



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Análisis morfológico y dimorfismo sexual de dos especies
de rayas pertenecientes a la subfamilia Dasyatinae
(Myliobatiformes: Dasyatidae): *Hypanus americanus*
(Hildebrand y Schroeder, 1928) e *Hypanus sabinus*
(Lesueur, 1824)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ARIANA JOSELINE SOLIS GÓMEZ



DIRECTOR DE TESIS:
DR. LUIS FERNANDO DEL MORAL FLORES

TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO. 2018.



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.



DEDICATORIA

A mis padres: Por dejarme sentir esa clase de amor que llena y cura el alma, por darme todo, incluso cuando no tenían nada, esto es por y para ustedes. Papá, gracias por confiar en mí, por cuidarme tanto, por hacerme reír siempre que podías y presumirme al mundo entero. Mamá, gracias por tu fortaleza y cariño, por los regaños y consejos, porque siempre seguí siendo tu nena, sin importar cuanto hubiera crecido.

A mi hermano Enri: Eres el mejor compañero de vida, me has hecho fuerte en los momentos más difíciles, por ti trato de ser mejor cada día para ser un buen ejemplo, seremos tú y yo contra el mundo, como siempre ha sido.

"Visto a la luz de la evolución, la biología es, quizás, la ciencia más satisfactoria e inspiradora. Sin esa luz, se convierte en un montón de hechos varios, algunos de ellos interesantes o curiosos, pero sin formar ninguna visión conjunta."

-Theodosius Dobzhansky



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme brindado los mejores años de mi vida y, a través de la FES-Iztacala, la oportunidad de ver materializado mi más grande sueño.

A mi director de tesis, el Dr. Luis Fernando del Moral, por aceptarme en su equipo de trabajo e introducirme al mundo de los peces, por las enseñanzas, tanto académicas como personales, por las experiencias y las risas compartidas a lo largo de este tiempo.

A mis sinodales: Dra. Patricia Ramírez, Mtra. Gaby Fábila, Dr. Omar Domínguez, por su tiempo y valiosos comentarios y recomendaciones para mi trabajo. En especial al profesor José Antonio Martínez, con mucho cariño, admiración y respeto. Para mí es invaluable cada uno de sus consejos, bromas y críticas. Gracias por todo.

Al profe Tello, por motivarme a salir de mi zona de confort, por sus consejos, bromas y platicas llenas de sabiduría. Al profesor Rafael Medrano por su ayuda con las fotografías de microscopía electrónica de barrido. Al equipo de trabajo del laboratorio de biología acuática de la UMSNH por su tiempo, paciencia y enseñanzas. Principalmente a Juan Carlos, por abrir las puertas de su casa para dos extrañas y hacer divertido todo.

A mis abuelos, por todo su cariño y cuidados. A mis tíos y primos, en especial a Martita, por ser mi segunda mamá. A mi otro yo, Melanie... Eres tan pequeña y sin embargo he aprendido más de ti que lo que yo podría enseñarte.

A Carlos: gracias por alentarme a ser valiente y a tomar riesgos, por defenderme, cuidarme y enseñarme que no tengo que soportar todo sola. Por la lista interminable de cosas que pasamos juntos a lo largo de estos años, por tu ayuda en este trabajo y en todo. Por estar ahí, incluso cuando te querías ir. Sabes bien lo que significas para mí.

A mi bf Tania, nadie me habría podido aguantar tantos años y en tantas situaciones como lo hiciste tú. Me conoces en mis mejores y peores momentos, en los más importantes. Más que mi amiga eres mi hermana, y ese es un lazo irrompible, sabes cuánto te quiero.

A mis amigos: Vane, Jaramillo, Adri, Plank, Lari, Majo, Alan, Zazee, Mel, Aylin y los que faltan. Gracias por los momentos de risas, locuras y cariño que me han dado, los quiero. También a mis compañeros del lab: Sam, Tao, Karen, Uriel, Lalito, Itzel. Sin ustedes el camino no habría sido tan divertido.

Duuude, cuando creí que ya no había nada más por descubrir llegaste tú, a enseñarme de la paciencia y mil cosas más. Gracias por tu honestidad, las risas y esta conexión tan increíble. Somos la prueba de que lo incondicional existe. Te quiero, Armando.



ÍNDICE

I.	RESUMEN	5
II.	INTRODUCCIÓN	6
III.	ANTECEDENTES	12
	• Posición taxonómica	15
IV.	OBJETIVOS	16
V.	MATERIALES Y MÉTODO	17
VI.	RESULTADOS	24
	• <i>Hypanus americanus</i>	31
	• <i>Hypanus sabinus</i>	43
VII.	DISCUSIÓN	54
VIII.	CONCLUSIONES	58
IX.	LITERATURA CITADA	59



I. RESUMEN

La familia Dasyatidae es la tercera más diversa y abundante de los batoideos que habitan en México. Es un grupo que ha sido poco estudiado y su taxonomía se encuentra envuelta en diversas problemáticas que han llevado a inconsistencias en la identificación de sus integrantes. Es por ello que en el presente trabajo se realizó una revisión de la morfología de dos especies representativas de este grupo: *Hypanus americanus* e *Hypanus sabinus*, con la finalidad de determinar los caracteres más importantes para una determinación óptima, así como identificar si existe dimorfismo sexual. Para ello se realizó un análisis basado en 30 variables morfométricas, siete merísticas y la comparación de la anatomía del esqueleto por medio de la diafanización y descarnación. De igual forma se comparó el tipo de dentición y dentículos dérmicos por medio de microscopía electrónica de barrido. Se revisaron un total de 39 ejemplares obtenidos en las costas del estado de Veracruz, 30 pertenecientes a la especie *H. americanus* y nueve a *H. sabinus*. Se determinó que *H. sabinus* es una especie de tamaño menor, con el morro muy pronunciado, presenta una tonalidad café clara, bordes de las aletas pectorales redondeados, aletas pélvicas amplias, la base de la cola muy ancha y una banda de dentículos a manera de espinas muy desarrollados en la parte central del disco. *H. americanus* es una especie de mayor tamaño, con una tonalidad más oscura y un disco más angular. En la superficie ventral de la cola tiene un pliegue dérmico distintivo, tan ancho como el diámetro de la cola. Con respecto a la anatomía del esqueleto sólo se observó una pequeña variación en la cintura pélvica, que fue más amplia y recta en *H. sabinus*. Al comparar entre sexos se encontró que las hembras de ambas especies presentan un mayor número de radios pélvicos y un menor número de hileras en la banda denticular. Existe además un dimorfismo sexual dental estacional en *H. sabinus*, mientras que los machos maduros, en época reproductiva, tienen dientes cuspidados las hembras los tienen aplanados durante todo su desarrollo. Esto no pudo ser observado en *H. americanus* ya que no se contó con machos maduros para el análisis.



II. INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos representativos de la biodiversidad acuática corresponde a la clase Chondrichthyes, o peces con esqueleto cartilaginoso, que comprende a los tiburones, rayas y quimeras. Los organismos dentro de este grupo, aún poco estudiado, presentan aspectos biológicos y ecológicos particulares, como lo son: una longevidad alta, madurez sexual tardía y baja fecundidad (Lamilla y Bustamante, 2005).

Los condriictios se diferencian de los peces teleósteos por presentar: un esqueleto compuesto únicamente de cartílago y algunas calcificaciones prismáticas parciales (tesserae); escamas placoideas (dentículos dérmicos); de 5 a 7 pares de aberturas branquiales; ausencia de vejiga natatoria; radios de las aletas no segmentados (ceratotrichia) y cráneo carente de suturas. Se encuentran conformados por dos grandes grupos: Holocephali y Elasmobranchii, éstos tienen gran importancia económica, ecológica, y evolutiva. Pese a ello, el conocimiento que se ha generado con respecto a estos organismos es poco, en relación con otros grupos de vertebrados; además, aún hay problemas en cuanto a su manejo y conservación, lo que ha llevado a que algunas especies se encuentren bajo algún tipo de protección (Aschliman *et al.*, 2012; Del Moral-Flores y Pérez-Ponce De León, 2013; Nelson *et al.*, 2016).

Para el caso de México, se tienen registradas un total de 214 especies pertenecientes a este grupo, lo que lo coloca como uno de los primeros países en cuanto a diversidad de condriictios (Del Moral-Flores *et al.*, 2015).



- DIVISIÓN BATOMORPHI

Dentro del grupo Elasmobranchii se ubica la división Batomorphi, conocidos como batoideos. Son el grupo más diverso de los elasmobranquios, con alrededor de 636 especies (56% de todas las especies) agrupadas en 17 familias, las cuales presentan formas corporales modificadas y especializadas (Nelson *et al.*, 2016). Cuentan con una distribución en todos los océanos, desde el Ártico hasta la Antártida. Habitan en toda la columna del agua marina, otras han incursionado en estuarios e incluso invadido sistemas dulceacuícolas (Compagno, 2001; McEachran y Carvalho, 2002; McEachran y Aschliman, 2004). Es un grupo diverso, a nivel mundial se han registrado 95 especies para México agrupadas en 5 órdenes, 14 familias y 33 géneros (Del Moral-Flores *et al.*, 2016). Al igual que a los demás integrantes del grupo, se les ha dado poca atención a sus interrelaciones, lo que ha traído consigo deficiencias en el conocimiento de muchos aspectos, incluida su morfología (Compagno, 2005).

De manera general, los batoideos son organismos con el cuerpo aplanado dorsoventralmente, que se diferencian de otros elasmobranquios por presentar: hendiduras branquiales en la región ventral (hipotremados); córneas unidas directamente a la piel; ausencia de membrana nictitante; carencia de aleta anal, aletas pectorales fusionadas al cráneo y cuerpo, cuya modificación sirve para poder utilizarlas como su principal fuente de locomoción; vértebras anteriores fusionadas formando la sinarcualia; la supraescápula de las aletas pectorales unida de manera dorsal a la columna vertebral y articulada con la columna o con la sinarcualia, o bien, fusionada a la sinarcualia. En las mandíbulas, el palatocadrado no se encuentra articulado al cráneo directamente y la boca es protractil (Heine, 1992; Schaeffer y Summers, 2005; Nelson *et al.*, 2016). Además, la sínfisis mandibular se encuentra completamente fusionada, así como la sínfisis del palatocadrado. Al ser un grupo con gran variedad de estrategias alimenticias, han tenido grandes modificaciones en la forma y función de la dentición (Motta y Wilga, 2001).



Como una generalidad, los batoideos son organismos homodontos, aunque existen algunos con heterodoncia (Liem *et al.*, 2001). Los dientes se encuentran unidos a los cartílagos palatoc cuadrado y de Meckel a través de tejido conectivo fibroso, por lo que se reemplazan de manera regular a lo largo de su vida. Su arreglo es en filas, se forman desde la región lingual y se van moviendo a la región labial donde los dientes más viejos van siendo desechados (Motta y Wilga, 2001; Dean y Motta, 2004; Motta y Huber, 2012).

Se ha reportado también diferencia en cuanto a la dentición de los machos, principalmente maduros (dientes afilados 'sujetadores'), con respecto a las hembras y machos inmaduros (dientes aplanados 'trituradores'. Rangel *et al.*, 2015, 2016). Estas modificaciones en los machos maduros tienden a relacionarse con el proceso reproductivo ya que los dientes de tipo sujetador les confieren una ventaja durante el cortejo, donde tienden a sujetar a las hembras por las aletas pectorales, previo a la copulación (Kajiura y Tricas, 1996; Carrier *et al.*, 1994).

Las modificaciones dentarias no han mostrado alterar la dieta entre machos y hembras o entre las distintas etapas del desarrollo ontogenético (McEachran, 1975). Por lo que se deduce que, distinto a lo indicado por algunos autores y respaldado por las características mandibulares de los batoideos (falta de articulación de la mandíbula al cráneo, protractibilidad), sus estrategias alimentarias se asocian más a la succión (Navaia *et al.*, 2011).

A causa de esta modificación dentaria, estudiada sólo en algunas especies de batoideos, algunos autores apuntan que existe un dimorfismo sexual dental que aumenta la probabilidad de una reproducción exitosa para los machos. Sin embargo, los estudios aún no son suficientes para probar esta hipótesis, es necesario profundizar en los estudios dentales y su análisis, ya que la mayoría suelen incluir únicamente análisis breves e incompletos de la morfología, número,



disposición y presencia o ausencia de dientes, así como realizarlos en un mayor número especies (Kajiura y Tricas, 1996; Sáez y Lamilla, 2012).

- ORDEN MYLIOBATIFORMES

Dentro de los batoideos encontramos al orden Myliobatiformes, que se distribuye en aguas tanto tropicales como templadas. Sus integrantes presentan diversidad de adaptaciones a hábitats marinos superficiales, bentónicos, zonas pelágicas e incluso en ambientes estuarinos y dulceacuícolas (Nishida, 1990; Nelson, 1994). Este orden se reconoce como un grupo monofilético (McEachran y Aschliman, 2004). Algunos de los caracteres que sirven para sustentar su monofilia son: lóbulos nasales anteriores expandidos hacia las cortinas nasales que a su vez se extienden hacia la boca o cerca de ella; una o varias espinas en la cola; el proceso postorbital se extiende casi hasta la región orbital; una articulación esférica entre el proceso escapular de la cintura escapular y sección anterior de la columna vertebral fusionada formando la primer sinarcualia; presencia de una segunda sinarcualia con varias vértebras intersinarcuales detrás de la primer sinarcualia; así como ausencia de costillas.

A pesar de estos estudios enfocados a su morfología, aún es incierta la relación filogenética entre sus linajes (Nishida, 1990; Lovejoy, 1996; McEachran *et al.*, 1996). Su dentición tiene una organización en fila que da la apariencia de placas parecidas al pavimento, que se reemplazan de manera regular, al igual que en el resto de los condriactos (Dean y Motta 2004; Motta y Huber, 2012).

- FAMILIA DASYATIDAE

Los Myliobatiformes son el tercer orden más diverso, en México hay 35 especies, e incluida en este grupo encontramos a la familia Dasyatidae (Rafinesque, 1810). Es una de las familias más diversas y abundantes dentro del grupo de los batoideos y



ocupa también el tercer lugar en nuestro país, con 9 especies (Lim *et al.*, 2015; Del Moral Flores *et al.*, 2016).

