los tiburones y especies afines.

Ziswiler en 1978 indicó que con respecto a los componentes de las escamas de los tiburones; La forma de los dentículos es muy diversa y pueden desarrollarse en formas aberrantes: como la espina anterior de las aletas dorsales, la sierra del pez sierra y las espinas de la cola de las rayas, además de que la epidermis de los rayiformes esta atravesada por numerosas células mucosas.

Álvarez en 1978, describió que la estructura de las escamas placoideas, posee tres capas concéntricas (pulpa, dentina y vitrodentina). Al examinar la región cercana a la boca se nota que las escamas placoideas van perdiendo su estructura característica a medida que están más próximas a la arista de contacto entre la maxila y la mandibula.

Johns en 1997, describió las estructuras básicas morfológicas establecidas de los dentículos dérmicos, haciendo un nuevo patrón en posición dorsal (Figura 2), ventral (Figura 3) y lateral (Figura 4).

Tricas en 1998, señaló que la piel es gruesa y cubierta de mucus viscoso (que reduce la resistencia al avance de los tiburones debido a las irregularidades del cuerpo y reduce la tensión superficial del agua) o bien puede tener una armadura protectora de fuertes dentículos cuyo tamaño, forma y localización varía dependiendo de la especie; los batoideos regularmente no tienen grandes dentículos y muchos pueden ser lisos

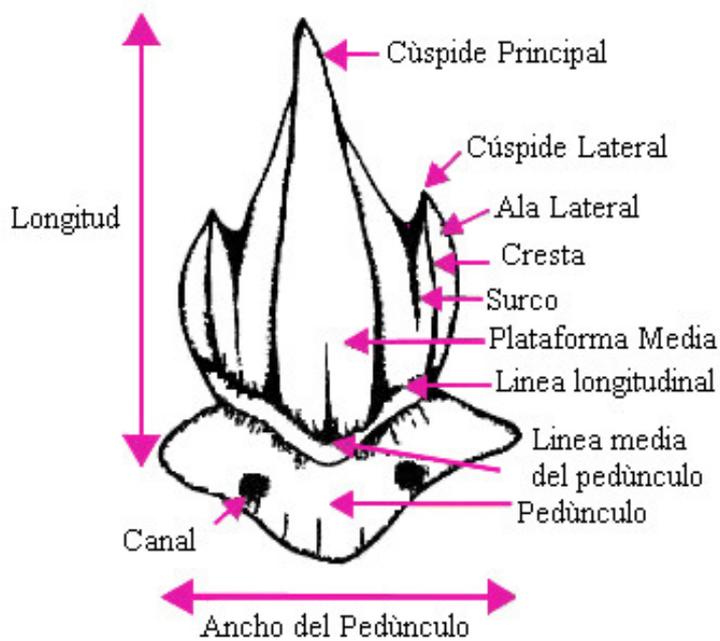


Figura 2 Estructuras en posición dorsal del denticulo dérmico (según Johns, 1997).

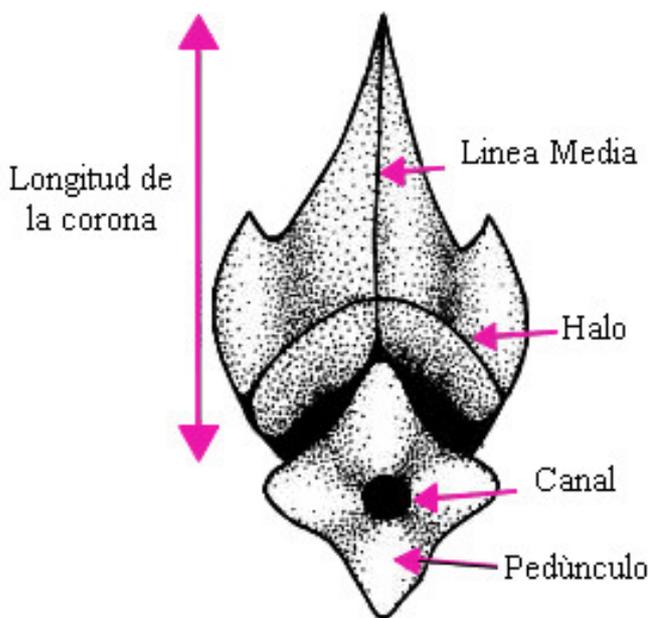


Figura 3 Estructuras que forman el denticulo dérmico en posición ventral (según Johns, 1997).

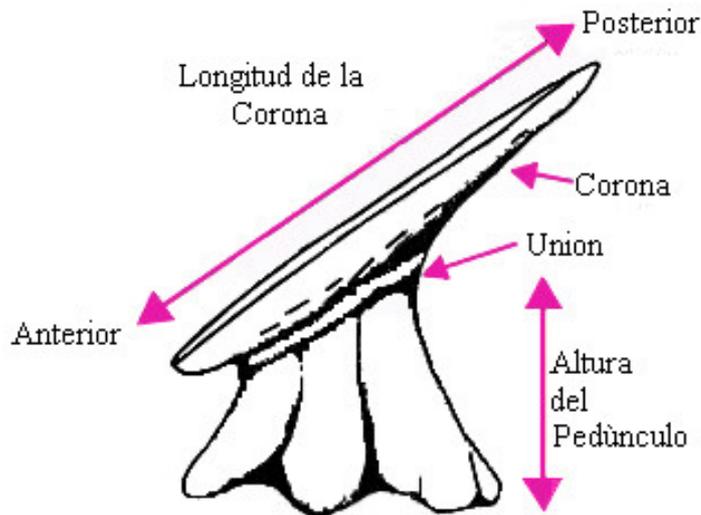


Figura 4 Vista lateral de un denticulo dérmico (según Johns, 1997).

Kardong en 1999, señaló que las fibras de colágeno en los tiburones que se encuentran en la dermis se disponen formando un ángulo oblicuo entre ellos; lo cual provoca que la piel se estire cuando se tensa en dirección de los paquetes musculares, por ello su piel se adapta a los movimientos laterales del cuerpo, estirándose la piel sin arrugarse, debido a ello el agua fluye suavemente por la superficie del cuerpo sin turbulencias.

Ferrari en 2001, describió a las escamas placoides de los tiburones como puntiagudas. Tienen una placa basal, un pedúnculo y una corona que lo cierra. A diferencia de las escamas de los peces óseos, la de tiburones no se disponen en círculos concéntricos, siguiendo el crecimiento del animal; pero en medida que el tiburón envejece, aumenta en número.

Steel en 2002, reportó que aparte de la delgada y dura capa de esmalte y fuerte placa basal, la cavidad de pulpa está inervada, además de que existe variedad en las formas de los dentículos dérmicos; en tiburones jóvenes que en adultos de la misma especie, o en las diferentes partes del cuerpo como en los costados donde las dentículos presentan quillas, y en los poros de la línea lateral, que sirven como armadura para protegerse del medio exterior.

Allen en 2003, describió que dentro de la cavidad de pulpa se encuentran células sensitivas, nervios y vasos sanguíneos y que la base de los dentículos es más grande que la porción que emerge. Gracias al esmalte, dentina y que los dentículos se encuentra en una disposición muy junta y la diferencia de formas que presentan les proporcionan a los tiburones gran resistencia en la piel para arrastrarse en la arena, nadar rápidamente, reducir el contacto total con la columna de agua y con ello reducir la turbulencia.

Mojeta en 2005, indicó que la aspereza de la piel se debe a las especiales escamas que posee; la forma de la espina varía según la especie. La placa basal, compuesta de un tejido óseo parecido a la dentina, está unida a la dermis mediante fibras de tejido conectivo. Entre el esmalte (que no cubre la zona posterior) y la dentina de la espina, hay una capa de pigmento que le da un color oscuro. La variabilidad de las escamas va más allá de estas diferencias macroscópicas, formando un mosaico de escamas y pueden verse incluso en las diferentes porciones del cuerpo de un solo animal. La anatomía comparada señala que los dentículos de los costados puede clasificarse en tres tipos: lanceolados con una sola punta, de tres puntas y de cinco o más puntas.

Compagno en 2005, señaló que la piel de los tiburones es muy gruesa y fuerte, ya que se encuentra cubierta por pequeños y filosos dentículos dérmicos (con fuertes coronas de esmalte y una base de dentina), los cuales proporcionan una protección física y las estructuras especializadas (largas espinas) permitiendo guiar el flujo del agua y con ello agilizar el nado.

Taylor en 2006, encontró que en *Rhinobatos lentiginosous* los dentículos dérmicos dorsales son pequeños pero visibles, varían su tamaño dependiendo de la región del cuerpo del tiburón. Los dentículos del lado rostral se forman con márgenes cóncavos. En el lado ventral se redondean levemente, hexagonales o tetragonales, y cubren toda la piel.

Bestler en 2006, reportó que los dentículos dérmicos del tiburón *Sphyrna lewini* están parcialmente sobrepuestos, sobresaturando la piel. Cada uno es delgado y moderadamente arqueado con tres puntas en individuos pequeños y cuatro o cinco en tiburones grandes. Estas puntas corren sobre la longitud medial de cada dentículo. El margen axial del dentículo es el más largo con pedicelos cortos y delgados.

2.2 Sistemática (Según Compagno, 2005)

Phylum Chordata

Subphylum *Craniata*

Infraphylum *Vertebrata*

Clase *Chondrichthyes*

Subclase *Elasmobranchii*

Orden *Squaliformes*

Familia *Sphyrnidae*

Especies *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1934)

Orden *Rajiformes*

Familia *Rhinobatidae*

Especies *Rhinobatus lentiginosus* (Garman, 1880)

2.3 Biología de las especies estudiadas:

2.3.1 *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1934)

Conocido comúnmente como “cornuda negra” (Figura 5) tienen un tamaño entre 250 y 300 cm con un máximo de 420 cm, se cree que llegan a vivir hasta los treinta años (Mojeta, 2005; Ferrari, 2001).

Es inconfundible por la característica forma de la cabeza con el borde de ataque ancho y curvado hacia atrás y la forma aplanada y expandida lateralmente en dos lóbulos cefálicos, (recordando un martillo). Recorrida por una muesca localizada centralmente en el margen de la cabeza y dos muescas más flanqueando la muesca central. La forma ancha y aplanada proporciona una fuerza de sustentación durante la natación aumentando considerablemente la eficacia hidrodinámica (Tricas, 1998). El incremento de la superficie permite la expansión de muchos sistemas sensoriales; como los visuales y olfativos (ojos y narinas que se sitúan en los extremos de la cabeza); los electroreceptores y la línea lateral cubren una superficie más amplia (Ferrari, 2001; Tricas, 1998).

El cuerpo robusto, musculoso y fusiforme, con el dorso de color gris parduzco y el vientre blanco. de aletas pectorales cortas con punta de color oscuro, las aletas pélvicas no tienen forma de hoz (justificado por la forma de la cabeza), la primera aleta dorsal es alta y tiene una moderada forma de hoz; la segunda tiene el borde posterior estrecho y cóncavo, el lóbulo superior de la aleta caudal está bien desarrollado (Compagno, 2005; Mojeta, 2005; Ferrari, 2001; Compagno, 1984).

La piel se encuentra tapizada por dentículos dérmicos que están parcialmente sobrepuestos. Delgados y de diferentes formas, algunos moderadamente arqueados con forma de puntas (Bester, 2006), la diferencia de formas que presentan les proporcionan gran resistencia en la piel para nadar rápidamente, reducir el contacto total con la columna de agua y con ello reducir la turbulencia, protegerse de las mordeduras resultado de los rituales reproductivos (agitan sus cabezas y se empujan). Con reproducción ovovivípara, de una gestación de 9 a 10 meses y un número de crías de 12 a 38 con una longitud de 40 a 55 cm (Ferrari, 2001).

La dieta básica de la cornuda negra consiste en peces óseos (sardinias y arenques, pequeños tiburones, meros, anguilas, dorados, gobidos), cefalópodos, crustáceos y calamares que caza gracias a su sofisticado y evolucionado sistema sensorial (y con dientes anteriores afilados y dientes posteriores molariformes (Bush, 2003., Ferrari, 2001; Hennemann, 2001; Bowman, 2000; Tricas, 1998).

Tiene una distribución circuntropical, habitando aguas costeras pelágicas alejadas de la plataforma continental donde se ha observado en profundidades que van de los 270 a 300 m. de profundidad, en arrecifes continentales e insulares y aguas salobres y de estuario (Bester, 2006; Ferrari, 2001; Tricas, 1998). Formando cardúmenes en el Océano Atlántico; Golfo de México, el Mar Caribe, California hasta el Ecuador y en el sur de Perú. En el Mediterráneo, Océano Índico y Este de África (Bester, 2006; Compagno, 1984).



Figura 5.- *Sphyrna lewini* (Randall, 1997)

2.3.2 *Rhinobatus lentiginosus* (Garman, 1880)

Conocido comúnmente como “pez guitarra” (Figura 6). Es una de las especies más pequeñas de los rajiformes, alcanza solamente una longitud total de aproximadamente 75 cm. (Lieske y Myers, 1994; Tricas, 1998).

Con cabeza puntiaguda en forma de pala y tubérculos en la punta del hocico. Las aletas pectorales están fundidas a la cabeza, creando una sola pieza, con un cuerpo tipo triangular, sus aletas dorsales se sitúan más cerca de la punta de la cola (detrás de los extremos de las aletas pélvicas), y el lóbulo inferior de su aleta caudal es mucho menor que el lóbulo superior. El lado dorsal es de color marrón y la coloración del cartílago rostral es pálida a translúcido, la parte ventral es amarillo pálido. Las aletas son levemente más oscuras que el tronco (Taylor, 2006; Tricas, 1997; Robins, 1986). Las aletas forman una parte fundamental para el nado del pez guitarra moviendo su aleta caudal en movimientos de lado a lado y utilizando sus aletas pectoral para la aceleración. En vez de nadar perfectamente horizontal, mantiene un ángulo positivo con su cabeza apenas levemente más alta que su cola (Tricas, 1997).