La taxonomía a nivel superior de la familia Dasyatidae nunca ha sido revisada exhaustivamente, por lo que se han identificado varias inconsistencias en cuanto a su clasificación. Sin embargo, con base en estudios filogenéticos realizados recientemente, de 89 especies válidas, se ha dividido en cuatro subfamilias. Entre ellas se encuentra Dasyatinae, un grupo con una morfología variable sin estados de carácter únicos, cuya división se dio basándose mayormente en datos moleculares. Es una subfamilia representada por 8 géneros, uno de ellos es *Hypanus*. En ellos pueden registrarse combinaciones de caracteres: disco circular aplanado, en forma de cono o romboidal; hocico que puede ser corto o largo; cola de forma variablemente deprimida, larga y en forma de látigo; de 1 a 7 papilas orales o sin ellas; banda denticular ausente o débil si está presente y con la espina muy por delante en la cola, además de un pliegue ventral de tamaño variable en la misma (Last *et al.*, 2016). En el caso particular de las mandíbulas, sus extremos no se encuentran unidos, esto les permite una gran capacidad de movimiento. Los dientes se reportan como pequeños y puntiagudos, sin embargo, esto no se observa en todos los organismos (Summers, 2000).

En el Golfo de México se han reportado cinco especies de la subfamilia Dasyatinae, dentro de las que se encuentran *Hypanus americanus* (Hildebrand y Schroeder, 1928) e *Hypanus sabinus* (Lesueur, 1824). La especie *H. americanus* es comúnmente conocida como raya látigo americana o raya látigo blanco, es uno de los organismos más frecuentemente capturados por las pesquerías artesanales (Rodríguez-Santiago *et al.*, 2014). Se distribuye desde New Jersey hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México, tiene un intervalo batimétrico alto y llega a penetrar a los sistemas estuarinos de manera temporal. Se considera marina estenohalina y visitante ocasional de áreas mixohalinas, dominante en las zonas limo-arenosas de la plataforma interna del Golfo (Castro-Aguirre y Espinosa- Pérez, 1996).



Hypanus sabinus, conocida como raya látigo del atlántico, es una especie que igualmente se incluye como recurso pesquero explotado en el Golfo de México (INAPESCA, 2012). Es una especie de aguas tropicales, presenta el morro muy pronunciado, bordes del disco redondeados y una coloración café amarillenta en la superficie dorsal, mientras que en la superficie ventral la coloración es blanca. Su distribución reportada es de la bahía de Chesapeake hasta Brasil, así como el Golfo de México. Se puede caracterizar como una especie marina-eurihalina, penetra también a sistemas estuarinos, pero al contrario que *H. americanus*, habita ahí de manera casi permanente (Castro-Aguirre y Espinosa Pérez, 1996).

Hypanus sabinus es catalogada como una especie 'de preocupación menor' en la lista de especies amenazadas de la IUCN, mientras que *H. americanus* se cataloga como 'con datos deficientes'. Sin embargo, en algunos análisis pesqueros de México ambas se enlistan como especies sobreexplotadas para las costas de Tamaulipas a Tabasco (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011). Existen diversas problemáticas al momento de diferenciar correctamente a estas especies de otras pertenecientes al mismo género, e incluso subfamilia, lo que ha traído consigo información imprecisa con respecto a su distribución real.



III. ANTECEDENTES

Los trabajos con respecto a los batoideos son limitados en cuanto a las temáticas que abordan, y se enfocan principalmente a los aspectos de su biología o a lo referente a su captura pesquera (p.ej., Vlaming y Sage, 1973; Johnson y Snelson, 1996; Henningsen, 2000; Tricas *et al.*, 2000; Ramírez-Mosqueda *et al.*, 2012; Tagliafico *et al.*, 2013).

Se han realizado algunos trabajos morfológicos que engloban distintos órdenes de batoideos. Tal es el caso de González-Isaís (2004), quien realizó un análisis filogenético con base en la anatomía del cráneo y del esqueleto hipobranquial de 12 especies de batoideos, incluidas *Hypanus americanus* e *H. sabinus*, conjuntando a estos dasiátidos con *Urobatis concentricus* y *Urotrygon asterias* en un grupo monofilético, cabe resaltar que dicho grupo no es apoyado por otros estudios. De igual forma realizó un breve análisis comparativo de algunas estructuras entre hembras y machos de ambas especies, sin embargo, no reportó diferencias significativas entre ellas.

Yendo más a lo particular, hay trabajos dirigidos a organismos del orden de los Myliobatiformes, incluyendo también especies de la familia Dasyatidae. Uno de los más importantes fue el realizado por Nishida (1990), quien se enfocó en el suborden Myliobatoidei, estableció sus relaciones filogenéticas basándose en caracteres morfológicos y del esqueleto. Su estudio sirvió de base a estudios posteriores, proponiendo una nueva clasificación para este grupo y estableciendo sus relaciones de parentesco. Dicho trabajo contiene algunas de las descripciones más completas del esqueleto de varias de las especies de dasiátidos y la nomenclatura utilizada es empleada, hasta la fecha, en gran parte de los trabajos de morfología y filogenia.



De manera más específica, para la familia Dasyatidae, destaca lo realizado por Last y colaboradores (2016), quienes generaron una de las investigaciones de mayor importancia con respecto a la sistemática de la familia. Con base en diferentes parámetros, principalmente moleculares, dividieron este orden en cuatro subfamilias: Neotrygoninae, Urogymninae, Hypolophinae y Dasyatinae. Además, retomando algunos géneros que se habían considerado sinonimias de otros. En su artículo se expresa la necesidad de ahondar en las revisiones de las especies de dasiátidos.

Con respecto a la dentición de batoideos, la mayoría de los trabajos han sido orientados hacia aspectos de la morfología. Por ejemplo, Saes y Lamilla (2012), realizaron unas claves taxonómicas basadas en características tanto internas como externas de la morfología de los dientes para el reconocimiento dentario de batoideos en Chile, donde incluyeron dasiátidos, sirviendo de apoyo para la identificación taxonómica de este grupo.

Se han realizado también trabajos acerca de grupos cercanos a Dasyatinae, como con la familia Urotrygonidae. Tal es el caso de Navia y colaboradores (2011), quienes realizaron un análisis de los efectos sexuales, ontogenéticos, temporales y espaciales en la dieta de *Urotrygon rogersi*, donde abordaron elementos importantes como la diferenciación sexual dentaria, su temporalidad sus efectos sobre los organismos. Rangel y colaboradores (2016) analizaron el dimorfismo sexual y la morfología dental de *Urotrygon microphthalmum*, encontrando diferencias en la dentición de los machos en maduración y maduros contra la de machos inmaduros y hembras. Estos resultados suelen relacionarse, a lo que podría suceder con otros grupos de batoideos, al estar conectados de manera directa con el proceso reproductivo.



Summers (2000), realizó un estudio acerca de la durofagia en representantes del orden Myliobatiformes. Una de las especies estudiadas fue *Hypanus sabinus* y destaca la gran capacidad de movimiento mandibular gracias a que los cartílagos no se encuentran fuertemente unidos entre sí. Señala, además, la forma hexagonal y a manera de pavimento de los dientes y la fusión de la sínfisis mandibular como elementos importantes para la durofagia presente en esta especie. Se sugiere que se podría aplicar un criterio similar a sus congéneres.

Sin embargo, ya existen también algunos estudios donde se señalan las diferencias dentales entre sexos de algunas especies. Tal es el caso de Kobelkowsky (2010), quien comparó el sistema digestivo y de la dentición de *Urotrygon chilensis* e *Hypanus sabinus*, encontrando un dimorfismo dental, siendo los de las hembras relativamente planos y los de los machos puntiagudos.

El dimorfismo para el caso de *H. sabinus*, ya había sido estudiado con anterioridad por Kajiura y Tricas (1996), quienes encontraron que dicho cambio en la dentición no permanece estático o permanente, varía de manera temporal y estas variaciones responden a las necesidades reproductivas de los organismos. Posterior al periodo reproductivo, los dientes regresan a su forma trituradora (se presenta en las hembras durante toda su vida), la cual les resulta más funcional para la alimentación.



- POSICIÓN TAXONÓMICA

Las especies de estudio se clasifican taxonómicamente, de acuerdo con Last *et al.* (2016), de la siguiente manera:

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Subdivisión Batoidea

Orden Myliobatiformes

Familia Dasyatidae

Subfamilia Dasyatinae (Rafinesque, 1810)

Género *Hypanus*

Hypanus americanus (Hildebrand y Schroeder, 1928)

Hypanus sabinus (Lesueur, 1824)



IV. OBJETIVOS

La realización de un análisis de la morfología externa y del esqueleto de *H. americanus* e *H. sabinus*, con énfasis en los caracteres distintivos entre machos y hembras, puede contribuir a reconocer las características particulares necesarias para su correcta identificación, ampliar la información acerca de las especies y ser de utilidad en posteriores estudios comparativos, es por ello que para el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- OBJETIVO GENERAL
 - Describir la morfología de la raya látigo americana, *Hypanus americanus* y la raya látigo del atlántico, *Hypanus sabinus*.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS
 - Analizar la morfología externa y las relaciones morfométricas de *H. americanus* e *H. sabinus*.
 - Analizar la forma y distribución de los dentículos dérmicos y dientes de *H. americanus* e *H. sabinus* y hacer una comparación entre sexos.
 - Realizar la descripción del esqueleto de *H. americanus* e *H. sabinus*.
 - Reconocer estructuras que permitan la diferenciación entre ambas especies.



V. MATERIALES Y MÉTODOS

- MATERIAL BIOLÓGICO

Se realizaron recolectas de ejemplares de *H. americanus* e *H. sabinus*, durante el periodo de agosto a diciembre de 2017, acudiendo con los pescadores que se dedican a la captura de estos organismos, dentro de la pesquería ribereña (que consiste, principalmente, en el uso de chinchorro playero y palangre) en las playas de Antón Lizardo y Las Barrancas, en el municipio de Alvarado, Veracruz (Fig. 1).

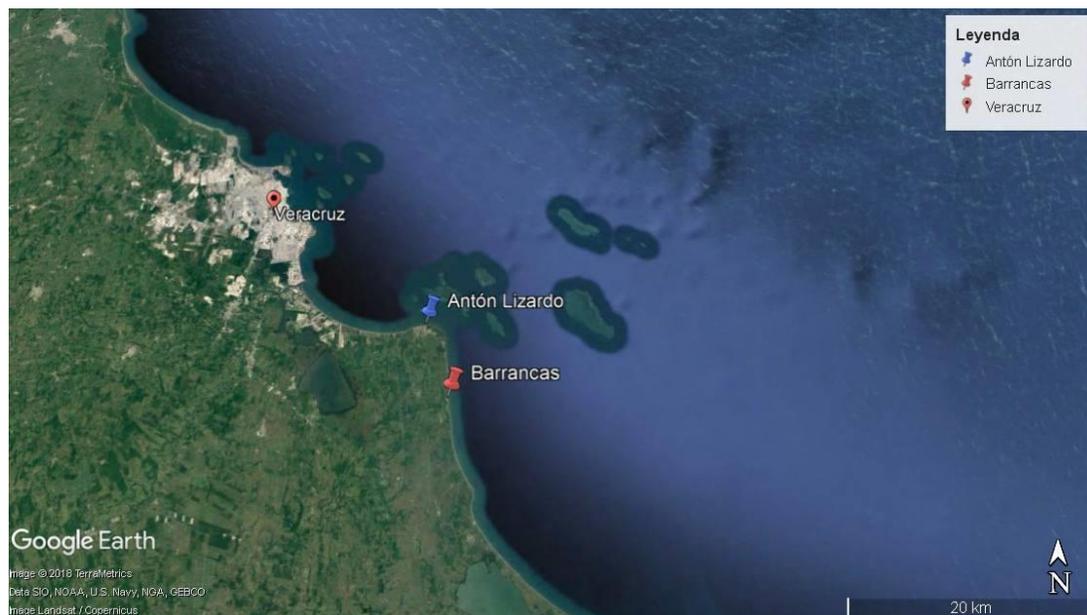


Figura 1. Localización de los sitios de toma de muestra, estado de Veracruz: azul, Antón Lizardo y rojo, Las Barrancas, ambos en el municipio de Alvarado.

Se obtuvieron los datos de los registros correspondientes (coordenadas del sitio de toma de muestra y tipo de recolecta, fecha y fotografía del ejemplar). Posteriormente, se fijaron los ejemplares con formol al 12% y fueron transportados al Laboratorio de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, donde fueron identificados con claves especializadas (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996; McEachran y Fechhelm, 1998).



- ANÁLISIS MORFOLÓGICO

Se obtuvieron las mediciones corporales básicas (Tabla 1, Figs. 2, 3), establecidas en el protocolo de Last y colaboradores (2016), además de los rasgos y caracteres diagnósticos, como: forma del disco y hocico, presencia o ausencia de pliegues en la cola, presencia de dentículos o tubérculos y dentición (por medio de microscopía electrónica de barrido), presencia o ausencia de espinas en la cola y coloración.

Tabla 1. Mediciones corporales básicas, modificadas del protocolo de Last *et al.* (2016).

MEDIDA	ABREVIATURA	MEDIDA	ABREVIATURA
<i>Longitud de disco</i>	LD	<i>Ancho de la boca</i>	AB
<i>Ancho de disco</i>	AD	<i>Longitud preoral</i>	LPOr
<i>Longitud morro-margen del disco</i>	LM-MD	<i>Longitud mandíbula</i>	LM
<i>Longitud precloacal</i>	LPC	<i>Distancia boca-cloaca</i>	DB-CL
<i>Distancia cloaca-cola</i>	DC-C	<i>Distancia boca-cola</i>	DB-C
<i>Longitud caudal</i>	LC	<i>Longitud prenasal</i>	LPN
<i>Diámetro caudal</i>	DC	<i>Distancia internasal</i>	DIN
<i>Ancho del pliegue ventral de la cola</i>	APVC	<i>Distancia entre las primeras branquias</i>	D1-1B
<i>Longitud del pliegue ventral de la cola</i>	LPVC	<i>Distancia entre la primera y quinta branquia</i>	D1-5B
<i>Longitud preorbital</i>	LPO	<i>Ancho de la aleta pélvica</i>	AAP
<i>Longitud orbital</i>	LO	<i>Longitud de la aleta pélvica</i>	LAP
<i>Distancia interorbital</i>	DIO	<i>Amplitud de la aleta pélvica</i>	AMAP
<i>Diámetro horizontal del ojo</i>	DHO	<i>Ancho de la cintura pélvica</i>	ACP
<i>Longitud del espiráculo</i>	LE	<i>Longitud interna del mixopterigio</i>	LIC
<i>Longitud interespiracular</i>	LIE	<i>Longitud externa del mixopterigio</i>	LEC

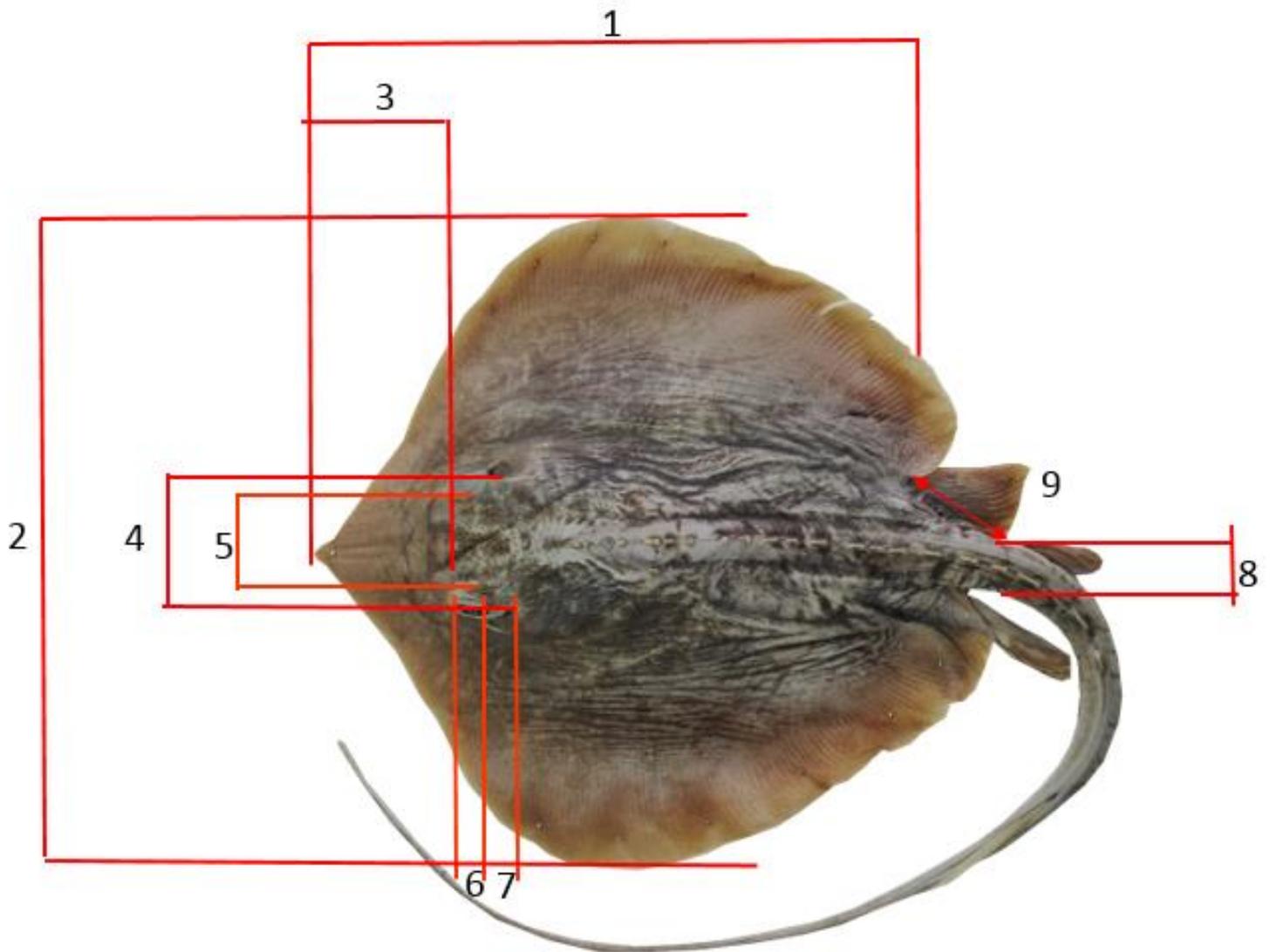


Figura 2. Medidas corporales de la región dorsal obtenidas en los ejemplares analizados:
1. Longitud de disco; 2. Ancho de disco; 3. Distancia preorbital; 4. Distancia interrespiracular;
5. Distancia interorbital; 6. Longitud orbital; 7. Longitud del espiráculo; 8. Diámetro caudal;
9. Amplitud de la aleta pélvica.

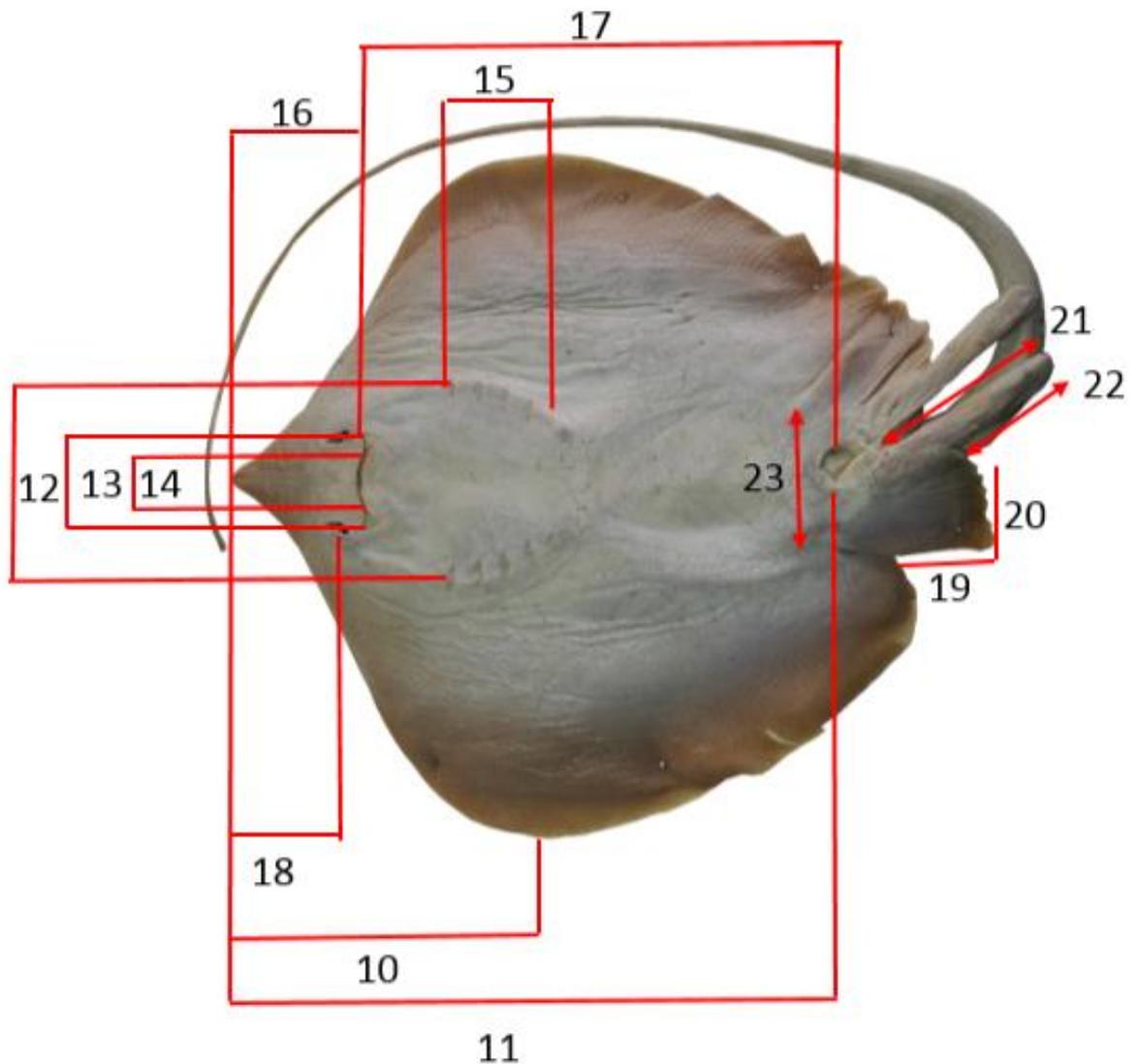
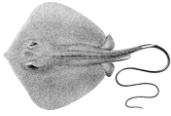


Figura 3. Medidas corporales de la región ventral obtenidas en los ejemplares analizados; **10.** Longitud morro-margen del disco; **11.** Longitud precloacal; **12.** Distancia entre las primeras branquias; **13.** Distancia internarinas; **14.** Ancho de la boca; **15.** Distancia entre la primer y quinta branquia; **16.** Distancia prebucal; **17.** Distancia boca-cloaca; **18.** Distancia prenasal; **19.** Longitud de la aleta pélvica; **20.** Ancho de la aleta pélvica; **21.** Longitud interna del mixopterigio; **22.** Longitud externa del mixopterigio; **23.** Ancho cintura pélvica.



Para el análisis del esqueleto, 2 ejemplares de *H. sabinus* y 6 de *H. americanus* fueron sometidos a un proceso de diafanización con solución ácida de azul de alcian para las estructuras cartilaginosas y con solución alcalina de rojo de alizarina para la mineralización secundaria del condroesqueleto (Fig. 4). De los ejemplares de mayor tamaño, 2 ejemplares de *H. sabinus* y 4 de *H. americanus* fueron descarnados manualmente, con inmersiones en agua con cloro, para la limpieza del esqueleto cartilaginoso y se les contabilizaron los caracteres merísticos expresados en la tabla 2. Posteriormente, se separaron las diferentes piezas que conforman el esqueleto (cráneo, arco mandibular, sinarcualia, cintura escapular y cintura pélvica) y se describieron de manera individual utilizando la nomenclatura propuesta por Cervigón (1980), Nishida (1990), Montes-Domínguez (1996) y De la Cruz-Torres (2017).

Tabla 2. Caracteres merísticos contabilizados en los ejemplares analizados del género *Hypanus*.

Carácter merístico.	Abreviatura
<i>Radios del propterigio</i>	Rp
<i>Radios del mesopterigio</i>	Rm
<i>Radios del metapterigio</i>	Rmt
<i>Radios pélvicos</i>	Rpv
<i>Radios totales</i>	Rt
<i>Hileras de dientes de la banda superior</i>	Dbs
<i>Hileras de dientes de la banda inferior</i>	Dbi

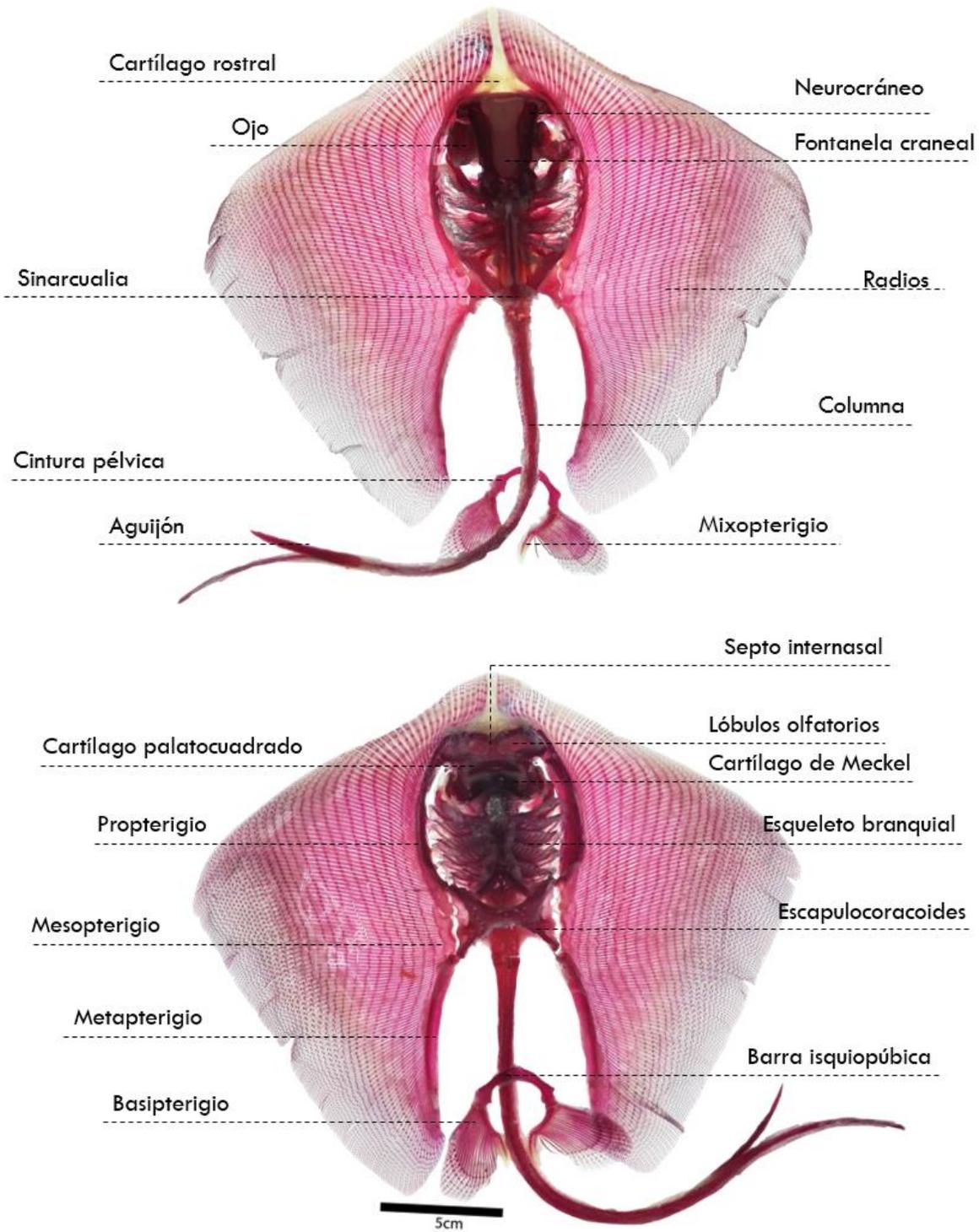


Figura 4. Ejemplar macho de *H. americanus* sometido a técnica de diafanización.