Los dentículos dérmicos dorsales son pequeños pero visibles, varían su tamaño dependiendo de la región del cuerpo del pez. Los dentículos de cualquier lado rostral se forman con los márgenes cóncavos. En el lado ventral se redondean levemente, hexagonales o tetragonales y cubren toda la piel (Taylor, 2006).

La reproducción de estos peces es ovovivipara vía fertilización interna y pueden tener hasta 6 crías con un tamaño aproximado de 20 cm de longitud (Tricas, 1997; Robins, 1986). Los machos son sexualmente maduros a los 48 cm. de longitud del cuerpo (Tricas, 1997).

La dieta del pez guitarra está constituida principalmente por organismos bentónicos; pequeños moluscos y crustáceos, ingiriendo selectivamente la parte nutritiva de sus presas (Tricas, 1997; Robins, 1986). Algunas veces mientras toma a su presa, el pez guitarra utiliza su rostrum para retener el organismo contra el piso y también para bloquear la ruta de escape de la presa, ayudado por los 56 a 80 dientes en la mandíbula superior y los 51 a 82 dientes en la mandíbula inferior. (Taylor, 2006).

Tiene una distribución circutropical, habitando en aguas costeras y cálidas, principalmente en aguas someras con profundidades de 20 hasta 30 m, y algunas veces observado en estuarios enterrados en fondos fangosos, es común

encontrarlo en el Océano Atlántico, Carolina del Norte, Golfo de México y Yucatán (Taylor, 2006; Tricas, 1997; Robins, 1986)



Figura 6.- *Rhinobatus lentiginosus* (Hubbard, 2006)

3.- HIPOTESIS

Si las escamas placoideas (dentículos dérmicos), sirven como protectores de las partes más sensibles de los elasmobranquios, pudiendo contribuir en la eficiencia del nado, entonces los elasmobranquios con hábitos y hábitat diferente deberán presentar diferencias en la morfología de sus escamas placoideas.

4.- OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Comparar las características morfológicas de los dentículos dérmicos entre el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) y el pez guitarra (*Rhinobatus lentiginosus*).

4.2 PARTICULAR

- a) Describir las características morfológicas de las escamas de *Sphyrna lewini* y *Rhinobatus lentiginosus*.
- b) Comparar las diferencias de las características morfológicas de los dentículos dérmicos entre *Sphyrna lewini* y *Rhinobatus lentiginosus*.
- c) Correlacionar los hábitos con las características morfológicas de los dentículos de *Sphyrna lewini* y *Rhinobatus lentiginosus*.

5.- MÉTODO

- 1.- Obtención de los organismos de cada especie en el centro de distribución especializado.
- 2.- Traslados de los especímenes al laboratorio de Anatomía Animal Comparada de la Unidad de Morfofisiología, de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, conservándolos en refrigeración
- 3.- Identificación de los especímenes con las claves de Espinosa, et al., (2004).
- 4.- Se tomaron las medidas morfométricas del cuerpo de cada organismo según Compagno, (2005), ver anexo 1.
- 5.- Elaboración de un esquema y un patrón en el cuerpo de *S. lewini* y *R. Lentiginosus* (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12), tomando en cuenta cinco regiones dorsales, cinco regiones ventrales y la porción caudal, haciendo una disposición de cuadrantes en cada región identificándolos en centrales y laterales de acuerdo con Mojeta (2005).
- 6.- Se retiraron los cuadrantes, marcados en la piel de los organismos por medio de un molde de acetato (2x2 cm.).
- 7.- Se tiñeron con Rojo de Alizarina "S" al 1%.
- 8.- Se Observaron y fotografiaron los dentículos dérmicos en el microscopio óptico (10x) y (40x) con el programa motic, versión 2.0. Con el mismo programa se tomaron medidas del ancho y longitud de cada uno de los dentículos dérmicos.
- 9.- Aplicación a las medidas morfométricas de los dentículos dérmicos el análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey con el programa Statistical versión 4.6.
- 10.- Correlacionar los dentículos dérmicos entre las regiones de la misma especie y entre las especies estudiadas con sus hábitos reportados.

6.- RESULTADOS

6.1 Obtención de los organismos.

Se obtuvieron tres organismos de *Sphyrna lewini* y tres de *Rhinobatos lentiginosus*, los cuales fueron identificados con la claves de Espinosa, et al. 2004, todos los ejemplares fueron machos, continuando con la toma de las medidas morfométricas del cuerpo de los seis organismos, tomando en cuenta la nomenclatura de Compagno en el 2005 (Ver anexo 1).

6.2 Esquemmatización y regionalización

Se esquematizaron los cuerpos de *Sphyrna lewini* y de *Rhinobatus lentiginosus*, en posición dorsal y ventral (por su característica de ser deprimidos), por lo tanto se pudieron dividir estas posiciones tomando en cuenta las características morfológicas de cada especie, por ello se prosiguió a esquematizar la porción caudal debido a su forma fusiforme y comprimida. Las características principales fueron obtenidas de la descripción de las especies antes mencionadas, tomando en cuenta lo que mencionan los autores consultados (Robins, 1986; Lieskey y Myers, 1994; Tricas, 1998; Bowman, 2000; Ferrari, 2001; Hennemann, 2001; Bush, 2003; Compagno, 2005; Mojeta, 2005; Bester, 2006). En los esquemas se hizo una regionalización que consta de cinco regiones dorsales y cinco regiones ventrales (cefálica, branquial, primera aleta dorsal, entre las dos aletas dorsales y la segunda aleta dorsal) y la parte caudal, las cuales se determinaron de acuerdo a las diferencias morfológicas de las escamas que presentan en partes específicas del cuerpo de cada especie de acuerdo con lo que mencionan Taylor (2006); Mojeta (2005); Steel (2002) y Álvarez (1978). Siguiendo con lo que indican en cada región se determinaron cuadrantes centrales, identificándolos con el número tres y los laterales identificados con los cuadrantes número uno, dos, cuatro y cinco (figuras 7, 8, 10 y 11). En la región de la segunda aleta dorsal de *Sphyrna lewini* solo se hicieron dos cortes laterales ya que la reducción y la forma delgada de la región no permitieron realizar cortes de más cuadrantes; así mismo ocurrió para *Rhinobatus lentiginosus*. En la región caudal de ambas especies se determinaron solo en las partes laterales por su forma comprimida, pero el cuadrante número tres se colocó detrás de la quilla caudal para abarcar mayor área en esta región (Figuras 9 y 12).

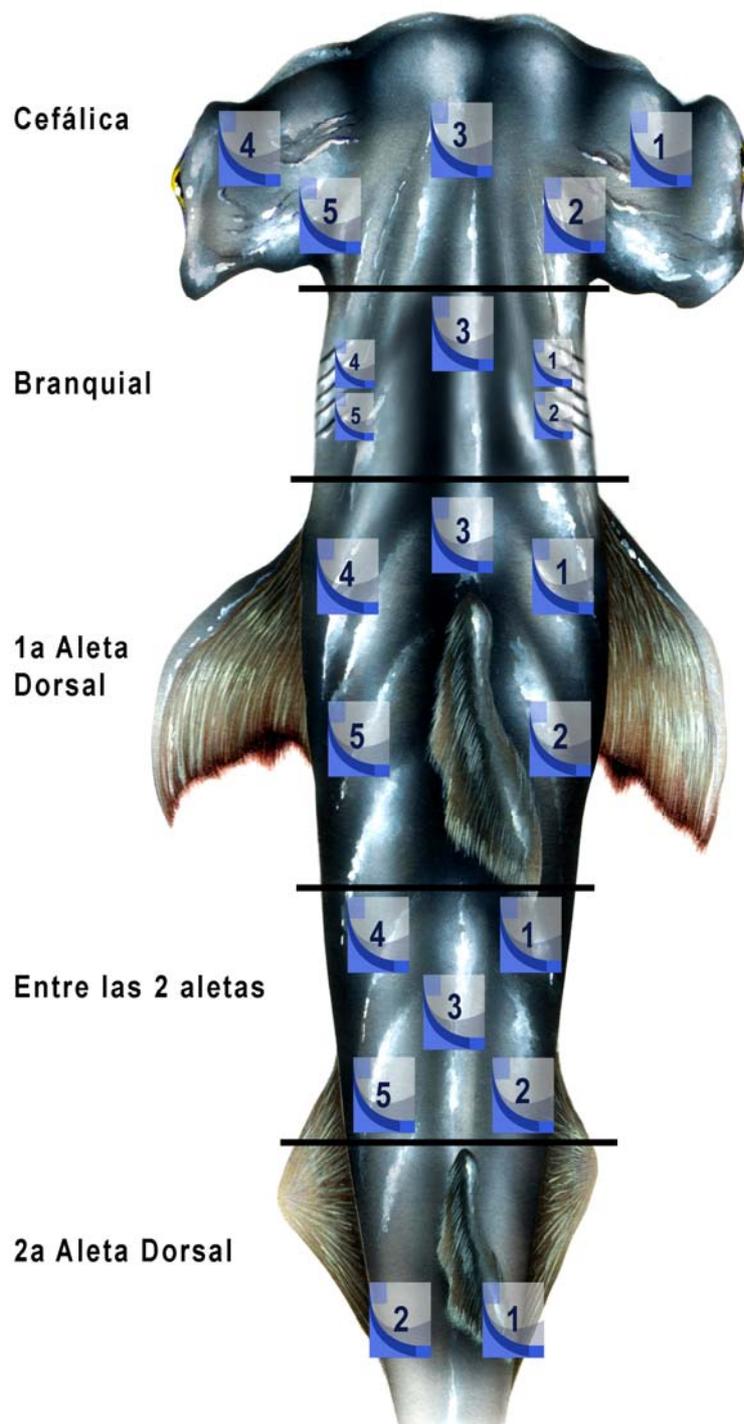


Figura 7. Muestra la disposición de los cuadrantes por región en posición dorsal de *Sphyrna lewini*.

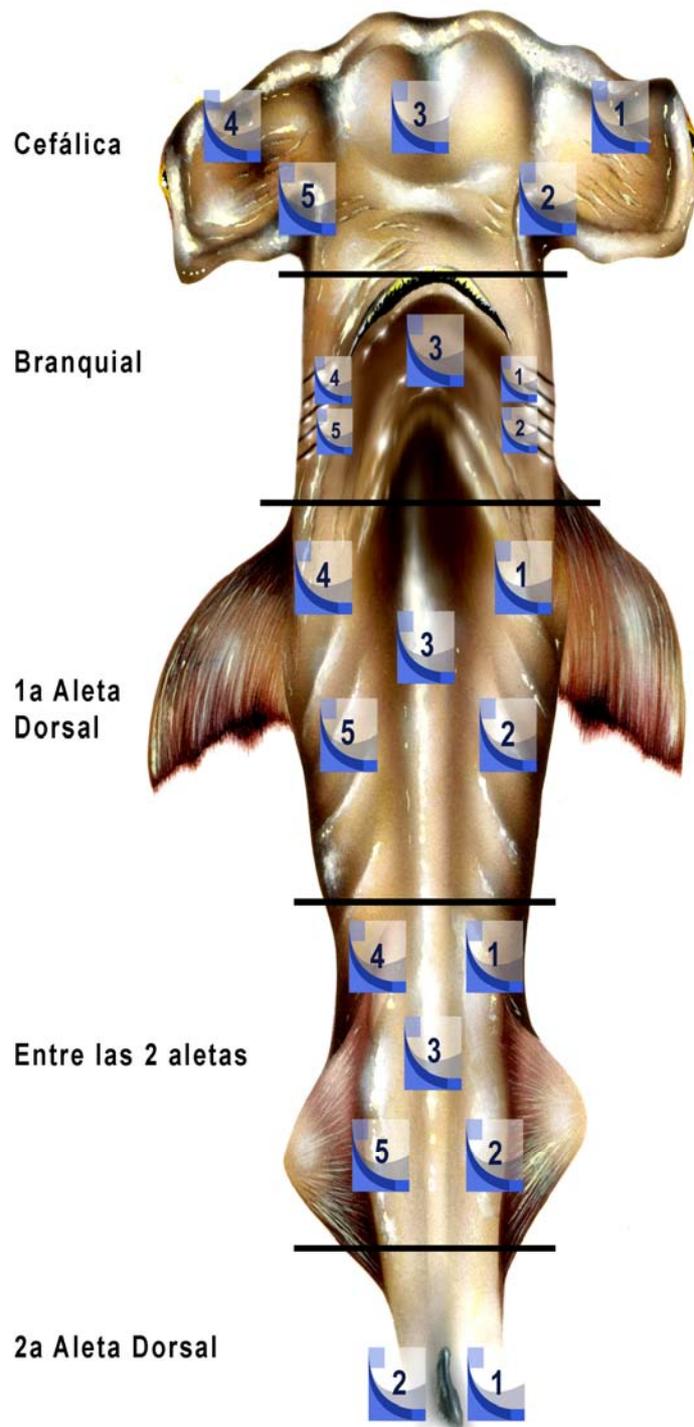


Figura. 8 Distribución de los cinco cuadrantes en cada región en posición ventral de *Sphyrna lewini*.