Para la descripción de la dentición de los organismos se extrajeron las mandíbulas de machos y hembras de cada especie (juveniles y adultos). Las mandíbulas se sometieron a microscopía electrónica de barrido, así como a una revisión utilizando microscopio estereoscópico; se utilizó esta misma técnica para la descripción de los dentículos dérmicos, para lo cual se tomaron muestras de piel de distintas regiones (región cefálica, aletas pectorales, región central del disco, así como la región caudal).

Una vez obtenida toda la información, se elaboró una base de datos donde se registraron las mediciones obtenidas, los promedios, desviaciones estándar y porcentajes, relación longitud de disco (de las medidas utilizadas en claves de identificación).



VI. RESULTADOS

• ANÁLISIS MORFOLOGICO

Se examinaron un total de 39 ejemplares obtenidos en las diferentes recolectas. De ellos, 32 ejemplares pertenecen a la especie *H. americanus* (17H:15M) con un intervalo de tallas de 23.6-56 cm AD (\bar{x} 30 cm), y 7 ejemplares a la especie *H. sabinus* (5H:2M) con un intervalo de tallas de 21.2-39 cm AD (\bar{x} 29 cm).

Con base en estos resultados se determinó que las diferencias más notables entre especies, considerando como referencia el ancho del disco, fueron las siguientes (Tabla 3):

- Mayor longitud precloacal en *H. sabinus* (14.1 %)
- Mayor diámetro caudal en *H. sabinus* (3.1%)
- Mayor ancho y longitud del pliegue ventral de la cola en *H. americanus*, (0.83% y 47.3 %)
- Longitud preorbital e interorbital mayores en *H. sabinus* (4.5% y 3%)
- Mayor longitud preoral en *H. sabinus* (5.1%)
- Distancia boca-cloaca y boca-cola mayor en *H. sabinus* (6% y 11%)
- Mayor longitud prenasal en *H. sabinus* (3%)
- Ancho y la longitud de las aletas pélvicas mayores en *H. americanus* (4.3% y 3.3 %)
- Mayor ancho de la cintura pélvica y tamaño de los mixopterigios (6.7% y 12%) en *H. sabinus*.



Tabla 3. Mediciones obtenidas de los ejemplares de *H. americanus* e *H. sabinus* colectados, expresados en mm. Intervalo (mínimo y máximo), \bar{x} (promedio) y %AD (porcentaje de la medida con relación al ancho de disco).

	<i>Hypanus americanus</i> (n=32)			<i>Hypanus sabinus</i> (n=7)		
	Intervalo	\bar{x}	%AD	Intervalo	\bar{x}	%AD
Long. Disco	197-495	256.8±51.3	84.4%	200-363	272.8±60.1	94%
Ancho Disco	236-560	304.3±58.3	100%	212-390	290.1±67.7	100%
Long. Morro-Margen Disco	144-370	191.3±38.3	62.8%	125-245	181.7±47.6	62.6%
Long. Preloacal	60.31-457	223.2±59.9	73.3%	185-345	253.7±60.5	87.4%
Dist. Cloaca-Cloca	260-940	529.8±135.7	174.1%	262-575	456.4±97.5	157.3%
Long. Caudal	240-880	518.5±131.8	170.4%	240-610	447.7±114.1	154.3%
Diámetro Caudal	10-31.6	16.7±4	5.5%	13-54	25.1±12.7	8.6%
Ancho Pliegue Ventral Aleta	2.5-7.9	4.6±1.4	1.5%	1-4	1.9±1.2	.67%
Long. Pliegue Ventral Aleta	50-400	171.2±54.3	56.2%	8-73	25.8±23.4	8.9%
Long. Preorbital	42-124	54.9±14.6	18%	47-83.9	65.3±11.9	22.5%
Long. Orbital	16.6-30.4	22.4±3.2	7.3%	15-24.4	18.9±3.2	6.5%
Dist. Interorbital	11.7-55	27.4±8.4	9%	23.1-46.2	34.9±7.7	12%
Diámetro Horizontal Ojo	10-18.3	12.5±1.6	4.1%	8-14.43	10.7±2	3.7%
Long. Espiráculo	10-25.9	17.5±3.2	5.7%	11-25.78	17.2±5.1	5.9%
Long. Interespiracular	38-89	47.8±8.7	15.7%	15-70.86	48.4±16.9	16.6%
Ancho Boca	20-44.6	25.8±4.6	8.4%	15.4-28.3	24.5±6.1	8.4%
Long. Preoral	43-120	58±12.8	19%	55-93	69.9±14.3	24.1%
Dist. Boca-Cloaca	130-580	191±81.7	62.7%	135-280	199.4±59.4	68.7%



Dist. Boca-Cola	150-420	211±55.4	69.3%	156-325	233±68.2	80.3%
Long. Prenasal	27.5-80	44.1±10.6	14.5%	40-65.4	50.8±10.1	17.5%
Dist. Internasal	23.2-54	30.5±5.5	10%	20-38	28.5±6	9.8%
Dist. 1-1 Branquia	43.7-125	58.7±14.4	19.3%	36-90	60.5±19.9	20.8%
Dist. 1-5 Branquia	26.2-80	38.2±8.8	12.5%	30-60	42.4±10.1	14.6%
Ancho aleta pélvica	21.3-90	35.3±11.5	11.6%	27-70.1	46.2±16.8	15.93%
Long. Aleta pélvica	33-110	51.2±13.2	16.8%	43-75	58.5±9.5	20.1%
Amplitud aleta pélvica	26.1-95	39±12.3	12.8%	36-70.3	51.7±11.5	17.8%
Ancho cintura pélvica	32-90	45.7±9.8	15%	40-100	63±20.4	21.7%
Long. Interna mixopterigio	12.4-57	18.7±10.4	6.1%	50-59.3	54.6±4.6	18.8%
Long. Externa mixopterigio	1-45	12.3±9.1	4%	35-43.2	39.1±4.1	13.4%

La longitud preorbital tiene un comportamiento desigual entre ambas especies; *H. sabinus* presenta un morro más pronunciado, lo que se ve reflejado en una mayor longitud preorbital (22.5% AD contra 18% AD de *Hypanus americanus*). Con respecto a los sexos, la media es ligeramente mayor en las hembras (Fig. 5).

Hypanus sabinus presentó una mayor distancia interorbital con una media de 12% AD mientras que *H. americanus* tuvo una media de 8% AD. Este carácter es de suma importancia en las claves taxonómicas, donde es empleado para distinguir a *H. americanus* de *Hypanus say*. Se puede observar una ligera variación de las medias entre sexos de la especie *H. sabinus*, siendo menor en las hembras (Fig. 6).

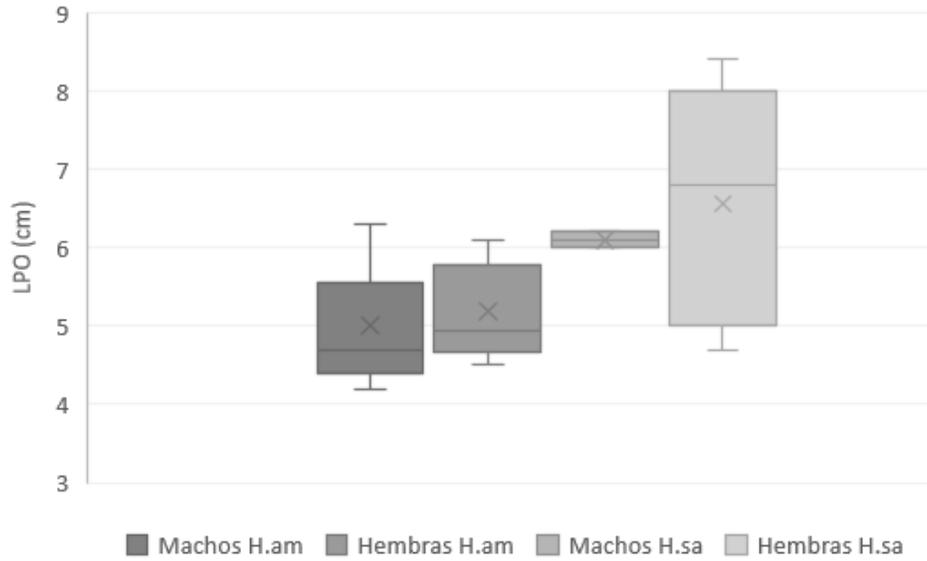


Figura 5. Distribución de las medias de la longitud preorbital (cm). Acotaciones: Machos *H. americanus* (Machos H.am), Hembras *H. americanus* (Hembras H.am), Machos *H. sabinus* (Machos H.sa), Hembras *H. sabinus* (Hembras H.sa).

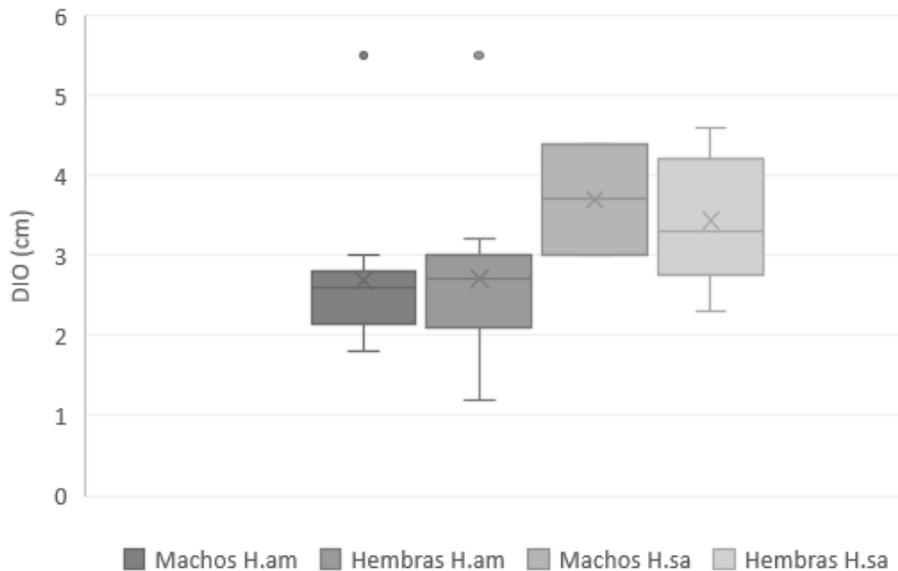
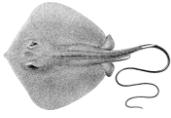


Figura 6. Distribución de las medias de la distancia interorbital. Acotaciones: Machos *H. americanus* (Machos H.am), Hembras *H. americanus* (Hembras H.am), Machos *H. sabinus* (Machos H.sa), Hembras *H. sabinus* (Hembras H.sa).



Los organismos de la especie *H. sabinus* tienen la boca en posición más posterior con respecto al morro que los organismos de la especie *H. americanus*. Las medias de la longitud preoral se mantienen constantes entre sexos (Fig. 7).

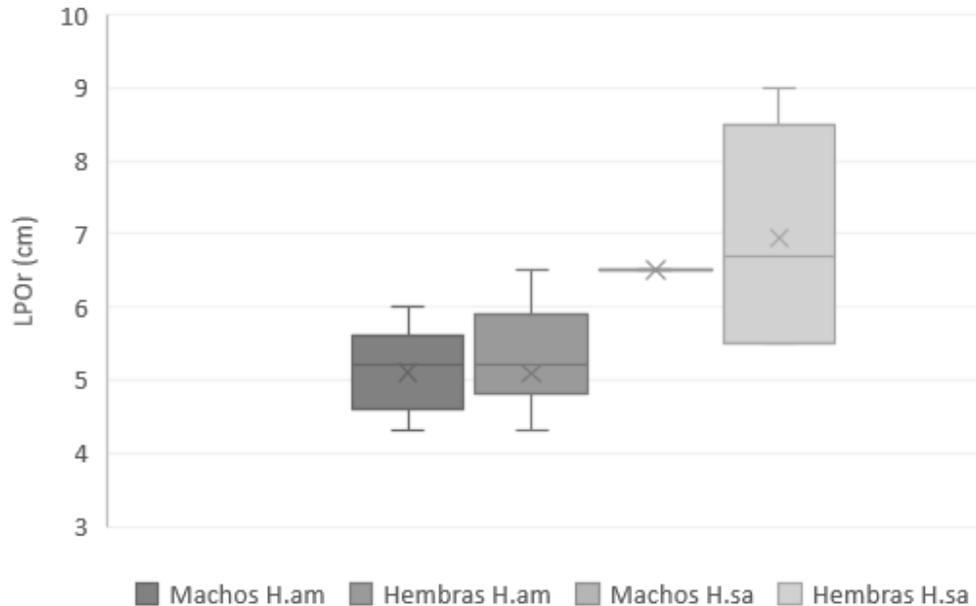


Figura 7. Distribución de las medias de la longitud preoral (LPOr). Acotaciones: Machos *H. americanus* (Machos H.am), Hembras *H. americanus* (Hembras H.am), Machos *H. sabinus* (Machos H.sa), Hembras *H. sabinus* (Hembras H.sa).

La variable de la amplitud de las aletas pélvicas muestra medias más altas en la especie *H. sabinus*. Además, las hembras presentan una amplitud mayor con respecto a la de los machos en ambas especies (Fig. 8). Finalmente, se observa la variación con respecto al ancho del pliegue ventral de la cola, se observa una marcada diferencia entre sexos y especies (Fig. 9). Las hembras presentaron medias inferiores a las de los machos, mientras que la del tamaño del pliegue en los ejemplares de la especie *H. sabinus* (0.67% AD) fue menor con respecto al de los ejemplares de *H. americanus* (0.67% AD).