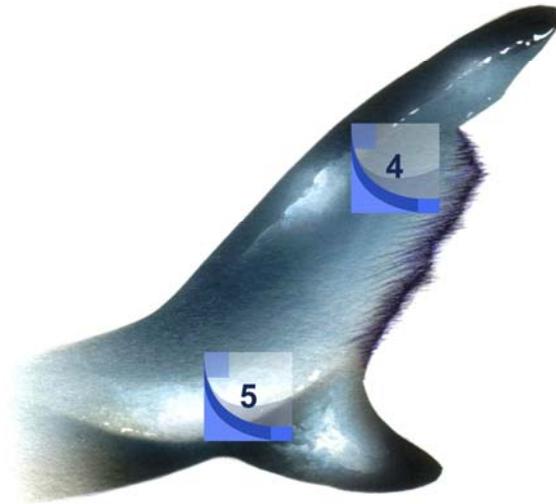
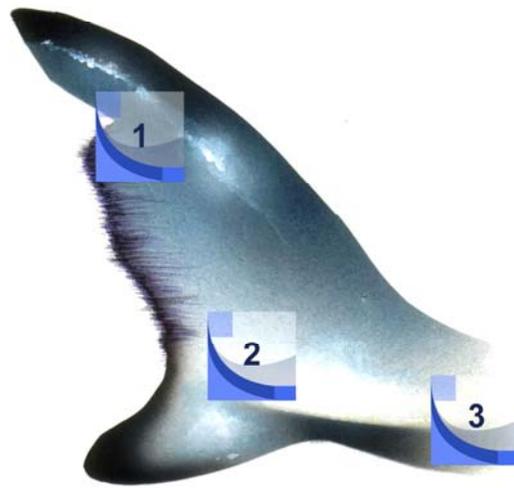


Figura. 9 Distribución lateral de los cuadrantes de la región caudal de *Sphyrna lewini*.

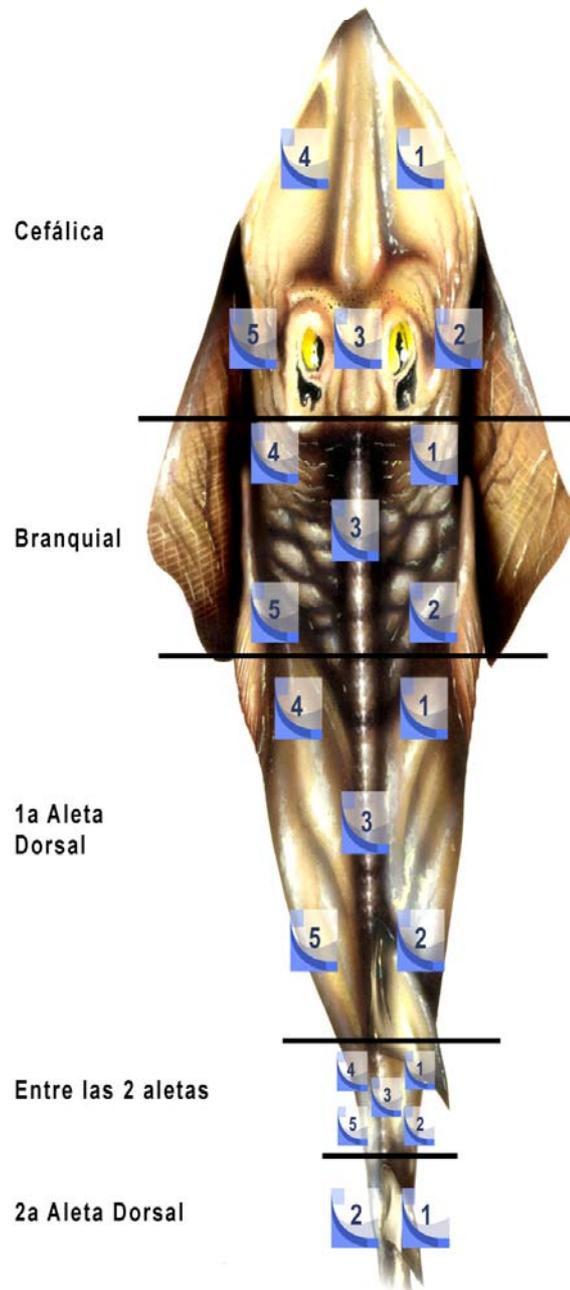


Figura. 10. Muestra la distribución de los cuadrantes de las regiones en posición dorsal de *Rhinobatus lentiginosus*.

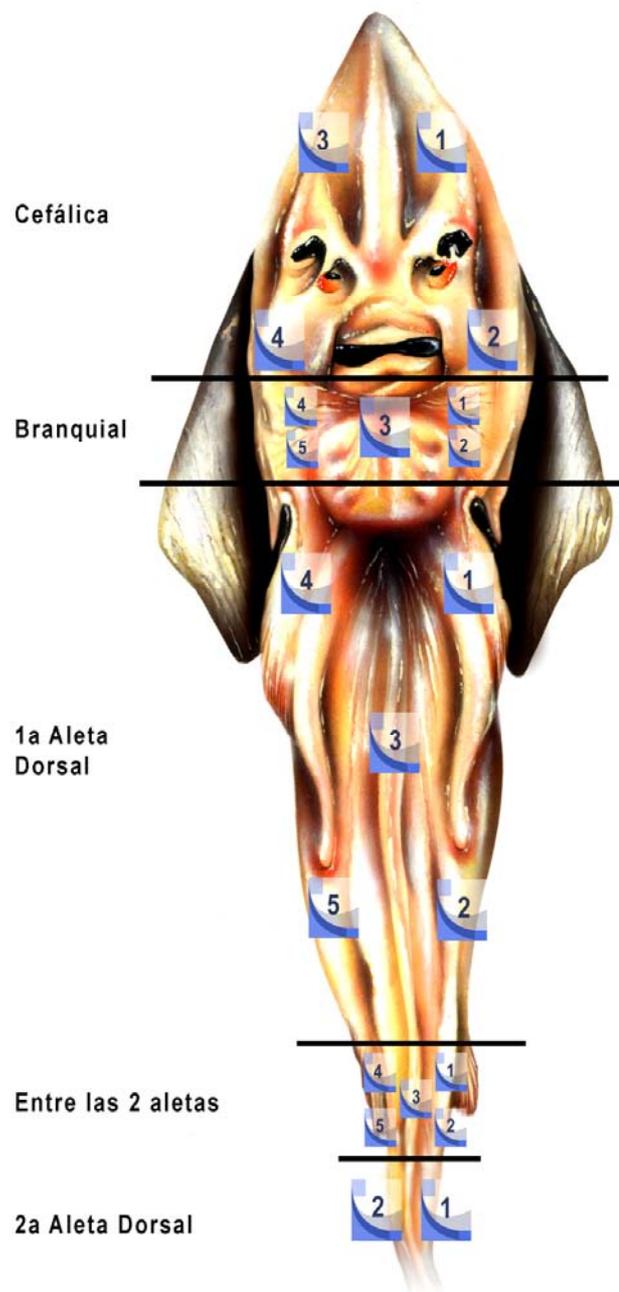


Figura. 11. Cuadrantes de cada región en posición ventral de *Rhinobatus lentiginosus*.

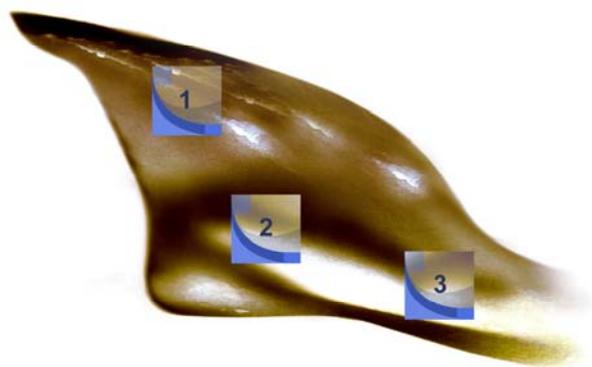


Figura. 12. Distribución de los cuadrantes en la región caudal de *Rhinobatus lentiginosus*.

6.3 Obtención y comparación de los dentículos dérmicos.

Se retiraron los cuadrantes marcados en el cuerpo de *Sphyrna lewini* (Figuras 13, 14 y 15) y de *Rhinobatus lentiginosus* (figuras 16, 17 y 18) tiñéndolos con rojo de alizarina al 0.1% y posteriormente observados en el microscopio óptico (40x y 10x) y fotografiándolos con el programa motic, versión 2.0. Las observaciones fueron en cada una de las regiones tomando en cuenta sus características morfológicas por región de acuerdo con Johns, 1997.

6.3.1 *Sphyrna lewini*

En posición dorsal de la región cefálica se presentan dentículos dérmicos con tres cúspides tanto en la región central como en las laterales, en la porción central que corresponde al morro los dentículos presentan cúspides redondeadas, observándose claramente las crestas; en comparación con los dentículos de la porción central de la región branquial que son agudos pero se mantiene la secuencia de tres cúspides, igual en su porción lateral. En la región de la primera aleta dorsal los dentículos siguen manteniéndolas con crestas bien definidas, observándose la presencia de dos cúspides pequeñas en los extremos, sin crestas bien definidas, estando ligeramente marcados los surcos que dan forma nuevas crestas, en tanto que en la región entre las aletas dorsales, en la porción central los dentículos presentan las mismas características de la región anterior, pero en los laterales se presentan cuatro cúspides con las crestas y surcos que las definen claramente, en la región lateral de la segunda aleta dorsal se observan cinco cúspides, tres centrales bien definidas por los surcos y crestas que las separan, las dos cúspides laterales no se definen claramente, pero ya se observa un surco y una ligera pequeña que las hace evidentes (Figura 13).

En porción ventral de la región cefálica en la parte central se observan los dentículos con 3 cúspides, el central se observa bien diferenciado con la cúspide, surco y cresta que lo define, en tanto que las cúspides laterales no se observan claramente, pero están delimitadas por los surcos y se observan las crestas,

mientras que lateralmente se observan con cúspides, surcos y crestas bien delimitadas, al igual que en la región branquial central y lateral que presentan tres cúspides y se diferencian claramente de la región entre las dos aletas dorsales que presentan cinco cúspides, las tres centrales están bien definidas por los surcos que las separan y con ellos sus crestas, las dos cúspides laterales están sin definirse claramente, pero están presentes definidas por el surco que las hace evidentes, mientras que la región entre las dos aletas dorsales, los dentículos de la región central presentan cuatro cúspides formadas y una quinta que no está bien delimitada, mientras que para la parte lateral las cinco cúspides están perfectamente bien definidas por los surcos, las crestas y las cúspides, al igual que en la región de la segunda aleta dorsal donde se observa perfectamente bien las estructuras del dentículo (Figura 14).

En la región caudal se observa con el patrón de cinco cúspides en las regiones posteriores del cuerpo tanto en posición dorsal como ventral, también se observan las cinco cúspides que poseen cada una la cresta y el surco que las delimitan (figura 15).

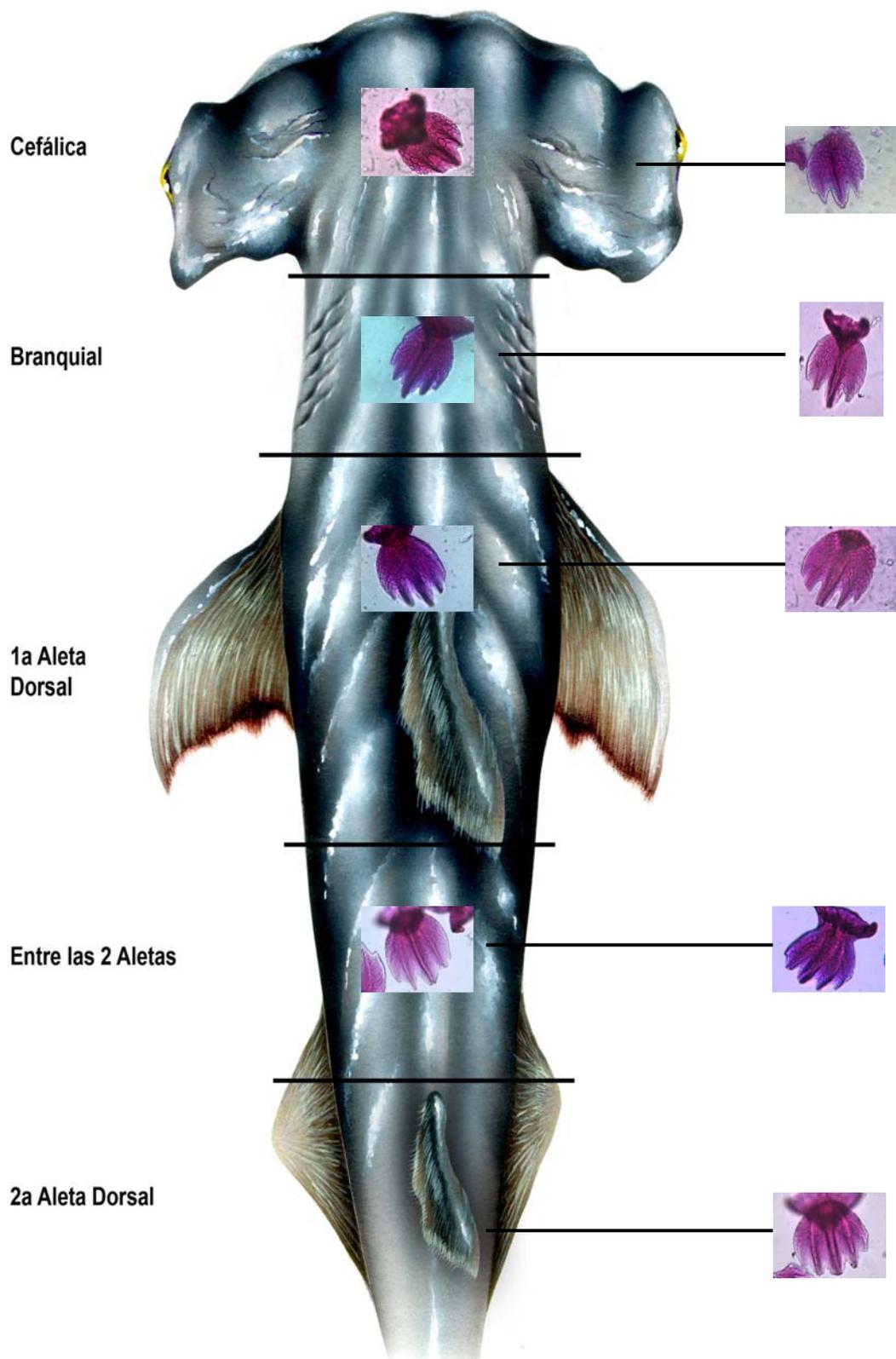


Figura 13. Muestra los dentículos dérmicos característicos de cada región del cuerpo de *Sphyrna lewini* (laterales y centrales), en posición dorsal.

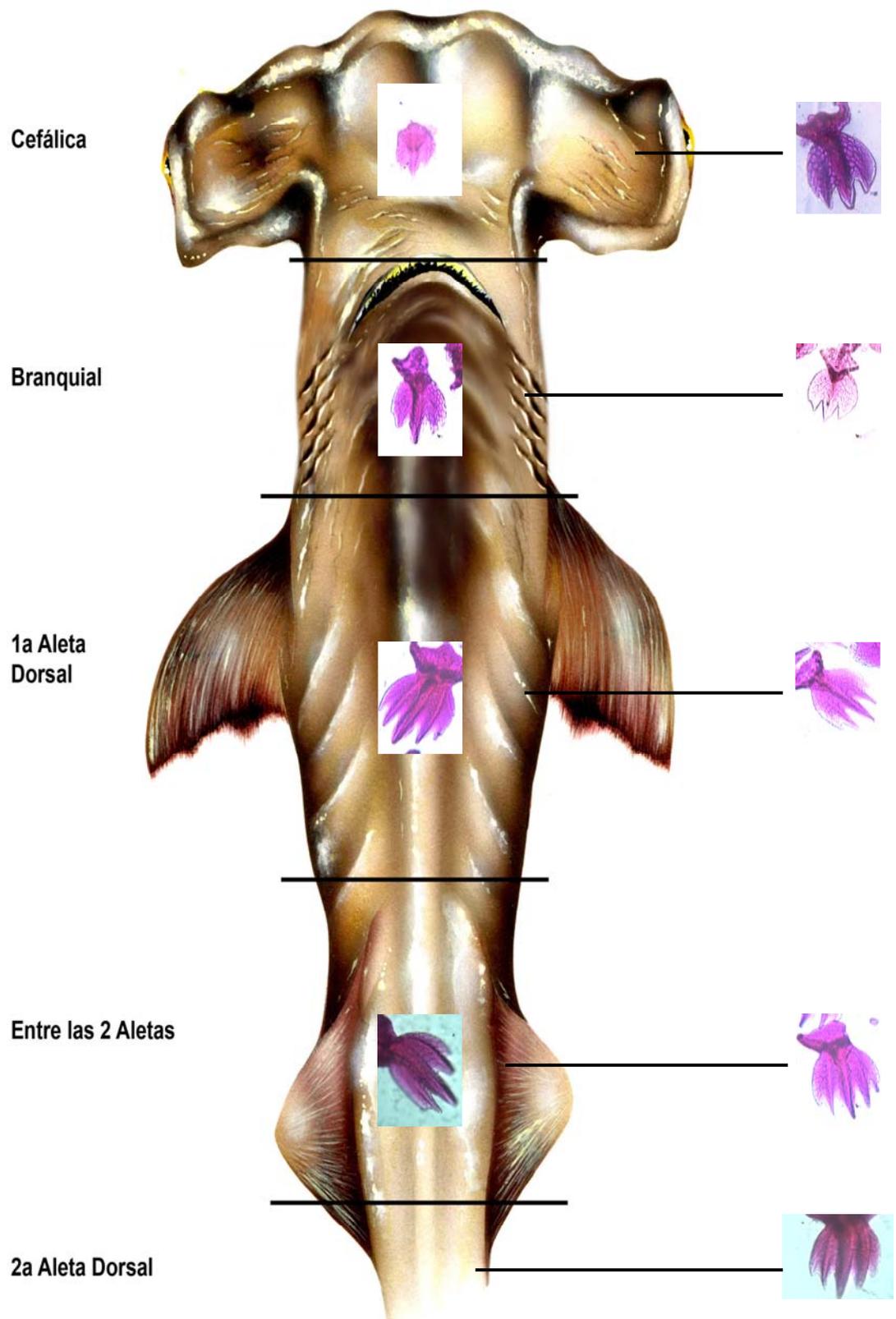


Figura 14. Muestra los denticulos dérmicos característicos de cada región del cuerpo de *Sphyrna lewini* (laterales y centrales), en posición ventral.

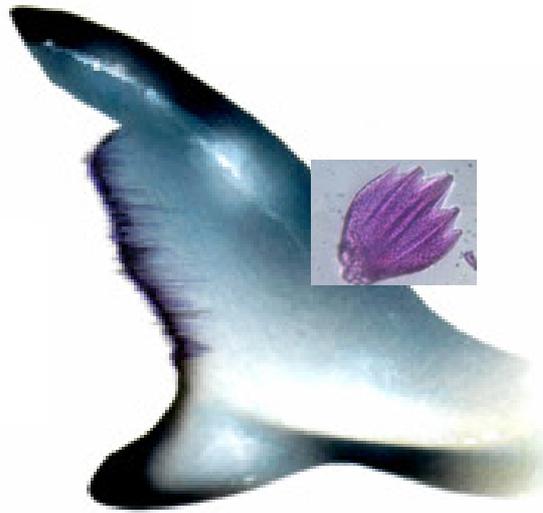


Figura 15 Muestra los dentículos dèrmicos característicos de la región caudal de *Sphyrna lewini*.

6.3.2 *Rhinobatus lentiginosus*

En la posición dorsal de la región cefálica se presenta dentículos dérmicos con tres cúspides redondeadas sin surcos y crestas que los delimiten siendo planas, tanto en la porción central como en la lateral, sin embargo en la porción central la cúspide principal (medial) se encuentra más redondeada en los dentículos laterales, teniendo con el mismo patrón de tres cúspides planas en la región branquial con la porción central sobresaliente, mientras que las laterales se observan reducidas, en cuanto a la porción lateral la cúspide central es más redondeada y más ancha y las laterales son más visibles; en la región de la primera aleta dorsal, los dentículos se observan con tres cúspides, pero en la porción lateral están más redondeadas que las centrales; en la región entre las aletas dorsales se observan que en la porción central y lateral los dentículos están con la cúspide central redondeada y bien delimitadas las cúspides laterales; en la región de la segunda aleta dorsal, se observa que la cúspide central se encuentra

muy redondeada y las laterales apenas son apreciables teniendo una figura cuadrangular (Figura 16).

En posición ventral de la región cefálica se presenta el mismo patrón de dentículos con tres cúspide planas y redondeadas observándose claramente las cúspides laterales tanto en la porción central como en la lateral; en la región branquial los dentículos presentan tres cúspides redondeadas, las cuales constituyen la cuadrangular en ambas porciones (centrales y laterales), mientras que para la región de la primera aleta dorsal en la porción central están mejor definidas las tres cúspides, predominando la central, mientras que la porción lateral están más redondeadas, pero están mejor definidas que las de la región anterior; en la región entre las dos aletas dorsales, los dentículos centrales presentan definidas las cúspides, mientras que en la parte lateral se fusionan sin dejar de ser distinguibles y para la región de la segunda aleta dorsal las cúspides laterales apenas son apreciables, siendo la central más evidente teniendo una forma cuadrangular (Figura 17).

En la región caudal se presenta con el mismo patrón general de tres cúspides redondeadas, sin crestas y sin surcos (planas), en posición dorsal y ventral, predominando la cúspide central y las laterales siendo diferenciadas y poco sobresalientes y teniendo una forma cuadrangular está región completa la comparación de los dentículos del cuerpo de *Rhinobatos lentiginosus* (Figura 18).

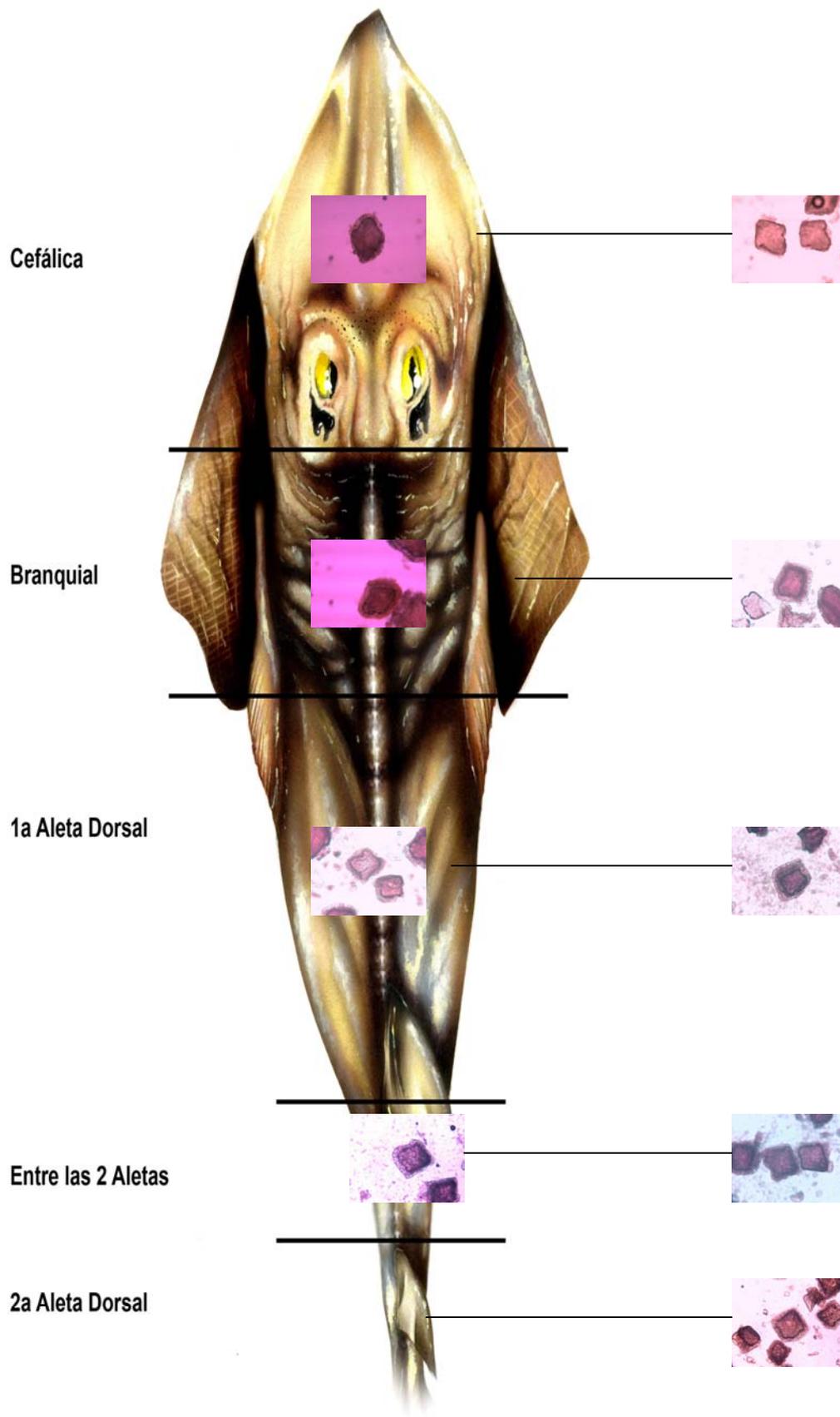


Figura 16. Muestra los denticulos dérmicos característicos de cada región del cuerpo de *Rhinobatos lentiginosus*, en posición dorsal.

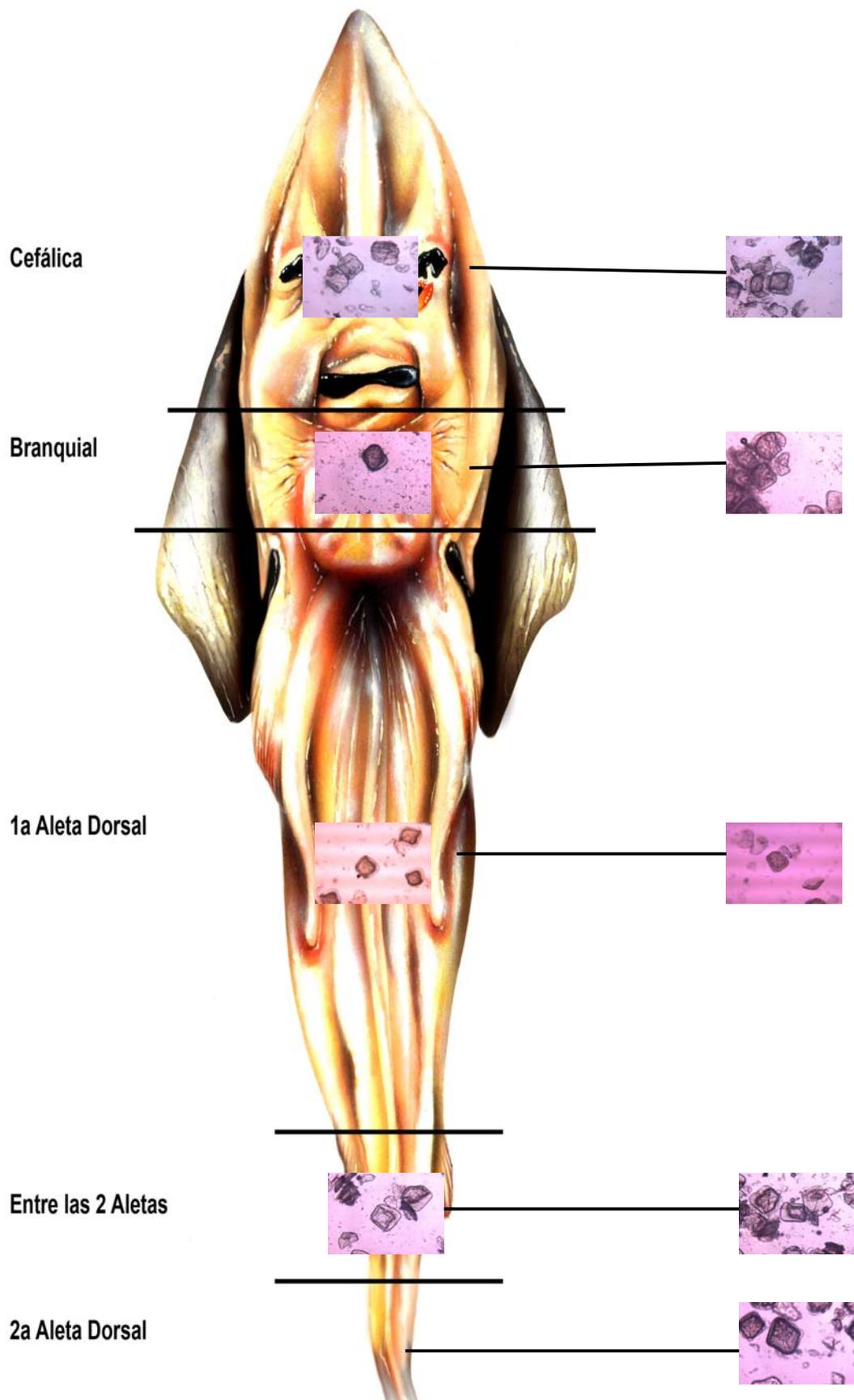


Figura 17. Muestra los denticulos dérmicos característicos de cada región del cuerpo de *Rhinobatos lentiginosus*, en posición ventral.