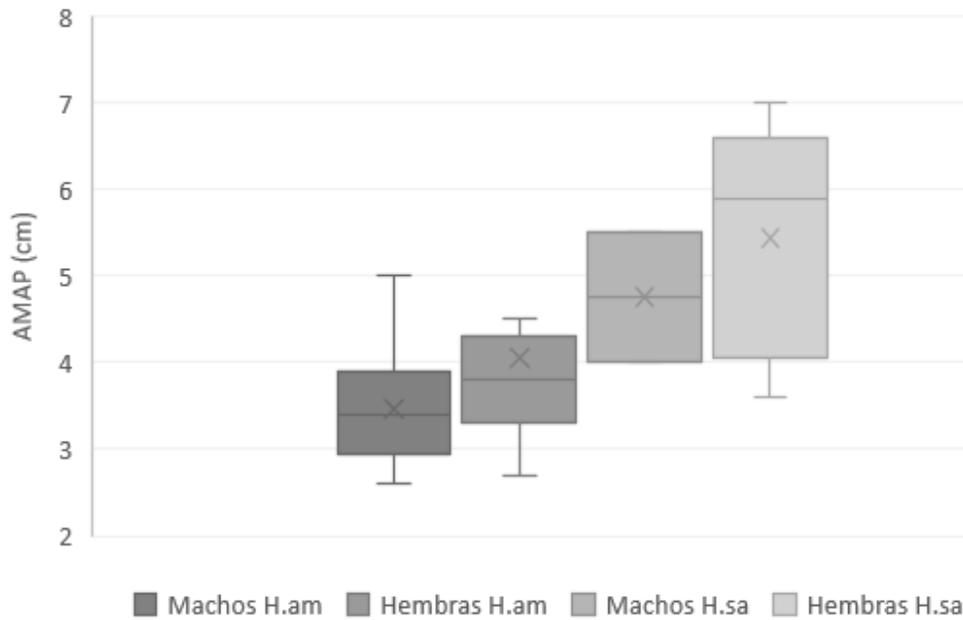
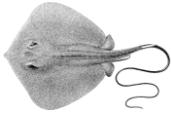


Figura 8. Distribución de las medias de la amplitud de las aletas pélvicas (AMAP). Acotaciones: Machos de *H. americanus* (Machos H.am), Hembras *H. americanus* (Hembras H.am), Machos *H. sabinus* (Machos H.sa), Hembras *H. sabinus* (Hembras H.sa).

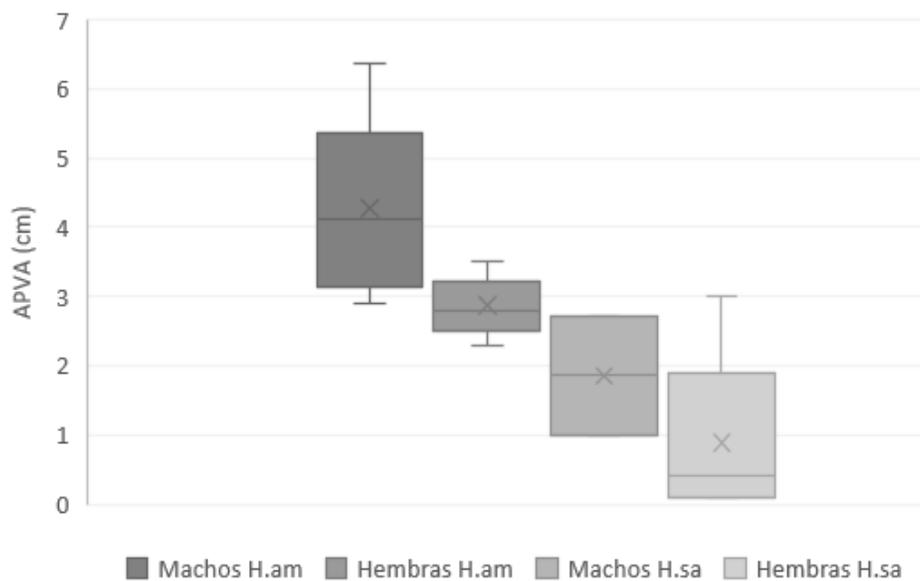


Figura 9. Distribución de las medias del ancho del pliegue ventral de la cola (APVC). Acotaciones: Machos de *H. americanus* (Machos H.am), Hembras *H. americanus* (Hembras H.am), Machos *H. sabinus* (Machos H.sa), Hembras *H. sabinus* (Hembras H.sa).



De los caracteres merísticos evaluados se puede señalar que las variaciones entre sexos son mínimas, a excepción del número de radios pélvicos, donde se observa una variación considerable, presentando las hembras de ambas especies un número mayor de radios con respecto a los machos. En el número de hileras de dientes en ambas bandas (superior e inferior) también existen diferencias sexuales, siendo en los machos donde se contabilizó un mayor número. Con respecto a la comparación de la merística entre especies, es notable que *H. sabinus* contó con un menor número de radios en todas las regiones corporales, mientras que el número de hileras dentarias se mantuvo constante en ambas especies (Tabla 4).

Tabla 4. Merística obtenida de los ejemplares de *H. americanus* e *H. sabinus* sometidos a proceso de diafanización y descarnación.

	<i>Hypanus americanus</i>		<i>Hypanus sabinus</i>	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Radios propterigio	99	97	51	50
Radios mesopterigio	37	35	11	16
Radios metapterigio	116	112	45	45
Radios pélvicos	38	43	17	25
Radios totales	290	287	124	136
Dientes banda superior	36	27	35	28
Dientes banda inferior	43	34	42	38



***Hypanus americanus* (Hildebrand & Schroeder, 1928) (Fig. 10)**

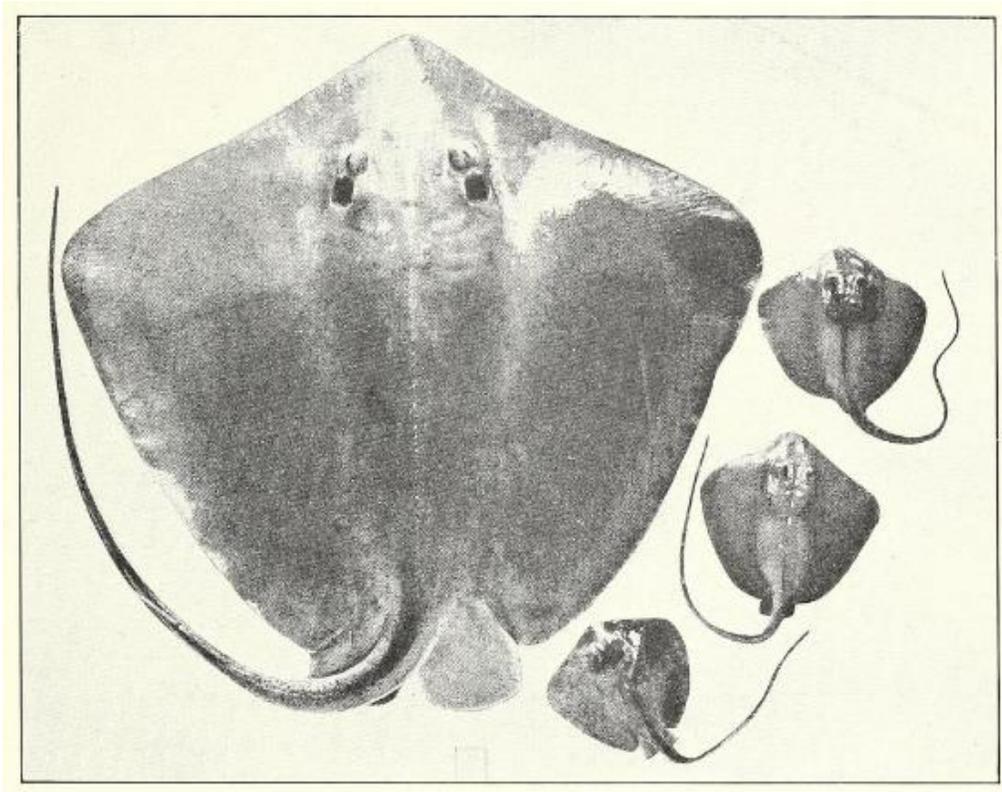


Figura 10. Ilustración original de *Hypanus americanus* (Conocida antiguamente como *Dasyatis americana*) con crías. Tomada de Hildebrand y Schroeder (1928).

Se le conoce comúnmente como raya látigo americana, raya látigo blanca y southern stingray. El ejemplar tipo se resguarda en el Smithsonian Institution National Museum of Natural History bajo el número de catálogo 88378 con sitio de recolecta en Crisfield, Maryland, el 15 de septiembre de 1921. Sin embargo, fue descrita hasta 1928 por Hildebrand y Schroeder bajo el binomio de *Dasyatis americana*. Actualmente se considera como válido el binomio de *Hypanus americanus*, establecido por Last y colaboradores (2016). La distribución reportada para esta especie es desde Nueva Jersey a Brasil, incluyendo al Golfo de México. Los caracteres generalmente más utilizados para distinguir a *Hypanus americanus* de sus congéneres es la forma romboidal de su disco con esquinas muy angulares,



la longitud preorbital mayor que la longitud interespiracular y la presencia de un pliegue dérmico en la superficie dorsal y ventral de la cola. Según la IUCN se encuentra en un estatus de 'datos insuficientes' (Grubbs *et al.*, 2016).

- DESCRIPCIÓN

Es una especie que alcanza longitudes de hasta 150 cm AD, presenta un disco de forma romboidal con las esquinas exteriores agudas, coloración marrón/café oscuro en la parte dorsal y blanca en la parte ventral, cola muy larga que se va adelgazando a manera de látigo y una espina posterior al sitio de inserción de la cola. Ojos pequeños (7.3% AD) que se ubican en la superficie dorsal del cuerpo, en el primer tercio del disco y que sobresalen de la cabeza. El espiráculo está justo detrás de los ojos, es amplio (5.7% AD) y se une de manera directa a la pupila. La boca es protráctil y de tamaño mediano (8.4% AD), se ubica en la superficie ventral del cuerpo, en una cápsula oral por debajo de los ojos; las narinas son pequeñas y elípticas, separadas por un septo internasal y cubiertas por una cortina nasal amplia (10% AD) con dos bordes en los extremos y ondulaciones en la región central. El cartílago rostral es alargado y más grueso en la región posterior (cercana a los ojos) que en la región anterior. Además, se logró apreciar la presencia de un pliegue muy grueso, con respecto al diámetro caudal, en la región ventral de la cola y un pliegue muy reducido en la región dorsal de la cola.



Figura 11. Ejemplar macho de *Hypanus americanus* (Hildebrand & Schroeder, 1928). Colectado en Las Barrancas, municipio de Alvarado, Veracruz. Vista dorsal y ventral.

- DENTÍCULOS DÉRMICOS

Presenta una banda de dentículos dérmicos desarrollados a manera de pequeñas espinas en la parte central del disco (Fig. 12A). Para el caso de los ejemplares de menor tamaño se extienden desde detrás de la cabeza y hasta la mitad del cuerpo. En los ejemplares de mayor tamaño, dichos dentículos presentan forma de gancho y se extienden hasta la base de la inserción de la cola. La mayor parte del cuerpo se encuentra desnudo, sin embargo, en la región cefálica hay pequeños dentículos a manera de tubérculos (Fig. 12B), la base presenta ondulaciones y una cúspide en el centro.

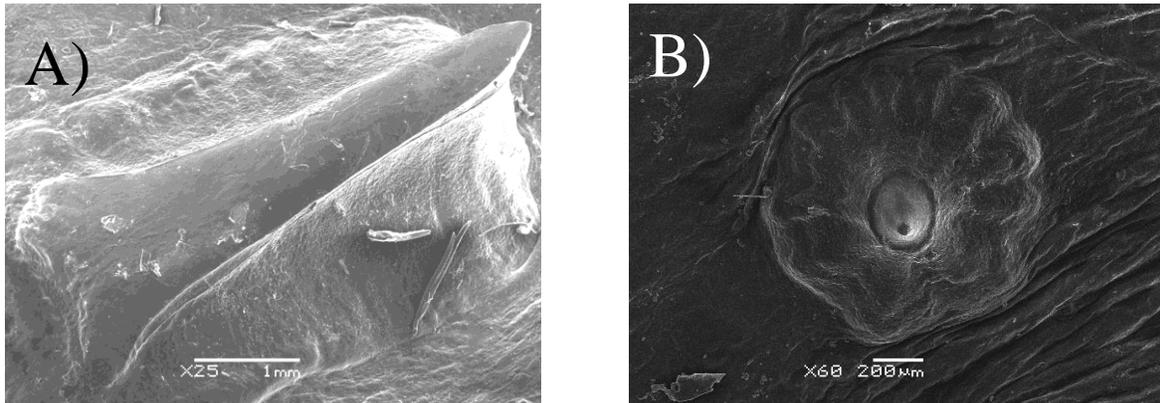


Figura 12. Fotografías de piel de *H. americanus*, microscopía electrónica de barrido. A) Espina de la región central del disco x25; B) Denticulo dérmico de la región cefálica x60.

Cuentan con una espina de gran tamaño insertada de manera subcutánea en una posición posterior al origen de la cola, con serraciones a manera de gancho dirigidas hacia la región anterior de la misma, muy cercanas entre sí (Fig. 13). Dicha espina puede ser reemplazada continuamente por lo que es posible que algunos ejemplares presenten más de una.



Figura 13. Espina de ejemplar de *Hypanus americanus*, hembra de 31.9 cm AD.



- DENTICIÓN

Los dientes se encuentran fusionados, formando placas a manera de pavimento que se unen a los cartílagos palatoc cuadrado y de Meckel por medio de tejido fibroso, las raíces son bilobuladas y presentan una quilla transversal en la región inferior del diente. La forma, para el caso de las hembras (Figs. 14, 15 A), es ovalada y tienden a ser muy aplanados, mientras que para los machos es romboidal (Figs. 14, 15 B), con las esquinas laterales muy agudas y más salientes. No se logró apreciar diferencia significativa entre los dientes de la mandíbula superior e inferior en ninguno de los sexos.



Figura 14. Dentición de *Hypanus americanus*, microscopía óptica x10 A) Hembra; B) Macho inmaduro.