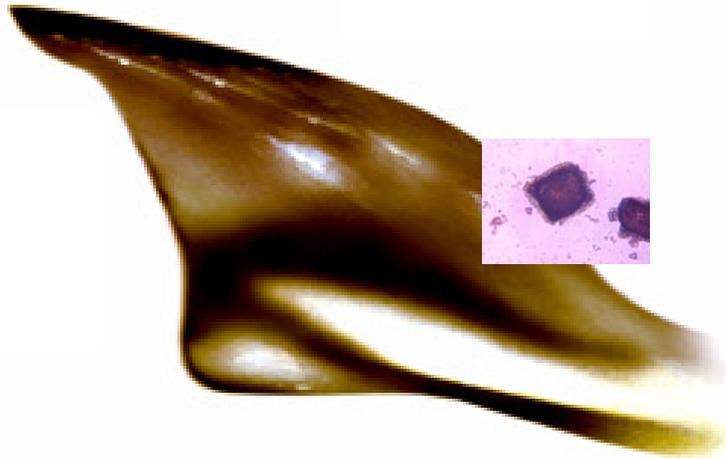


Figura 18 Muestra los dentículos dèrmicos característicos de la región caudal de *Rhinobatos letiginosus*.

6.4 Diferencias morfológicas de los dentículos dèrmicos de *Sphyrna lewini* y *Rhinabatidos lentiginosus*.

Las escamas de los tiburones, una vez que terminaron el proceso de tinción fueron observadas en microscopio óptico y fotografiadas (con el programa motic versión 2.0), identificando las estructuras morfológicas que caracterizan a las escamas de cada una de las especies siguiendo el patrón de Johns, (1997).

En *Sphyrna lewini* los dentículos sólo se pudieron observar en posición dorsal (Figura 19), en los cuales se observan las estructuras principales que hacen la diferencia morfológica entre los dentículos de las dos especies: la cúspide principal (central), donde se aprecia la plataforma media que la forma y las cúspides laterales, definidas por los surcos que forman las crestas, también se observan en los extremos las alas laterales que están delimitadas por los surcos que forman las crestas y las cúspides para formar un dentículo de cinco cúspides,

el pedúnculo está perfectamente definido observándose la longitud y el ancho que lo forman, el cual ocupa la posición posterior formando la porción dorsal y ventral del dentículo insertado en la piel del tiburón, se observó que el acomodo de los dentículos se encuentran sobrepuestos y con las cúspides orientadas hacia la región caudal (Figura 20), en la figura 21 se observan las fibras de Sharpey que forman parte de la dermis del tegumento de los tiburones que por su acomodo dan origen a ángulos oblicuos que forman rombos los cuales permiten que la piel se estire y se doble sin arrugarse con lo cual colabora que el agua fluya suavemente por la superficie del cuerpo sin turbulencias, mientras que para *Rhinobatos lentiginosus*, se observaron e identificaron las estructuras de los dentículos dérmicos en posición dorsal (Figura, 22) los cuales presentan tres cúspides, la principal es la central y dos laterales, no presenta elevaciones por lo tanto no tiene crestas ni surcos los cuales la hacen plana, también se observa la unión del pedúnculo con la corona el cual se encuentra debajo de ella; en la posición ventral (Figura 23) se observan las tres cúspides que forman a la corona y el pedúnculo ocupa gran parte de la superficie ventral del dentículo, en el centro se aprecia el canal que también forma parte del pedúnculo; en vista lateral (Figura 24) se hace notar que la corona carece de surcos y crestas y se observa el pedúnculo que ocupa la porción ventral del dentículo, se encontró que las escamas se encuentran agrupadas muy cercanas, pero sin sobreponerse entre ellas. Las cúspides principales están orientadas hacia la región caudal (Figura 25) y el acomodo de las fibras de Sharpey también da origen a ángulos oblicuos que facilitan el paso del agua sobre el cuerpo de los tiburones (Figura 26).

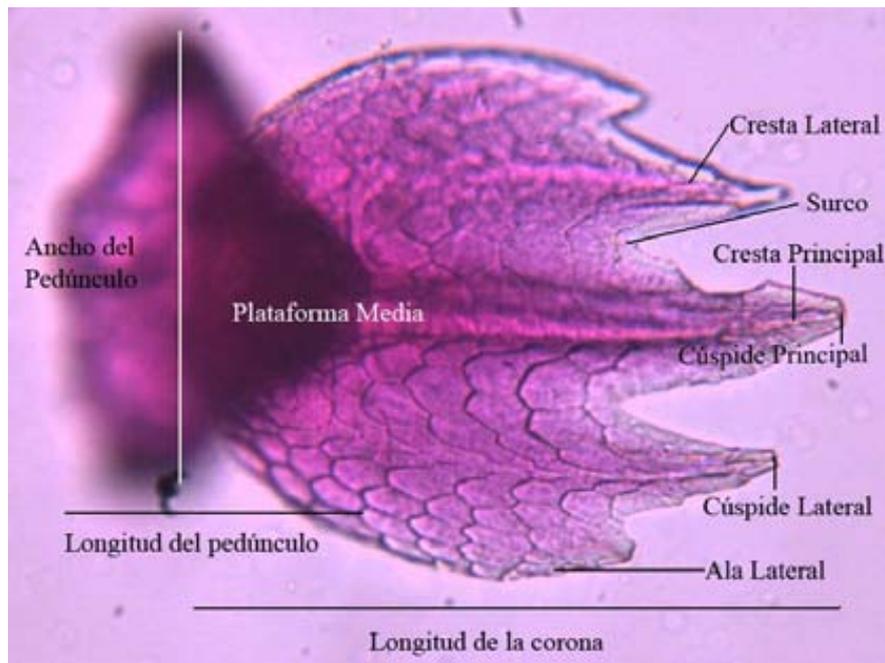


Figura 19 Denticulo dérmico del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en posición dorsal. Microscopio óptico (10X).

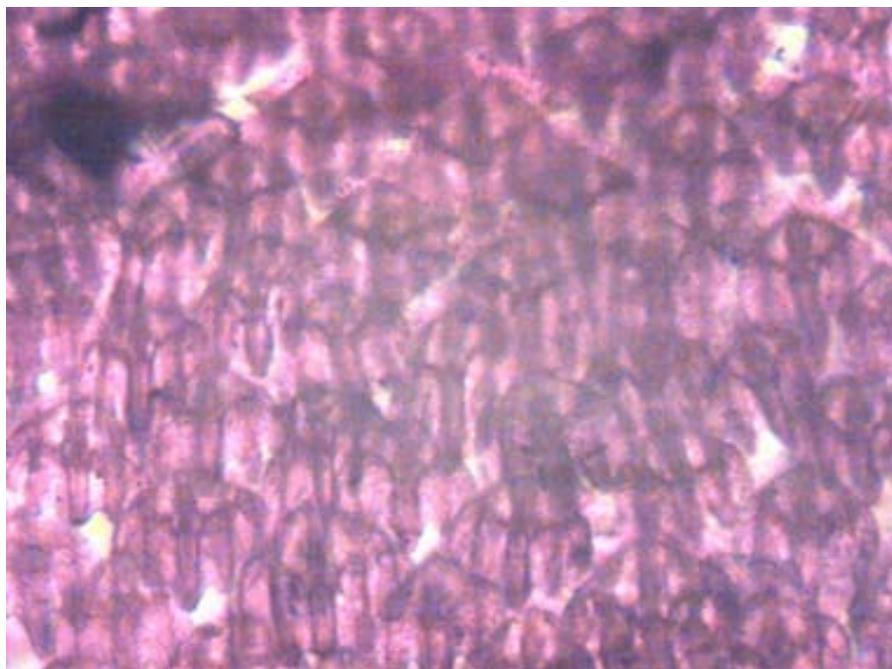


Figura 20 Muestra varias escamas del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*). Microscopio óptico (10X).

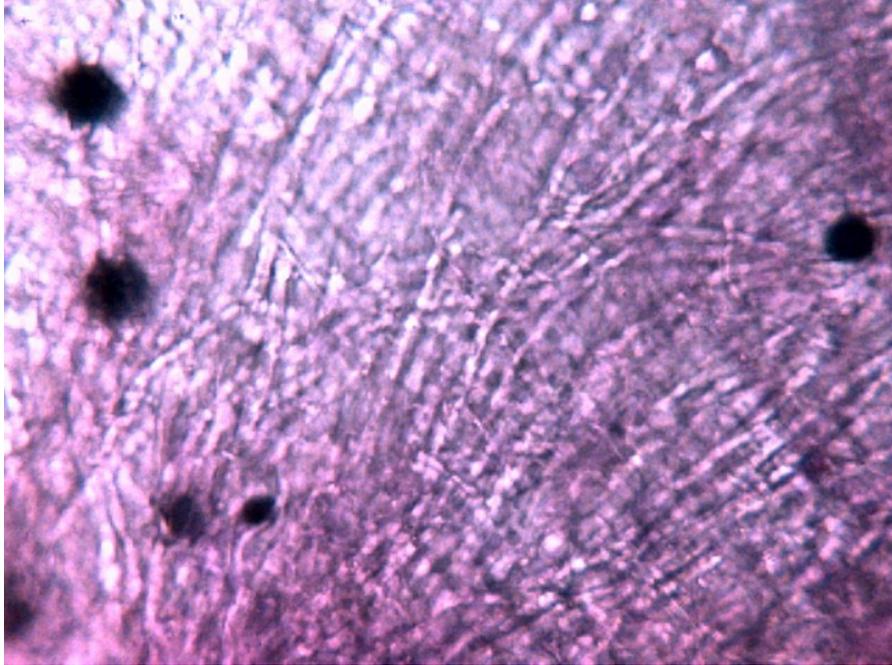


Figura 21 Muestra las fibras con las que se mantienen sujetos los denticulos dérmicos a la dermis del tegumento del tiburón tiburón martillo (*Sphyrna lewini*). Microscopio óptico (40X).

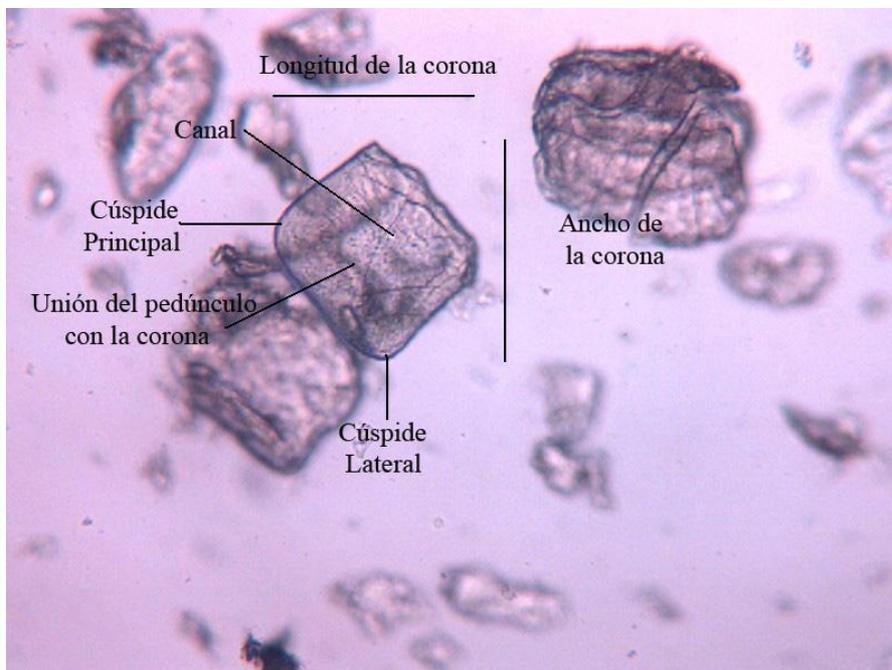


Figura 22. Denticulo dérmico en posición dorsal del pez guitarra (*Rhinobatus lentiginosus*). Microscopio óptico (10X).