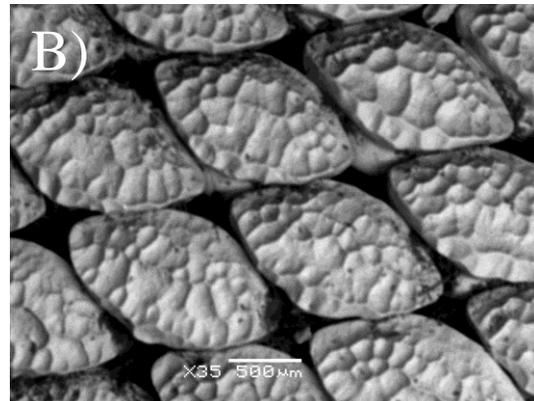
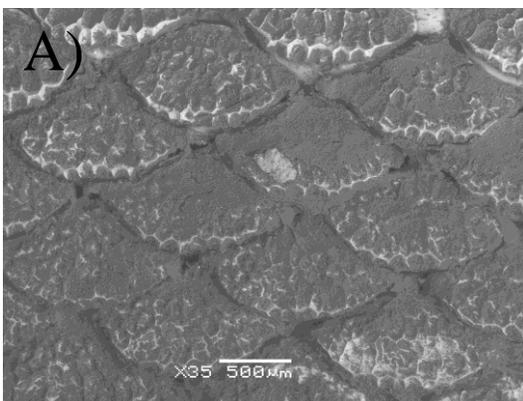


Figura 15. Dentición de *Hypanus americanus*, microscopía electrónica de barrido x35. A) Hembra; B) Macho inmaduro.



- CONDROESQUELETO

Condrocráneo (Fig. 16): El condrocráneo es alargado y más ancho en la región anterior, con una fontanela craneal (FC) más amplia en la región anterior y estrecha en la posterior. Dicha fontanela es sólo visible dorsalmente. Hay un par de procesos pre-orbitales (PPrO) a cada lado, pequeños y anchos que se articulan al condrocráneo por medio del cóndilo antorbital (CA) y que no sobresalen más allá de las cápsulas nasales (CN) que se encuentran en la parte ventral anterior del cráneo y que se encuentran separadas por un surco internasal de tamaño reducido.

La superficie ventral del cráneo es aplanada y en los laterales se presentan los siguientes forámenes: foramen óptico, que es el de mayor tamaño, del nervio oculomotor, troclear, trigémino, facial y del nervio abducente. En la parte posterior del condrocráneo se encuentran los procesos post-orbitales (PPO), que presentan una forma rectangular y alargada, detrás de ellos encontramos las cápsulas óticas (CAO) que a su vez presentan un proceso pterótico pequeño y puntiagudo. En la región más posterior, en vista dorsal, encontramos dos pares de forámenes siendo el primer par los endolinfáticos y los segundos los perilinfáticos. Hacia la región caudal se encuentra un par de cóndilos occipitales (CO) que se articulan a la sinarcualia por medio del proceso odontoides el cual encaja en la zona de articulación de la sinarcualia (SAS).

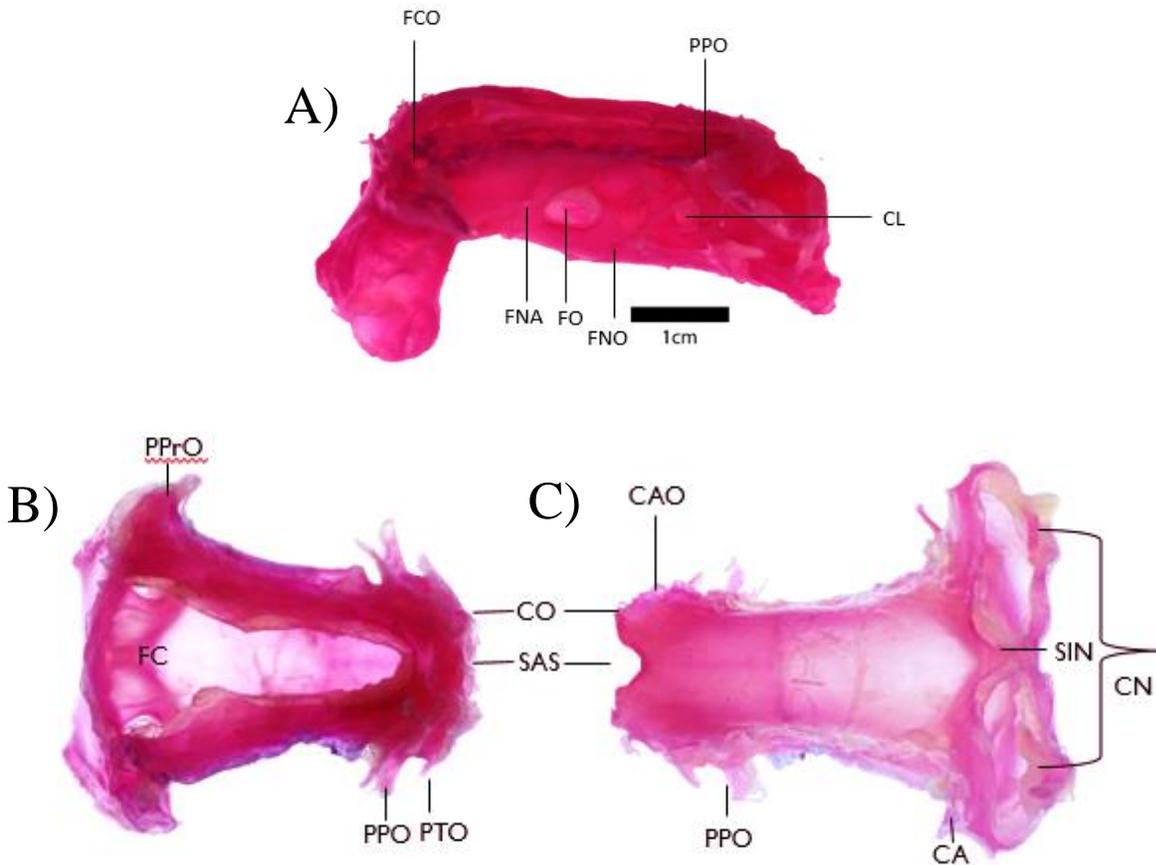
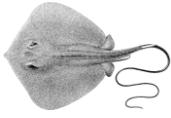


Figura 16. Condrocráneo de *H. americanus* A) Vista lateral; B) Vista dorsal; C) Vista ventral; CA: Cóndilo antorbital, CAO: Cápsula ótica, CN: Cápsulas nasales, CO: Cóndilo occipital, FC: Fontanela craneal, FCO: Foramen del canal orbital, FNA: Foramen del N. abducente, FNO: Foramen del N. oculomotor, FO: Foramen óptico, PPrO: Proceso preorbital, PPO: Proceso postorbital, PTO: Proceso Pterótico, SAS: Sitio de articulación de la sinarcualia, SIN: Septo internasal.

Arco mandibular (Fig. 17): El arco mandibular se encuentra compuesto por el cartílago de Meckel (MD) y el cartílago palatocuadrado (PQ). Ambos tienen casi la misma longitud, sin embargo, el MD es más ancho, a cada lado se proyectan dos procesos ventrolaterales (VL) y en la parte central se forma la sínfisis mandibular. El PQ no se encuentra articulado al MD lo que da una gran capacidad de movimiento. Las bandas denticulares se encuentran tanto en el PQ como en el MD,



la forma, número y tamaño varían entre organismos, cuando la boca está cerrada solo se alcanza a distinguir una pequeña parte de dicha banda.



Figura 17. Arco mandibular de *H. americanus*; BD: Banda dentaria, PQ: Palatocaudal, VL: Procesos ventrolaterales, SF: Sínfisis mandibular, MD: Cartílago de Meckel.

Esqueleto branquial (Fig. 18): El esqueleto branquial es una estructura conformada por 5 arcos branquiales derivados del viscerocráneo que son los que les dan soporte a las branquias. El basihial se encuentra en la parte superior, sobre el hipobranquial, presenta una forma de arco delgado. Esta parte se articula al primer ceratobranquial que es el de mayor tamaño. El HB se encuentra fusionado y adquiere una forma rectangular, a él se articulan los ceratobranquiales por medio de procesos laterales. Finalmente, el basibranquial tiene una forma alargada y se une al hipobranquial. El esqueleto branquial se encuentra ubicado por debajo del condrocráneo en su parte posterior, así como en la parte posterior de la sinarcualia, a él se articulan los epibranquiales y los faringobranquiales por medio de los ceratobranquiales.

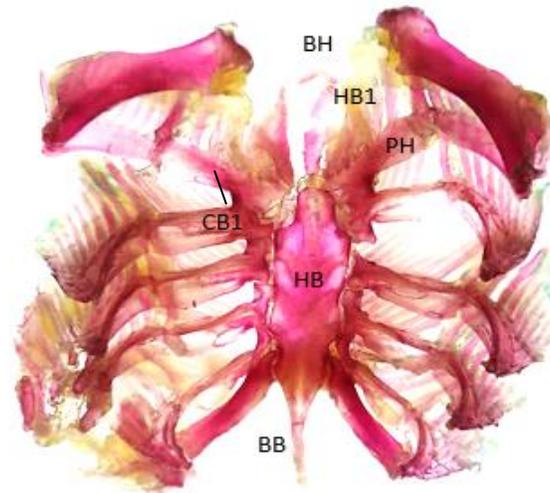


Figura 18. Esqueleto branquial de *H. americanus*, vista ventral; BH: Basihial, HB1: Primer hiobranquial HB: Hipobranquial, BB: Basibranquial, PH: Pseudohial, CB: Ceratobranquial.

Sinarcualia (Fig. 19): La sinarcualia, que corresponde a la fusión de las primeras vertebras, se encuentra de manera ventral al esqueleto branquial, dándole soporte. En la región anterior presenta un proceso odontoide con forma de esfera que se articula con el condrocráneo a través de los cóndilos occipitales (CO) y el sitio de articulación de la sinarcualia (SAS). Posterior a la primer sinarcualia se encuentra un par de procesos alares con forma triangular y posterior a ellos se encuentra la segunda sinarcualia. Vista de manera ventral, se puede apreciar un ligero adelgazamiento en la región central que le da una apariencia de reloj de arena. De manera lateral se pueden distinguir forámenes de nervios espinales en ambos lados.

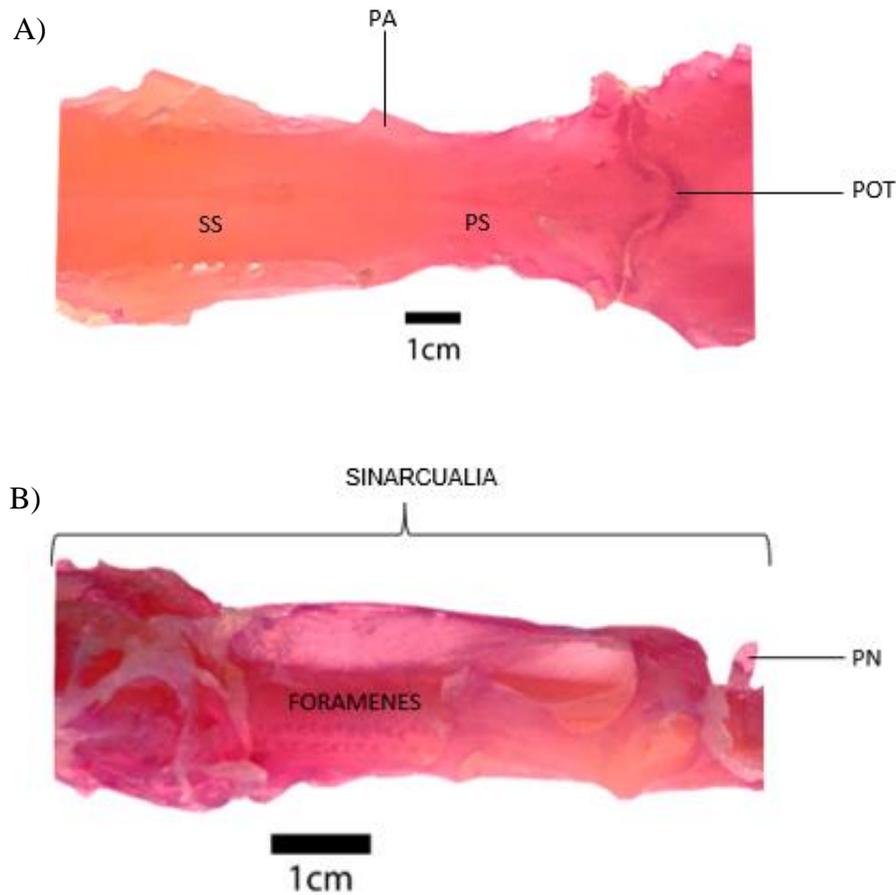


Figura 19. Sinarcualia de *H. americanus*, A) vista ventral; B) vista lateral; POT: Proceso odontoides, PS: Primer sinarcualia, PA: Procesos alares, SS: Segunda sinarcualia.

Cintura escapular (Fig. 20): La cintura escapular se encuentra en posición posterior al esqueleto branquial, rodea a la sinarcualia de manera ventral y ayuda a dar soporte a las aletas pectorales. Se le denomina escapulocoracoides ya que se forma por el cartílago coracoideo y la supraescápula. Se encuentra rodeando la sinarcualia y se articula a la misma, presentar tres cóndilos que se articulan a las tres regiones de las aletas pectorales (propterigio, mesopterigio y metapterigio) y reciben el nombre de procóndilo, mesocóndilo y metacóndilo. En vista lateral se pueden apreciar cuatro fenestras: fenestra anterodorsal (FAD), fenestra posterodorsal (FPD), fenestra anteroventral (FAV) y fenestra posteroventral (FPV).