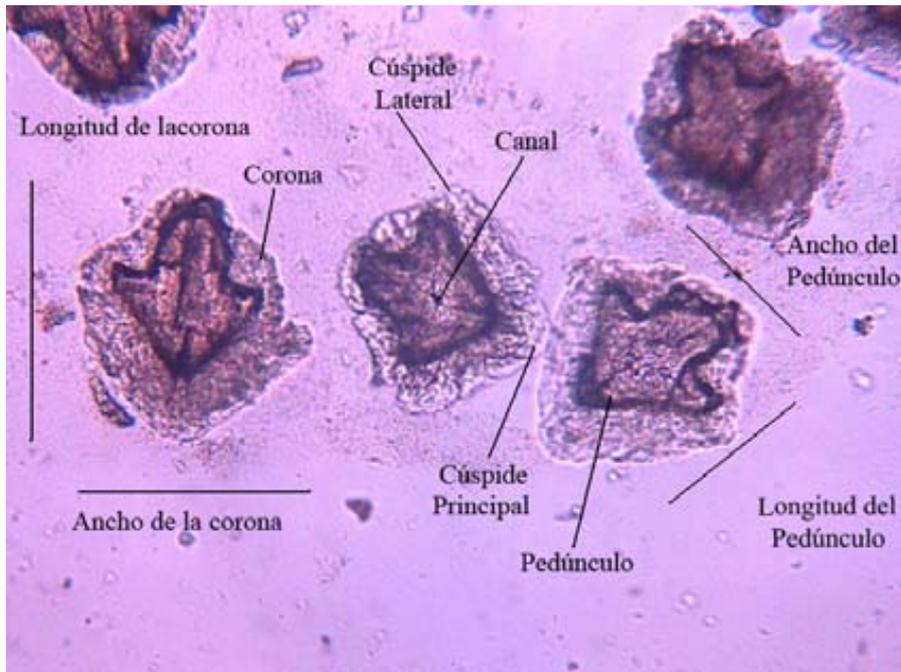


Figura 23 Denticulo dérmico del pez guitarra (*Rhinobatus lentiginosus*) en posición ventral. Microscopio óptico (10X).

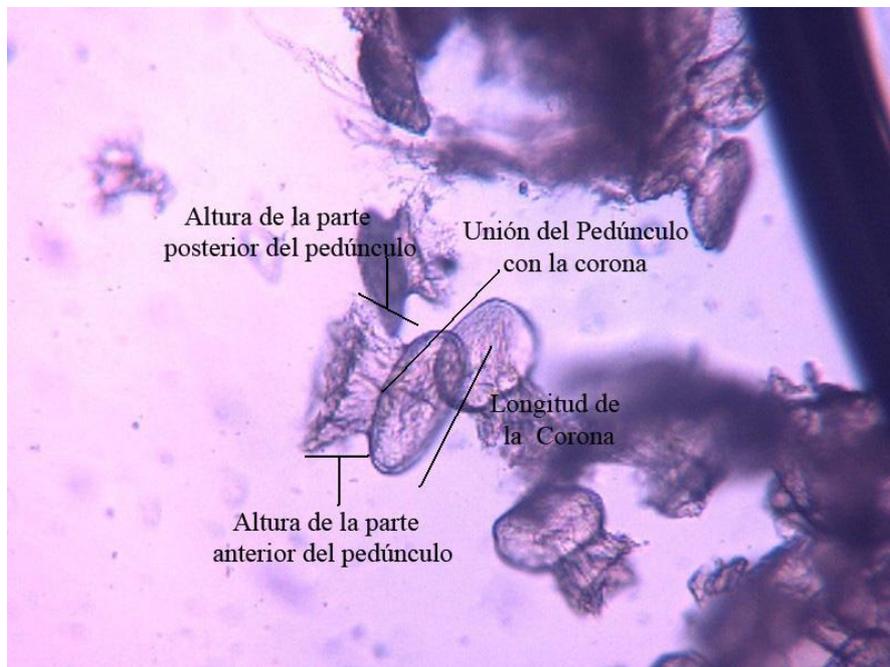


Figura 24 Denticulo dérmico del pez guitarra (*Rhinobatus lentiginosus*) en vista lateral. Microscopio óptico (10X).

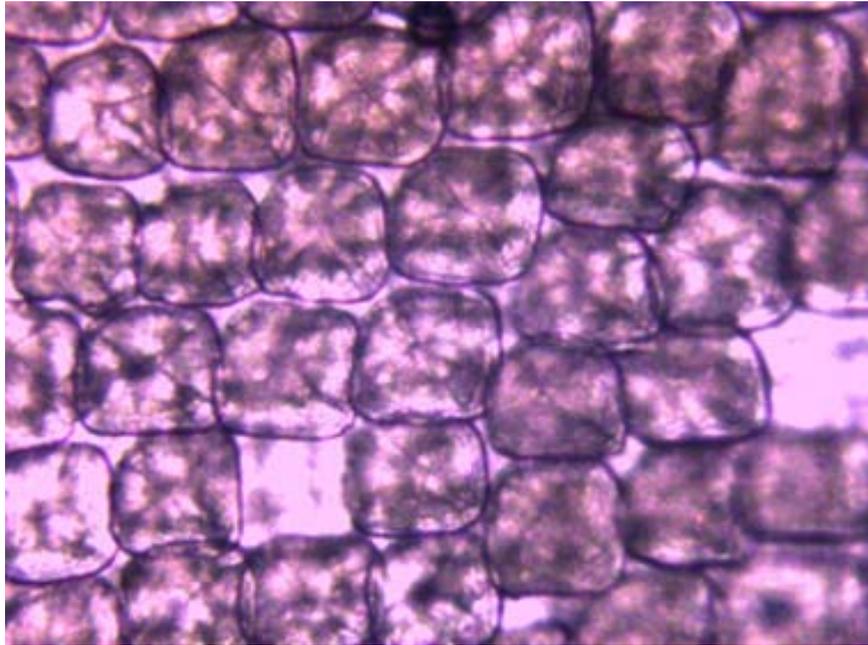


Figura 25 Muestra varias escamas del pez guitarra (*Rhinobatus lentiginosus*). Microscopio óptico (10X).

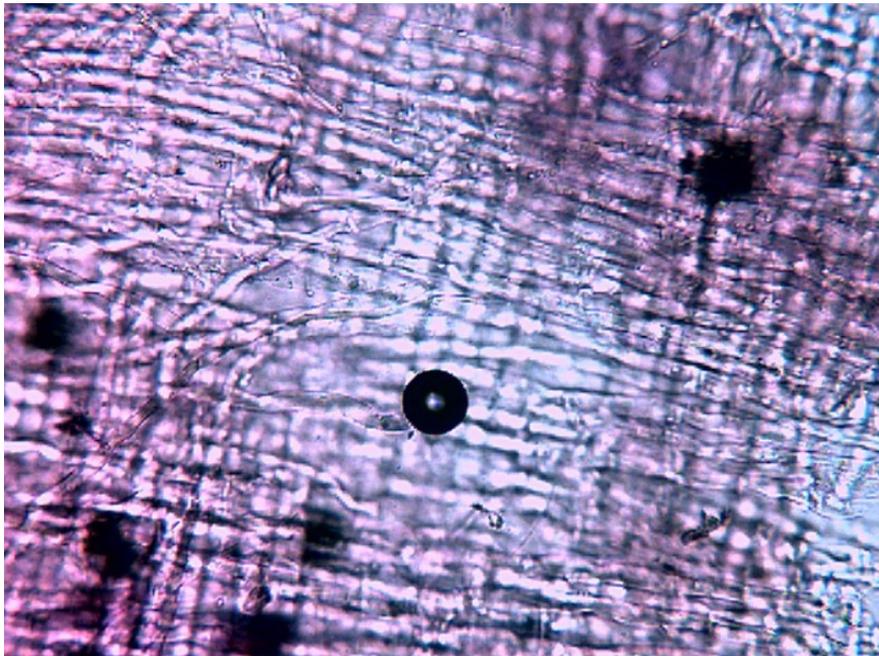


Figura 26 Muestra las fibras con las que se mantienen sujetos los denticulos dérmicos a la dermis del pez guitarra (*Rhinobatus lentiginosus*).. Microscopio óptico (40X).

6.5 Análisis estadístico

Los valores del ancho y largo de las escamas fueron utilizadas para realizar el análisis estadístico utilizando el programa Statistica (versión 4.6). El análisis efectuado fue ANOVA unifactorial que permite determinar las diferencias estadísticamente significativas, a un nivel de significancia igual o menor 0.05 y la prueba de Tukey para determinar las diferencias significativas entre grupos específicos, obteniendo los siguientes resultados:

6.5.1 *Sphyrna lewini*:

Los resultados del ANOVA Unifactorial muestra que:

1. No existe diferencia significativa entre los anchos de los dentículos dérmicos de cada cuadrante, ni entre los anchos de los dentículos de la parte dorsal, ventral y caudal ($p \geq 0.924477$).
2. De igual forma la comparación entre la longitud de los dentículos dérmicos entre cuadrantes y entre regiones no presenta diferencias significativas ($p \geq 0.993078$).
3. Sin embargo la comparación entre el ancho y el largo de los dentículos muestra diferencias significativas ($p \leq 0.0403334$), por lo que se prosiguió aplicar la prueba de Tukey la cual mostró que las escamas son más largas que anchas (tabla 1).

Variable	{1}	{2}
Ancho {1}	$\bar{y} = 0.46088$	$\bar{y} = 0.56042$
Largo {2}	0.039452	

Tabla 1. Resultados de la prueba de Tukey de los anchos contra los largos de los dentículos dérmicos de *Sphyrna lewini*.

6.5.2 *Rhinobatus lentiginosus*:

El análisis estadístico del ANOVA Unifactorial aplicado para el largo de los dentículos de las diferentes regiones (dorsal, ventral y caudal) muestra que:

1. No hay diferencias significativas ($p \geq 0.565796$).
2. Mientras que la comparación de los largos entre cada cuadrante por región, muestra que existen diferencias significativas ($p \leq 0.013359$), por lo que se aplicó la prueba de Tukey para identificar entre que cuadrantes existen diferencias, mostrando que el largo del dentículo del cuadrante número cinco de la región cefálica dorsal (figura 10) es el único en tener dicha diferencia con respecto a todos los demás cuadrantes. (figura, 27). Esto podría implicar una preferencia a flexionar su dirección hacia el lado izquierdo, hechos que se pueden verificar realizando estudios conductuales los cuales caen fuera de los objetivos del presente trabajo.

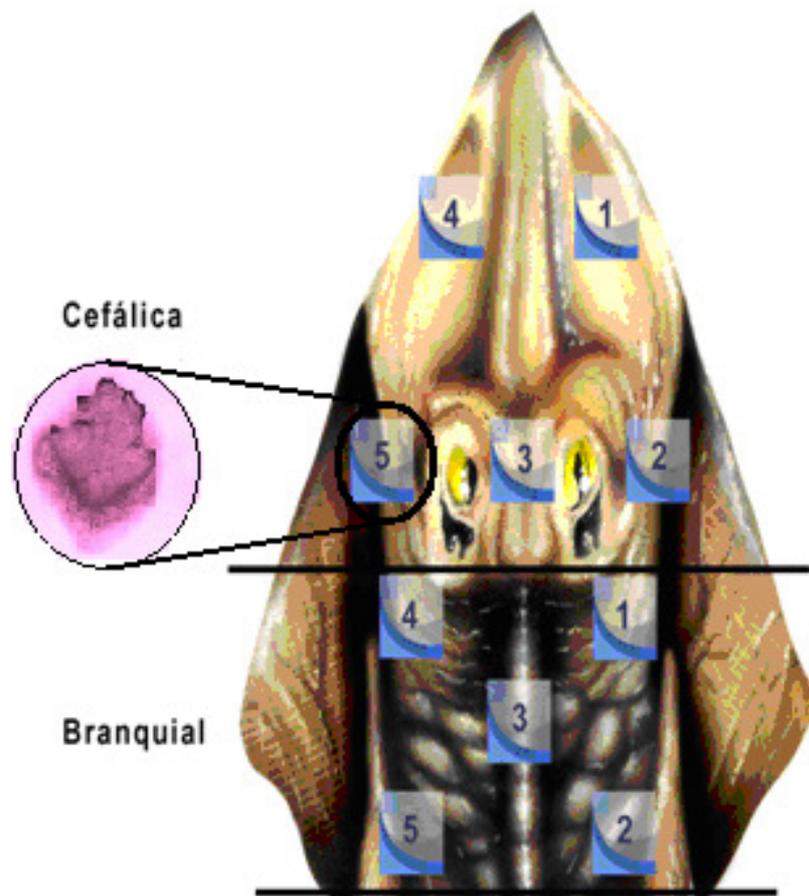


Figura 27. Denticulo dérmico del quinto cuadrante de la región cefálica dorsal de *Rhinobatus lentiginosus*.

- Los resultados del análisis del ANOVA unifactorial entre el ancho de los denticulos dorsales, ventrales y caudales muestra que hay diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.0000001$), por lo cual se aplicó la prueba de Tukey para identificar entre que medidas existen las diferencias significativas. Dando como resultado que existen diferencia entre anchos dorsales contra los anchos ventrales, es notorio la mayor anchura de los dorsales y caudales, lo cual está en relación con los hábitos bentónicos del espécimen.

Variable	{1}	{2}	{3}
	$\bar{y} = 0.4557333$	$\bar{y} = .02662467$	$\bar{y} = 0.5341833$
Dorsal {1}		.000104	.018321
Ventral {2}	.000104		.000104
Caudal {3}	.018321	.000104	

Tabla 2. Prueba de Tukey de los anchos dorsales, ventrales y caudales de los dentículos dérmicos de *Rhinobatus lentiginosus*

- Al realizar el ANOVA entre los ancho de los dentículos dorsal/ventral/caudal se obtuvo una probabilidad ($p \leq 0.002411$), por lo cual se hizo la prueba de Tukey para identificar los cuadrantes que tienen los dentículos que presentan dicha diferencia y así mismo a la región que pertenecen, lo cual dio como resultado que los dentículos de la parte anterior tienen notoria diferencia con los dentículos de la región caudal, lo cual se puede apreciar en las siguientes tablas donde se observa que los dentículos que tienen diferencia significativa, la tienen principalmente con los dentículos de la región caudal que son el cuadrante 25, 26, 27 y 28. Que se atribuye a la especialización de la morfología del cuerpo y los dentículos en la región caudal ya que es el principal elemento que utiliza el pez guitarra para impulsar el nado.

Región	Cuadrante	Probabilidad mayor observada
Primera Aleta Dorsal	1	25, 26, 27 y 28 ($p \leq 0.024503$)
	2	25, 26 y 27 ($p \leq 0.034142$)
	3	25 y 26 ($p \leq 0.031209$)
	4	25 y 26 ($p \leq 0.037753$)
	5	25 y 26 ($p \leq 0.032476$)

Tabla 3. Resultados de la prueba de Tukey de la región de la primera aleta dorsal en *Rhinobatus lentiginosus*

Región	Cuadrante	Probabilidad mayor observada
Inter. Aletas Dorsales	6	12, 13, 14, 16, 17, 18, 19 y 20 ($p \leq 0.042662$)
	7	16 y 19 ($p \leq 0.047035$)
	8	12, 14, 16, 17 y 18 ($p \leq 0.049266$)
	9	12, 13, 14, 16, 17, 18, 19 y 20 ($p \leq 0.041583$)

Tabla 4. Resultados de la prueba de Tukey de la región entre las dos aletas dorsales en *Rhinobatus lentiginosus*

Región	Cuadrante	Probabilidad mayor observada
Segunda Aleta Dorsal	10	16 y 19 ($p \leq 0.038002$)
	11	26 ($p \leq 0.015762$)

Tabla 5. Resultados de la prueba de Tukey de la región de la segunda aleta dorsal en *Rhinobatus lentiginosus*

Región	Cuadrante	Probabilidad mayor observada
Cefálica Ventral	12	6, 8, 9, 25, 26, 27 y 28 ($p \leq 0.049266$)
	13	6, 9, 25, 26, 27 y 28 ($p \leq 0.041716$)
	14	6, 8, 9, 25, 26, 27 y 28 ($p \leq 0.040822$)
	15	25, 26, 27 y 28 ($p \leq 0.022473$)

Tabla 6. Resultados de la prueba de Tukey de la región cefálica ventral en *Rhinobatus lentiginosus*

Región	Cuadrante	Probabilidad mayor observada
Branquial Ventral	16	6, 7, 8, 9, 10, 25, 26, 27 y 28 (p≤0.042525)
	17	6, 8, 9, 25, 26 y 28 (p≤0.038362)
	18	9, 25, 26, 27 y 28 (p≤0.038737)
	19	8, 9, 10, 11, 12, 25, 26, 27 y 28 (p≤0.047035)
	20	6, 9, 25, 26, 27 y 28 (p≤0.042662)

Tabla 7. Resultados de la prueba de Tukey de la región branquial ventral en *Rhinobatus lentiginosus*

Región	Cuadrante	Probabilidad mayor observada
Inter. Aletas Ventrales	21	25, 26, 27 y 28 (p≤0.042593)
	22	25, 26, 27 y 28 (p≤0.031528)
	23	25, 26, 27 y 28 (p≤0.041020)
	24	25, 26 y 27 (p≤0.032083)

Tabla 8. Resultados de la prueba de Tukey de la región entre las dos aletas ventrales en *Rhinobatus lentiginosus*

Región	Cuadrante	Probabilidad mayor observada
Aleta Caudal	25	1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 (p≤0.037753)
	26	1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 (p≤0.039193)
	27	1, 2, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 (p≤0.034142)
	28	1, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23 (p≤0.0425930)

Tabla 9. Resultados de la prueba de Tukey de la región de la aleta caudal en *Rhinobatus lentiginosus*

7.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los dentículos dérmicos varían su forma y tamaño dependiendo de la región del cuerpo (Taylor, 2006), esta investigación describe las características morfológicas de los dentículos dérmicos de dos especies de elasmobranquios que pertenecen a diferente orden. Al comparar las regiones de ambas especies se encontró una gran diferencia y variabilidad de las escamas que va más allá de las diferencias macroscópicas, formando un mosaico de escamas que puede verse en el cuerpo de los tiburones (Mojeta, 2005) (fig. 28 y 29).

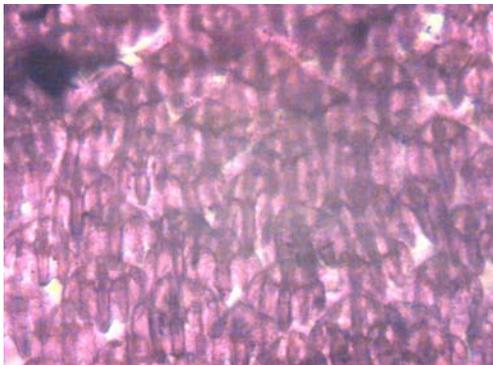


Fig. 28. características macroscópicas de los dentículos de *S. Lewini* donde se aprecian los surcos, crestas y la forma de acomodarse que sirve como escudo protegiendo el tegumento del tiburón.

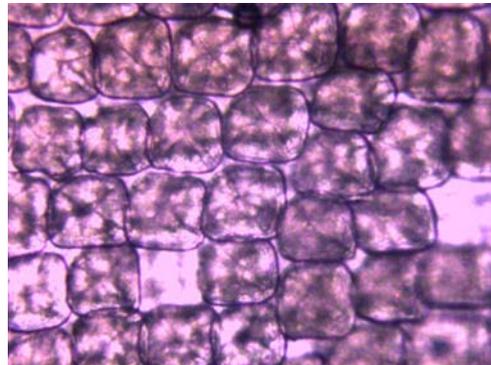


Fig. 29. características macroscópicas de los dentículos de *R. Lentiginosus* donde se aprecian las cúspides redondeadas y la forma de acomodarse que sirve como escudo protegiendo el tegumento del tiburón.

Las diferencias microscópicas definen las características esenciales para cada especie con márgenes cóncavos, dando lugar a formas cuadrangulares y lisas (Tricas, 1998) o con elevaciones y puntas afiladas (Johns, 1997; Mojeta, 2005; Compagno, 2005; Bester, 2006). Tal es el caso de la especie del orden de los *squaliformes*, *Sphyrna lewini*, de manera general y comparando con el trabajo de Johns (1997), que cuentan con la presencia de tres a cinco cúspides, una cresta principal medial delimitada por los surcos dando lugar a la formación de la cúspide principal y las secundarias, con crestas laterales, el dentículo posee un pedúnculo en la parte posterior que se inserta en el tegumento de manera que quedan

sobrepuestos cubriendo completamente la piel, concordando con las descripciones previamente reportadas (Johns, 1997; Mojeta, 2005; Bester, 2006) fig. 30. Sin embargo para la especie del orden de los *Rajiformes*, *Rhinobatos lentiginosus*, comparando los dentículos con el trabajo de Johns en 1997, presentan una cúspide principal medial y laterales, pero forman márgenes redondeados, no presentan surcos ni crestas, observándose planas o lisas y el pedúnculo se encuentra en la parte inferior, cubriendo toda la piel pero sin traslaparse entre si (Tricas, 1998; Taylor, 2006; Bester, 2006) (fig. 31).

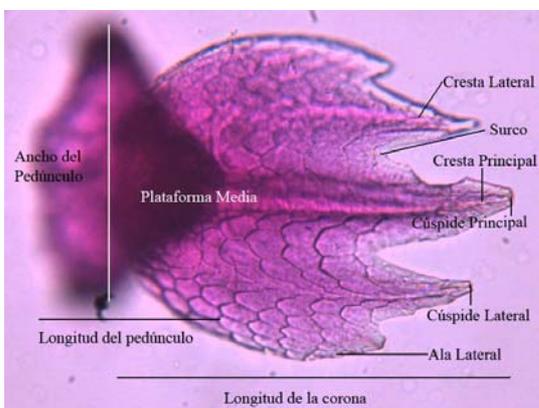


Fig. 30. características microscópicas de los dentículos de *S. Lewini*.

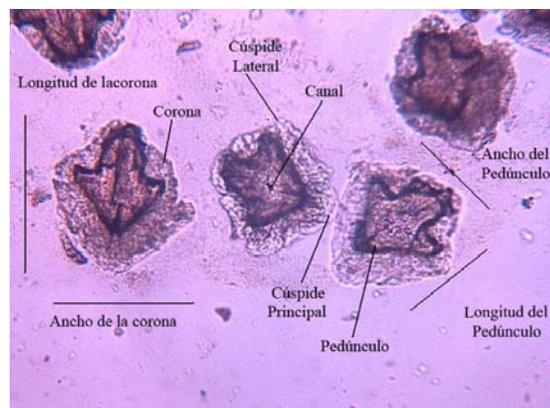


Fig. 31. características microscópicas de los dentículos de *R. Lentiginosus*.

Siguiendo con la comparación, podemos observar que los dentículos laterales y centrales tienen diferencia morfológica en *S. lewini* ya que varían en su forma y tamaño dependiendo de la región del cuerpo, como las cúspides que en los dentículos de los costados pueden poseer de tres a cinco (Steel, 2002; Mojeta, 2005) tal como lo muestran los resultados morfológicos y estadísticos.

En los dentículos de la parte anterior (región cefálica y branquial), en posición dorsal se observan tres cúspides, las cuales poseen sus respectivas crestas, sin embargo en posición ventral, la cúspide central se observa más prolongada tanto en la región central como en la lateral (Bester, 2006), lo cual se atribuye a que los dentículos de los costados están cerca de las hendiduras branquiales, los ojos, narinas y ampulas de Lorenzini de acuerdo con lo reportado por (Compagno, 2005), los dentículos proporcionan protección física y guían el flujo del

agua, sin embargo, se observan en los márgenes de los dentículos el indicio del desarrollo las crestas y cúspides que en posiciones mediales (región de la 1ra aleta dorsal y entre las dos aletas dorsales), que en los dentículos ya están desarrollados con las cinco cúspides, aunque las crestas aun no son claras tanto en posición dorsal como ventral, dando una apariencia de picos largos y cortos (Mojeta, 2005; Bester, 2006) que dan protección a los órganos sensitivos de los tiburones como en el caso de los poros de la línea lateral, sirviendo como armadura contra el medio exterior. Mientras que para la porción posterior (región de la segunda aleta dorsal y la caudal) donde solo se observan los dentículos de las porciones laterales por la especialización del cuerpo (fusiforme), para dar lugar a la formación de la aleta caudal, los dentículos presentan las cinco cúspides con sus respectivas crestas siendo más definidas en la parte ventral, sin embargo en la región caudal se observan completamente desarrolladas dirigiendo el flujo del agua, ya que la sección caudal y la aleta caudal oscilan ampliamente para impulsar al animal hacia adelante, frecuentemente para cazar a su presa (Mojeta 2006; Tricas, 1998) (figura 9 y 12). Con respecto al análisis estadístico las diferencias significativas entre el ancho y largo ($p \leq 0.0403334$), muestran que los dentículos son mas largos que anchos (tabla. 1), lo cual no se había reportado con anterioridad.

En *R. lentiginosus*, de acuerdo con lo que menciona Taylor (2006) los dentículos dorsales son pequeños y que en la parte rostral forman márgenes cóncavos y pueden ser hexagonales o tetragonales, efectivamente, en todo el cuerpo se observó la misma morfología de los dentículos, en la parte ventral de manera general tienen los márgenes mas redondeados, tomando los dentículos una forma cuadrangular, sin embargo los resultados estadísticos con respecto al tamaño en la longitud de los dentículos en la parte cefálica dorsal del lado izquierdo se obtuvieron diferencias significativas lo que nos indica que podría torcer su cuerpo hacia este lado (Fig. 27). Mientras que para los anchos se obtuvo ($p \leq 0.0000001$) y en la prueba de Tukey se observa que los dentículos dorsales y caudales son más anchos que los ventrales (Tabla 4), lo cual se puede atribuir a los hábitos que tiene de vivir en zonas bentónicas (Tricas, 1997). En la parte anterior al momento de

nadar inclina la cabeza ligeramente más alto que la cola (Tricas, 1997), y las aletas pectorales fundidas a la cabeza, lo cual puede ser consecuencia de la diferencia entre los anchos de la parte anterior con respecto a la porción caudal (Tabla 5, 8 y 9), de forma semejante en la parte media del cuerpo del *R. Lentiginosus*, en la región de la segunda aleta dorsal (Tabla 7) entre las aletas ventrales (tabla, 10) se observan diferencias significativas principalmente con la región caudal, lo cual se atribuye a que el cuerpo es triangular y que sus aletas dorsales se sitúan más cerca de la punta de la cola (detrás de las aletas pélvicas) (Taylor, 2006; Tricas, 1997, Robins, 1996), confirmando con la tabla 11 (región caudal) que de manera general presentan diferencia significativa con todas las regiones antes mencionadas, ya que la característica fundamental para el nado del pez guitarra es moviendo su aleta caudal, en oscilaciones de lado a lado, utilizando sus aletas pectorales para la dirección (Tricas, 1997).

De acuerdo con la hipótesis que los dentículos dérmicos sirven como protectores de las porciones más delicadas de los elasmobranquios, y según con el análisis antes mencionados, efectivamente las diferencias morfológicas y estadísticas confirman esta hipótesis para ambas especies, mientras que la morfología en cada uno de las especies difieren como lo muestran las fotografías de los dentículos, entonces los elasmobranquios con hábitos y hábitat diferente presentan diferencias en la morfología de sus escamas. Tal es el caso de *Sphyrna lewini* que la especialización de su cuerpo robusto, musculoso, principalmente fusiforme y la característica forma de las cabeza (aplanada y expandida lateralmente en dos lóbulos cefálicos) proporcionan una fuerza de equilibrio durante la natación ya que habita en la columna de agua siendo así pelágico y por ende, necesita fuerza y rapidez para nadar lo cual lo confirma la posición de Compagno (2005) quien afirmó que las estructuras especializadas (crestas y cúspides), permiten guiar el flujo del agua y agilizar el nado, ya que al nadar crean rítmicas oscilaciones horizontales, las cuales generan superficies cóncavas que ejercen un empuje sobre las masas de agua circundante, la zona con menos movilidad es donde se encuentran las aletas pectorales, las cuales proporcionan dirección, mientras que la zona caudal del cuerpo oscilan ampliamente para impulsar al organismo

(Mojeta, 2006) y gracias a la disposición de las fibras de Sarphey (Fig. 21) que forman ángulos oblicuos, provocando que la piel se estire cuando se tensa oblicuamente en dirección a los paquetes musculares, es por ello que su piel se acomoda a los movimientos del cuerpo, sin arrugarse y permite que el agua fluya sin crear turbulencias (Kardong, 199), aunado a que la piel esta cubierta por mucus viscoso, que reduce la resistencia y tensión superficial (Tricas, 1998). Así que esta serie de elementos que permiten su agilidad en el nado, también ayudan a la fácil obtención de sus presas que conforman la dieta básica organismos pelágicos como son las sardinas, arenques, pequeños tiburones, dorados o bien cefalópodos, crustáceos, calamares etc. (Bush, 2003; Ferrari, 2001; Hennemann, 2001; Bowman, 2000; Tricas, 1998).