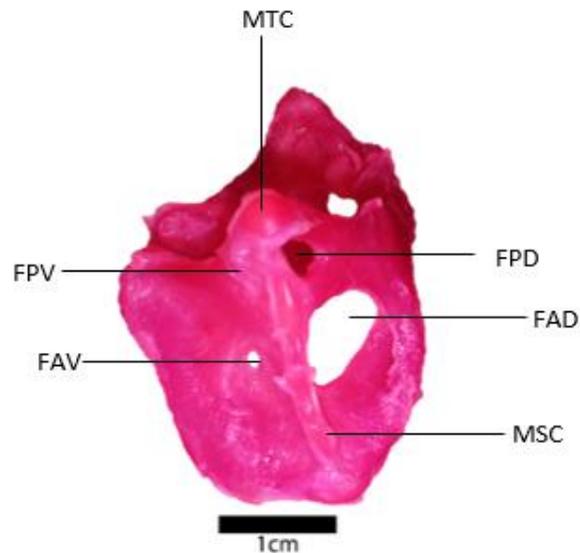


Figura 20. Cintura escapular de *H. americanus*, vista lateral; FAD: fenestra anterodorsal, FAV: fenestra anteroventral, FPD: fenestra posterodorsal, FPV: fenestra posteroventral

Cintura pélvica (Fig. 21): La cintura pélvica se conforma por un solo cartílago que da soporte a las aletas pélvicas, dicho cartílago tiene varias proyecciones. La barra isquiopúbica (BI) es alargada y amplia, el margen interior es ligeramente curvo y el exterior angular. Se pueden observar un par de procesos prepélvicos cortos y un par de procesos prepélvicos laterales poco desarrollados. En los extremos laterales de la barra isquiopúbica se encuentran los procesos iliacos. La cintura pélvica se ubica en posición ventral a la columna vertebral y rodeada de tejido muscular. En el caso de los machos, los mixopterigios se encuentran articulados a la cintura pélvica.

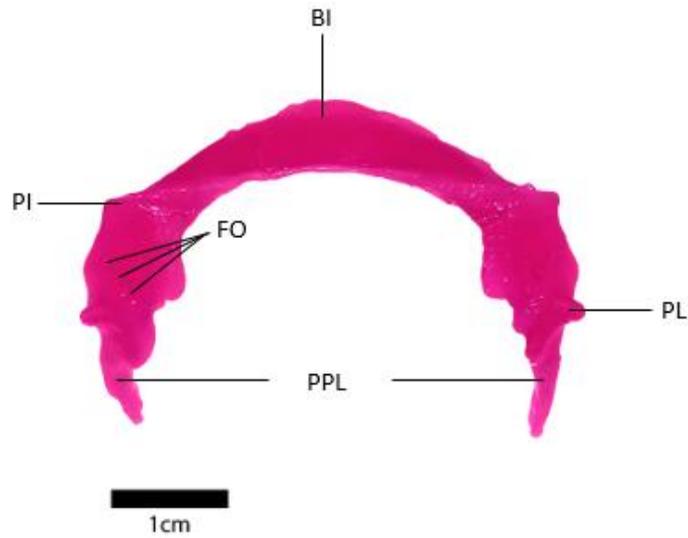
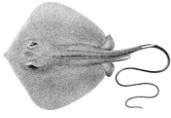


Figura 21. Cintura pélvica de *H. americanus*; PPL: Procesos prepélvicos, FO: Forámenes obturadores, PL: Procesos prepélvicos laterales, PI: Proceso iliaco, BI: Barra Isquiopúbica.



***Hypanus sabinus* (Lesueur, 1824) (Fig. 22)**

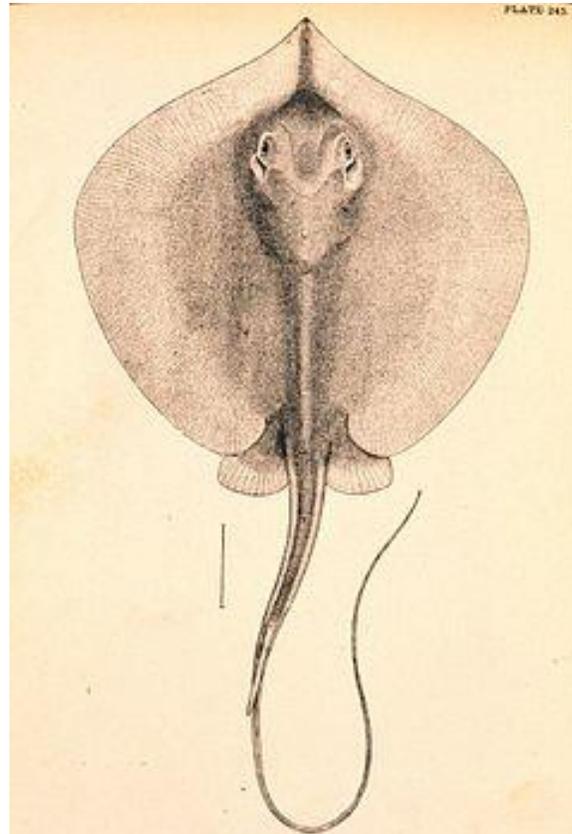


Figura 22. Ilustración original de *Hypanus sabinus* (Antiguamente conocida como *Trygon sabina* y *Dasyatis sabina*). Tomada de Lesueur (1824).

Fue descrita por Lesueur en 1824, se reporta una distribución desde la bahía de Chesapeake hasta Brasil, incluyendo al Golfo de México. Suele reconocerse como raya látigo del atlántico y Atlantic stingray. El ejemplar tipo se encuentra resguardado en el Muséum National d'Histoire Naturelle de París bajo el número de catálogo MNHN-IC-0000-2437 con sitio de recolecta en Louisiana, EE.UU. y se describió bajo el binomio de *Trygon sabina*. Posteriormente se modificó por McEachran y Séret (1986) en *Dasyatis sabina*. Actualmente se considera como válido el binomio de *Hypanus sabinus*, establecido por Last y colaboradores (2016). Los caracteres generalmente más utilizados para distinguir a *Hypanus sabinus* de



sus congéneres es la forma de su disco, el cual presenta los bordes sumamente redondeados, la longitud preorbital considerablemente mayor que la longitud interespiracular y aletas pélvicas amplias. La IUCN la clasifica en la categoría de 'preocupación menor' (Piercy *et al.*, 2016).

- DESCRIPCIÓN

Es una especie pequeña, alcanza hasta 45 cm AD, con disco de forma casi redonda; el morro es muy prominente y sobresale de los bordes del disco. En la superficie dorsal la coloración es marrón-amarillenta y en la región ventral es de tonalidad blanca. La cola es larga y aguzada, a manera de látigo, con una espina inserta en la misma. Presenta una banda de dentículos con forma de espinas de gran tamaño en la región central del disco, desde la parte posterior de la cabeza y hasta más allá de la inserción de la cola; además, dicha especie presentó una serie de dentículos modificados a manera de tubérculos, desde la región interespiracular hasta la parte media del disco, que al tacto hacen sentir la superficie dorsal rugosa. Los ojos se encuentran en posición dorsal, sobresalen notablemente del cuerpo y son pequeños (6.5% AD). Posterior a los ojos se encuentra un espiráculo amplio (5.9% AD) conectado a las pupilas. En la región ventral se ubica la boca que es de mediano tamaño, al igual que en sus congéneres se encuentra en una cápsula oral, ubicada debajo de los ojos y tiene gran capacidad de protractibilidad. Las narinas son pequeñas y elípticas, separadas por un septo internasal y cubiertas por una cortina nasal que alcanza a cubrir parte de la boca y que es ancha (9.8% AD), dicha cortina tiene dos lóbulos laterales. El cartílago rostral es muy alargado, así como el morro muy pronunciado (22.5% AD). Sus aletas pélvicas son sumamente amplias (17% AD) al igual que la cintura pélvica (21.7%). La cola es muy ancha en su región más cercana al cuerpo, presenta dos pliegues, el ventral es pequeño (0.67% AD) y el dorsal se encuentra tan reducido que no es posible medirlo.



Figura 23. Ejemplar macho de *Hypanus sabinus* (Lesueur, 1824). Colectado en Las Barrancas, municipio de Alvarado, Veracruz. Vista dorsal y ventral.

- DENTÍCULOS DÉRMICOS

En vista dorsal, en la región media del cuerpo y sobre la parte media de las branquias se desarrolla una hilera de dentículos a manera de espinas que se extienden hasta donde se inserta la espina (Fig. 23). Dichos dentículos se encuentran embebidos en la piel y fuertemente articulados a la columna vertebral por medio de tejido muscular (Fig. 24 A). La mayor parte del cuerpo se encuentra desnudo, sin embargo, la región cefálica está ampliamente cubierta por dentículos dérmicos a manera de pequeños tubérculos que al tacto dan una sensación áspera (Fig. 24B). Dichos dentículos se llegan a extender hasta más allá de la parte media del cuerpo, aunque en menor proporción, tienen forma piramidal, con caras bien definidas y el ápice redondeado que sobresale notoriamente.

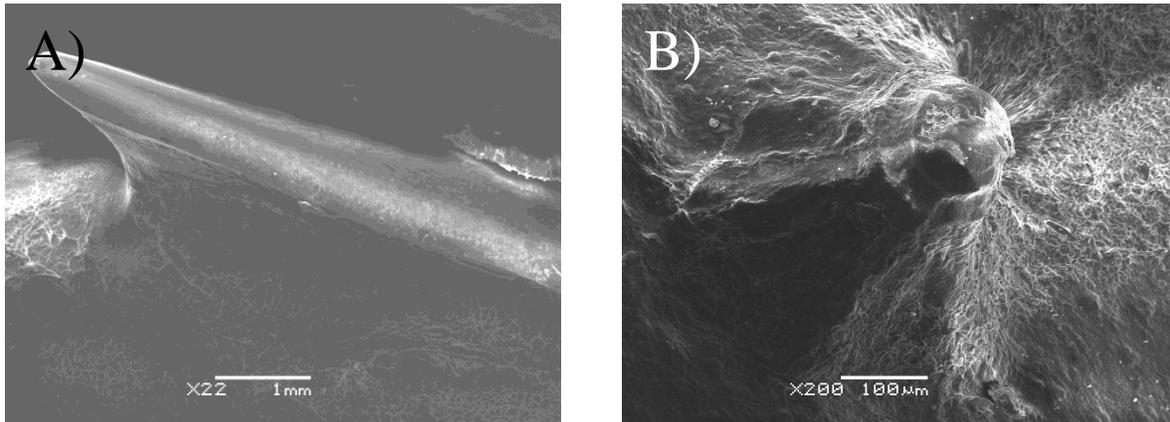


Figura 24. Fotografías de piel de *H. sabinus*, microscopía electrónica de barrido. A) Espina de la región central del disco x22; B) Dentículo dérmico de la región cefálica x200.

Cuentan también con una espina delgada y de gran tamaño (fig. 25), insertada de manera subcutánea en una posición cercana al origen de la cola, con serraciones grandes a manera de gancho, dirigidas hacia la región anterior de la misma, ligeramente separadas entre sí. Dicha espina puede ser reemplazada con el tiempo, por lo que es posible que algunos ejemplares presenten más de una.



Figura 25. Espina de ejemplar de *Hypanus sabinus*, hembra de 23.4 cm AD.



- DENTICIÓN

Siguiendo el patrón presentado en sus congéneres, los dientes se unen a los cartílagos palatoc cuadrado y de Meckel por tejido fibroso, las raíces son bilobuladas con vascularización ortodonta y no hay quilla en los dientes. Existe un marcado dimorfismo sexual relacionado a la dentición en estos, mientras que los dientes de las hembras se encuentran muy juntos a manera de placa y tienen forma romboidal con los bordes laterales medianamente angulares y el borde superior recto (dientes de tipo triturador), además, la superficie oclusal es rugosa (Figs. 26, 27 A).

Los machos tienen dientes cuspidados, dichas cúspides son agudas y curvadas hacia atrás, además de muy robustas. Los dientes cercanos a la sínfisis mandibular tienden a ser más rectos que los otros (Figs. 26, 27B)

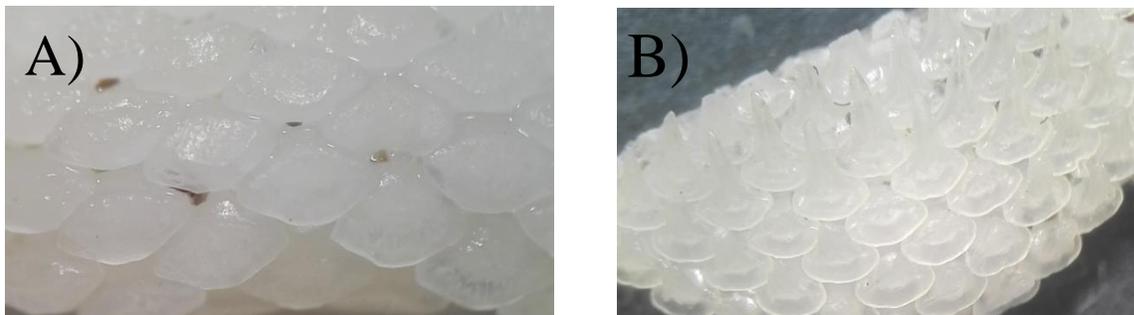


Figura 26. Dentición de *Hypanus sabinus*, microscopía óptica x10. A) Hembra; B) Macho maduro.

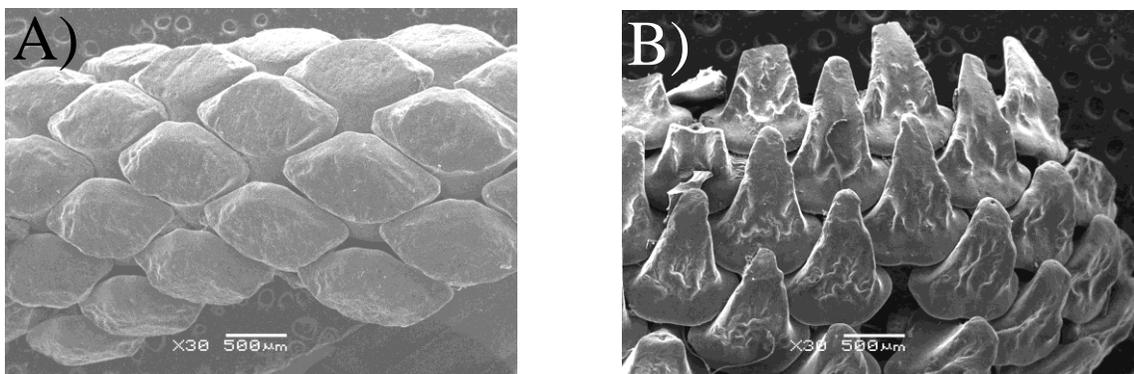


Figura 27. Dentición de *Hypanus sabinus*, microscopía electrónica de barrido x30. A) Hembra; B) Macho maduro.