Mientras que par *Rhinobatus lentiginosus*, que posee un cuerpo triangular, con cabeza puntiaguda, las aletas pectorales unidas a la cabeza, las aletas dorsales situadas cerca de la cola y la aleta caudal con el lóbulo inferior mucho menor que e superior (Taylor, 2006; Tricas, 1997; Robins, 1986) habitante de zonas bentónicas. La forma de la estructura de los dentículos de esta especie, les proporciona gran resistencia en la piel para arrastrarse en la arena (Allen, 2003) formando los márgenes cóncavos redondeados, ayudados por las fibras de Sarphey que cumplen con la misma función que en *S. Lewini*, acomodándose a los movimientos laterales del cuerpo, estirando la piel sin arrugarse, debido a ello el agua fluye suavemente por la superficie del cuerpo sin turbulencias (Kardong, 1999) de forma semejante la piel cubierta por mucus viscoso, reduce la resistencia y tensión superficial (Tricas, 1998; Ziswiler, 1978). Así que su hábitat y sus hábitos alimenticios que constan de prensar a su presa con el rostrum en la arena y absorber la parte nutritiva de sus presas, constituidas principalmente por organismos bentónicos como los moluscos los crustáceos (Tricas, 1997; Robins, 1986) pueden influir en la morfología de los dentículos dérmicos de esta especie.

En este trabajo se hace notar que existe una característica, que no es reportada con anterioridad por ninguno de los autores antes citados, la cual es la estructura en forma de mosaico que se observa solo en los dentículos de los Shyrnidos (Fig.

30) la cual podría ser un carácter de diagnosis para esta especie, sin embargo, sería importante realizar trabajos específicos para esta característica como, por ejemplo, la disposición y forma en mosaico y la función que pueden desempeñar. Además de verificar si existe en otras especies del mismo o de diferente orden que los porten.

8.- CONCLUSIONES

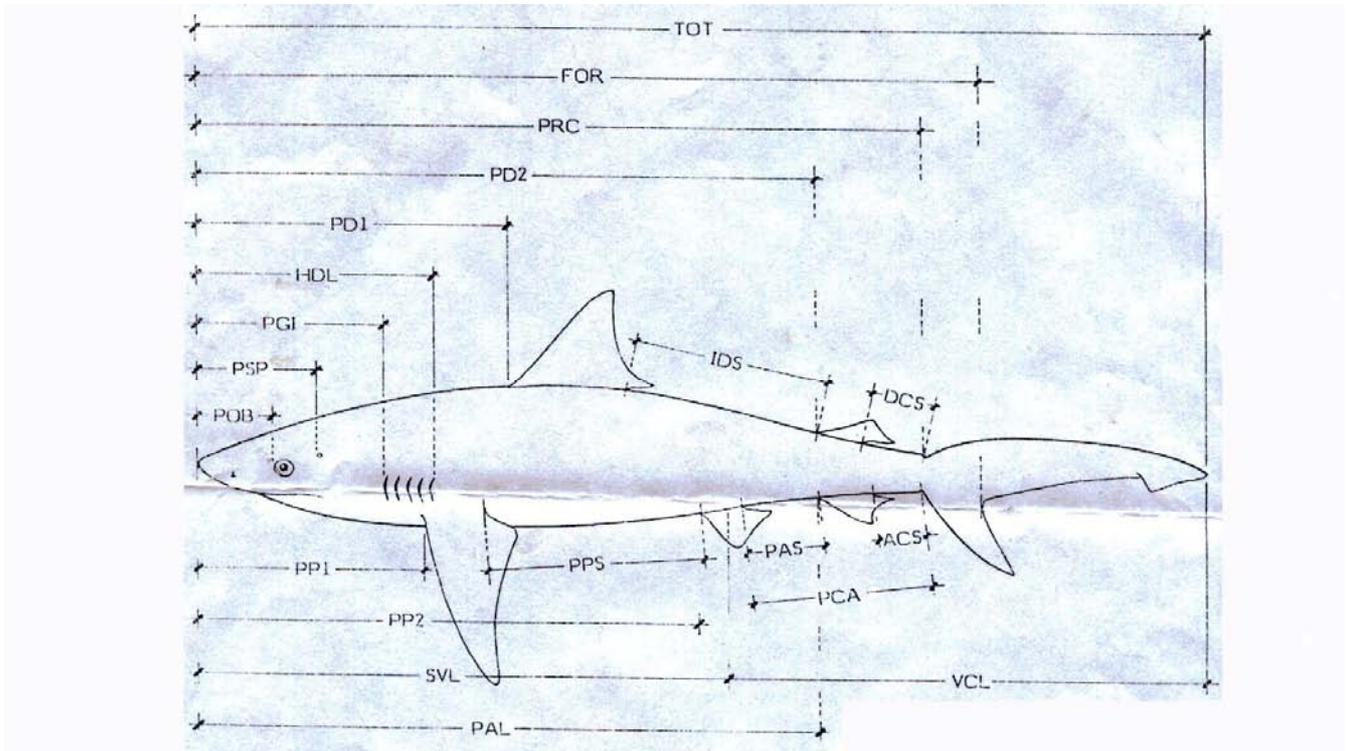
- Se encontraron diferencias morfológicas en los dentículos de *S. lewini*, el medio en el que habitan es la columna de agua, que puede influir en la forma de los dentículos, de tres a cinco cúspides y crestas, en la parte anterior con tres cúspides y la posterior con cinco, para eficientizar el nado, reduciendo la turbulencia y guiando el flujo del agua. En el caso de *R. lentiginosus*, la forma de los dentículos sin crestas ni cúspides les da una característica de forma plana, con márgenes redondeados, los cuales cumplen la función de protección en el medio bentónico, que es donde habita, teniendo esta forma uniforme en todo el cuerpo.
- La forma, acomodo y disposición de los dentículos dérmicos en las diferentes partes del cuerpo de los tiburones pueden tener importancia para la diagnosis de las especies. En el caso de *S. lewini* se encontraron estructuras en forma de mosaico en los dentículos, las cuales pueden ser parte fundamental de las características de dicha especie.
- Se recomienda realizar estudios específicos en los dentículos que se encuentran cerca o protegiendo a los órganos sensoriales, o estructuras que cumplen funciones específicas vitales para la sobrevivencia de dichos organismos, además de hacer comparaciones con especies del mismo género y ampliar el número de especies diferentes a comparar, lo cual podría formar parte fundamental en la diagnosis de los tiburones.

9.- ANEXOS

9.1 Anexo 1.

Medidas morfométricas.

Las medidas morfométricas de los tiburones fueron tomadas según Compagno en 2005 tomando como referencia el esquema general (ver esquema 1) obteniendo las siguientes tablas:



Esquema 1. Medidas generales de los tiburones propuesta por Compagno en 2005.

Donde:

TOT: longitud total

FOR: longitud a la bifurcación

PRC: longitud precaudal

PD2: longitud pre-2da aleta dorsal

PD1: longitud pre-1ra aleta dorsal

HDL: longitud de la cabeza

PGI: longitud prebranquial

POB: longitud ocular

IDS: longitud inter aletas dorsales

DCS: longitud de la 2da dorsal-caudal

PP1: longitud prepectoral

PP2: longitud prepelvic

PPS: longitud pectoral-pelvic

PAS: longitud pelvico-anal

ACS: longitud anal-caudal

SVL: longitud del hocico a la pélvica

VCL: longitud de la pélvica a la anal

PAL: longitud preanal

Medidas	Organismos		
	1	2	3
TOT	85.5	71.1	80.2
FOR	65.4	55.2	62.4
PRC	59	50	56.1
PD2	50.5	43.1	47.9
PD1	24	20.3	23
HDL	19.9	16.4	17.8
PGI	14.5	12.2	13.5
POB	3.2	3.3	3.7
IDS	19	16.2	17.5
DCS	6.0	4.6	5.3
PP1	19	15.2	17.8
PP2	37	30.3	35
PPS	16.2	14.7	15.5
PAS	6.8	5.8	5.5
ACS	5.6	4.3	4.5
SVL	39.5	32	37.2
VCL	44.2	37.6	41
PAL	47.9	42.1	44.2

Tabla 10. Medidas morfométricas correspondientes de los tres organismos de *Sphyrna lewini*.

Medidas	Organismos		
	1	2	3
TOT	70	69	70
FOR	65	63.8	66
PRC	60	57	61
PD2	53.6	50	53.1
PD1	42.3	38	42
HDL	18.3	16.5	18.1
PGI	15	13.2	15.3
POB	9.9	9.5	9.8
IDS	8.3	7.9	8.3
DCS	4.3	4.0	4.4
PP1	8.3	8.5	8.5
PP2	26.4	25	26.5
SVL	29.0	28.5	29.8
VCL	41.0	40.5	40.2

Tabal 11. Medidas morfométricas correspondientes de los tres organismos de *Rhinobatidae lentiginosus*.

10.- BIBLIOGRAFIA

Allen B. Thomas 2003. **The Shark Almanac**. The Lyons Press. United States. P 13-15, 114, 115 y 160.

Álvarez del Villar J. 1976. Los Cordados. 3° Ed. Editorial. CECOSA. México.

Bester Cathleen, 2006. **Ichthyology at the Florida Museum of Natural History**. Word Wide Web publication, www.Slmnh.usl.edu/fish/Galleri/Descript/Schaemmer/ScallopedHammergeadhead.html.

Bowman R. E., Stillell C. E., Michaels and Grosslein M. D. 2000. **Food of nothwest Atlantic fishes and two common species of squid**. NOAA Tech. Memo. NMFS-NE. 155-158 P. Word Wide Web publication, www.fishbase.org, version (12/2006).

Bush A. 2003. Diet and diel feeding periodicity of juvfenile sacloped hammerhesad sharks, *Sphyrna lewini*, in Kane Ohe Bay, Hawai. Environ. Biol. Fish. 67:1-11. Word Wide Web publication, www.fishbase.org, version (12/2006).

Bustamante O., Francisco J. 1984. **Sistema tegumentario**. Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM.

Compagno L., Dando M. Fowler S. 2005. **Sharks of the World**. Princenton field guides. United States. Pp 368.

Compagno L. J. v. 1984. **Sharks of the world FAO species catalogue**. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2006).

Espinosa P. H., J. L. Castro-Aguirre y C. L. Huidobro. 2004. **IX Catálogo sistemático de tiburones (Elasmobranchii: Selachimorpha)**. Instituto de Biologia UNAM. 134pp.

Ferrari A. A., Ferrari M. y Oldani R. 2001. **Todo escualos**. Grijalbo. 188,189, 191 pp.

Hennemann M. R. 2001. Guía de Tiburones y Rayas del mundo. Grupo editorial M&G Difusión.

Hildebrand Milton. 1995. **Analysis of vertebrate structure**. 4ta edition. Edit. Wiley. United Sates pp. 119-146, 149-177, 429-448.

- Hubbard, Richard L., 2006. **FishBase.** World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org/Collaborators/CollaboratorSummary.cfm?ID=1674.
- Johns et. al. 1997. Revista paleo
- Kardong Ph. D., Kenneth V. 1999. **Vertebrados: anatomía comparada, función, evolución.** 2^{da} edición. McGraw-Hill Interamericana. España.
- Kent C. George. Carr k. Robert. 2001. **Comparative anatomy of the vertebrates.** 9na edición. McGraw-Hill Interamericana. United States. 524p.
- Lagler K. F. J. E. Bardach, R. R. Miller, D. R. May Passino. 1977. **Ictiología.** AGT Editor. 342-371pp.
- Mojeta A. 2005. **Underwater world Sharks.** White Star. China. 167.
- Randall, J.E., 1997. **Randall's underwater photos.** FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org/Photos/PicturesSummary.cfm?ID=912&what=species.
- Robins C. R., Ray C. G. 1986. **A fiel guide of atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company.** Boston. E. U. 354 P. Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2006).
- Romer Sherwood A., Pearson S. Thomas. 1981. **Anatomía comparada.** 5ta edición. Edit. Interamericana., México, DF., pp.115-138.
- Steel Rodney. 2002. **Sharks of the Word.** Facts On File. China. 50,51, 69 Pp.
- Taylor Sullivan. Editors 2006. **Ichthyology at the Florida Museum of Natural History.** World Wide Web electronic publication. www.Slmnh.usl.edu/fish/Galleri/Descript/Schaemmer/ScallopedHammergeadhead.html.
- Tricas T. C., Deacon K., Last P., McCosker J. E., Walker T. I. y Taylor L. 1998. **Tiburones y rayas.** Ediciones Omega. 188 pp.
- Torrey. W. T., Feducia A. 1979. **Morphogenesis of the vertebrates.** Edit. John Wiley and sons. United States. p.p. 227-286.
- Tortora J. G., Grabowski R. S. 2002. **Principios de Anatomía y Fisiología.** Novena edición. Oxford. México. P 1175.

Tsutomu M. et. al. 1999. Development of dermal denticles in skates (Chondrichthyes, Batoidea): patternig and cellular differentiation. 241: 61-81.

Wheichert K., Charles. Presch V. 1981. **Elementos de anatomía de los cordados**. 2da edición. McGraw-Hill. Mèxico D.F. pp. 107-176.

Ziswiler V. 1978. **Vertebrados**. Omega. Barcelona. P