- CONDROESQUELETO

Condrocráneo (Fig. 28): El condrocráneo es pequeño y ancho en la parte posterior y anterior, en el centro presenta un ligero adelgazamiento. La fontanela craneal (FC) se encuentra en posición dorsal, protegiendo al cerebro, es delgada y alargada, extendiéndose hasta las cápsulas nasales. Hay un par de procesos preorbitales (PPrO) a cada lado, con forma triangular que se articulan al condrocráneo por medio del cóndilo antorbital (CA), el cual es muy delgado y sumamente alargado, los procesos preorbitales sobresalen poco más allá de las cápsulas olfatorias (CO) que se encuentran en la parte ventral anterior del condrocráneo y que se encuentran separadas por un surco internasal amplio.

La superficie ventral del condrocráneo es aplanada y en los laterales se presentan los siguientes forámenes: foramen óptico, que es el de mayor tamaño, del nervio oculomotor, troclear, trigémino, facial y del nervio abducente. En la parte posterior del cráneo se encuentran los procesos postorbitales (PPO) que presentan una forma rectangular y alargada, detrás de ellos encontramos las cápsulas óticas (CAO) que a su vez presentan un proceso pterótico pequeño y puntiagudo. En la región más posterior, en vista dorsal, encontramos dos pares de forámenes siendo el primer par los endolinfáticos y los segundos los perilinfáticos. Hacia la región caudal se encuentra un par de cóndilos occipitales (CO) que se articulan a la sinarcualia por medio del proceso odontoides el cual encaja en la zona de articulación de la sinarcualia (SAS).

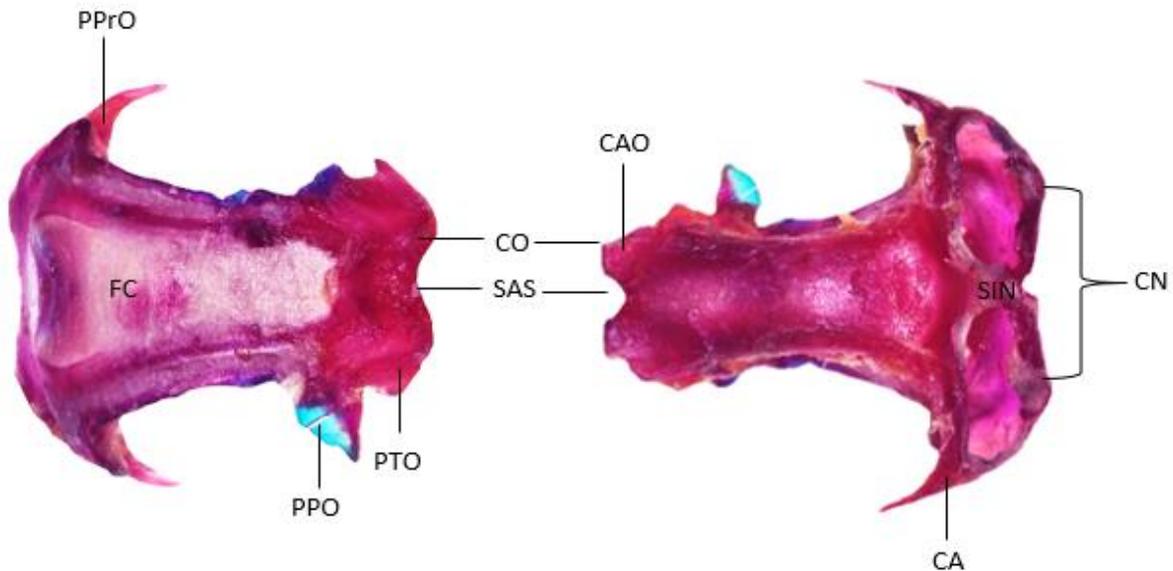
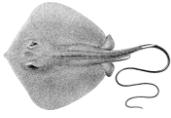


Figura 28. Cráneo de *H. sabinus*. A) Vista dorsal; B) Vista ventral; CA: Cóndilo antorbital, CAO: Cápsula ótica, CN: Cápsulas nasales, CO: Cóndilo occipital, FC: Fontanela craneal, PPrO: Proceso preorbital, PPO: Proceso postorbital, PTO: Proceso Pterótico, SAS: Sitio de articulación de la sinarcualia, SIN: Septo internasal.

Arco mandibular (Fig. 29): En el arco mandibular encontramos el palatoc cuadrado (PQ) y el cartílago de Meckel (MD), siendo este último ligeramente más ancho que el PQ, los procesos ventrolaterales se extienden a los lados de estos cartílagos, son ligeramente alargados, anchos y redondeados en la punta. La sínfisis del PQ se encuentra fusionada mientras que la del MD es sumamente reducida. Las mandíbulas muestran por su cara dorsal y cerca de las comisuras, los ligamentos cruzados, que las mantienen unidas entre sí. Las bandas denticulares apenas y quedan expuestas cuando la boca se encuentra cerrada, el tipo y número de dientes varía según el organismo, su sexo y madurez, los dientes se reemplazan de manera constante por lo que en los laterales es común observar dientes muy reducidos. Se puede observar cómo se forman unas marcadas escotaduras entre las placas dentarias y las comisuras bucales

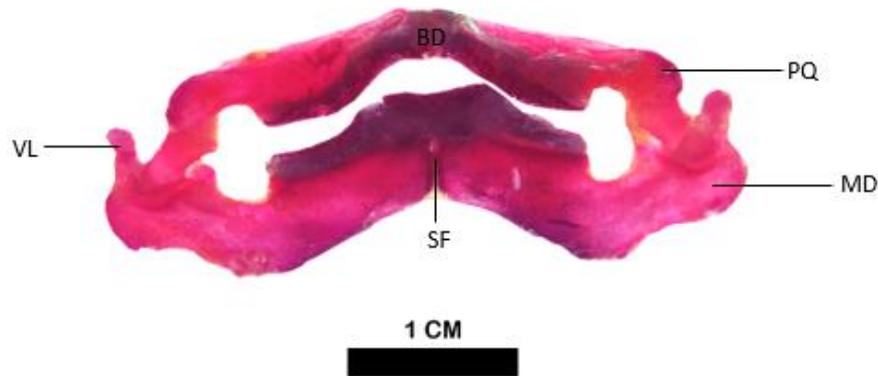


Figura 29. Arco mandibular de *H. sabinus*; BD: Banda dentaria, PQ: Palatocadrado, VL: Procesos ventrolaterales, SF: Sínfisis mandibular, MD: Cartílago de Meckel.

Esqueleto branquial (Fig. 30): El esqueleto branquial es una estructura conformada por 5 arcos branquiales derivados del viscerocráneo, el basihial (BH) se encuentra en la parte superior, sobre el hipobranquial (HB), es curvado y se articula a los primeros ceratobranquiales, que son los de mayor tamaño (son más largos y más anchos que los demás). El HB tiene forma triangular en la parte superior y rectangular en la zona baja, además, se encuentra fusionado. A él se articulan los ceratobranquiales, con excepción del último que se une al basibranquial (BB), que presenta una forma alargada, ancho en la región anterior y muy delgado en la región posterior, y que además se encuentra unido al HB.

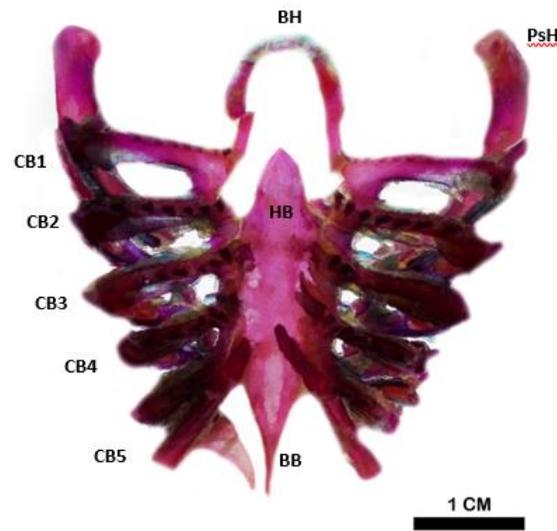


Figura 30. Esqueleto branquial de *H. sabinus*, vista dorsal; BH: Basihial, HB1: Primer hiobranquial HB: Hipobranquial, BB: Basibranquial, PH: Pseudohial.

Sinarcualia (Fig. 31): La sinarcualia, que corresponde a la fusión de las primeras vértebras, se encuentra en posición ventral al esqueleto branquial y le brinda soporte. En la región anterior presenta un proceso odontoides que se articula con el condrocáneo a través de los cóndilos occipitales y el sitio de articulación de la sinarcualia. Entre la primera y segunda sinarcualia hay dos procesos alares de forma triangular, muy delgados y que vistos dorsalmente parecen separados del resto de la sinarcualia. Se pueden observar también forámenes de nervios espinales a cada uno de los laterales.

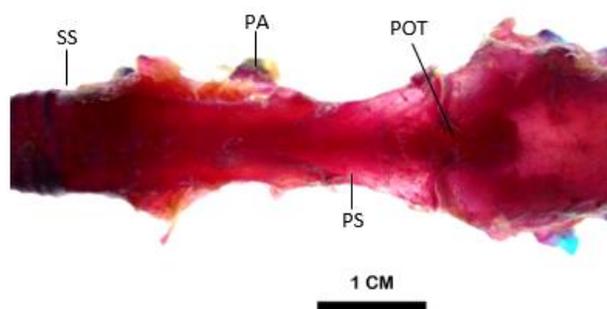
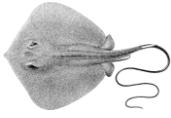


Figura 31. Sinarcualia de *H. sabinus*, vista ventral; POT: Proceso odontoides, PS: Primer sinarcualia, PA: Procesos alares, SS: Segunda sinarcualia.



Cintura escapular (Fig. 32): La cintura escapular rodea a la columna sobre la sinarcualia, ayuda a dar sostén a las aletas pectorales, otra de sus funciones es crear un límite entre la cavidad branquial y la pericárdica, se articula al protopterigio por medio del procóndilo, al mesopterigio por el mesocóndilo y al metapterigio por el metacóndilo. En vista lateral se pueden apreciar dos de las cuatro fenestras: fenestra anterodorsal (FAD), fenestra anteroventral (FAV).

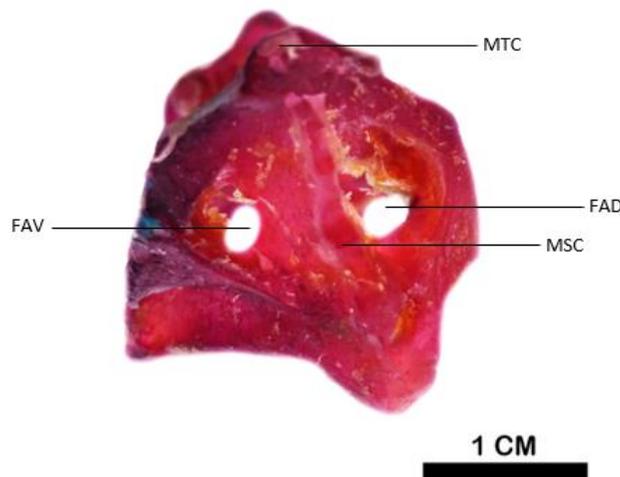


Figura 32. Cintura escapular de *H. sabinus*, vista lateral; FAD: fenestra anterodorsal, FAV: fenestra anteroventral, FPD: fenestra posterodorsal, FPV: fenestra posteroventral

Cintura pélvica (Fig. 33): La cintura pélvica se conforma por un solo cartílago que da soporte a las aletas pélvicas. La BI es muy alargada y amplia, de mediano grosor, se curva ligeramente, pero sin formar ningún ángulo. Se pueden observar un par de PPL bien desarrollados, y un par de PL bien marcados y de forma redondeada. En los extremos laterales de la barra isquiopúbica se encuentran los procesos iliacos y tiene tres forámenes.

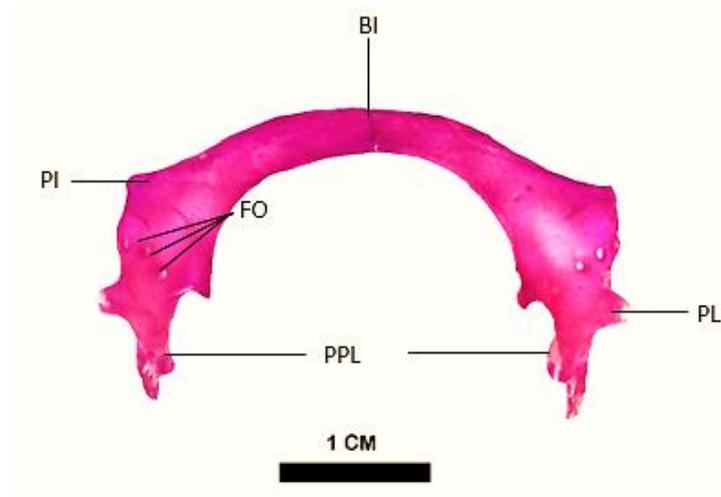
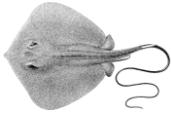


Figura 33. Fotografía de la cintura pélvica de *H. americanus*; PPL: Procesos prepélvicos, FO: Forámenes obturadores, PL: Procesos prepélvicos laterales, PI: Proceso iliaco, BI: Barra Isquiopúbica.



VII. DISCUSIÓN

De los 39 ejemplares analizados, 32 fueron determinados como *H. americanus* y 7 como *H. sabinus*. La desproporción, con respecto al número de ejemplares por especie, se puede relacionar con el hábito de cada una ellas, puesto que *H. americana* es una especie predominantemente marina, que fue el ambiente donde se realizaron los muestreos. Mientras que *H. sabinus*, al ser una especie eurihalina, habita en los estuarios de manera casi permanente, por lo que sus incursiones al medio marino son en temporadas muy específicas y por periodos de tiempo muy cortos (Schwartz y Dahlberg, 1978; Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996). Así mismo, se puede relacionar con la temporada de muestreo, pues *H. sabinus* es una especie que presenta una frecuencia reducida durante los meses fríos (Snelson *et al.*, 1988).

Al ser el chinchorro playero el arte de pesca principal por el que se obtuvieron los ejemplares, se explica el que las tallas fueran predominantemente pequeñas y los ejemplares inmaduros. Para algunas especies del género *Hypanus* se ha reportado que los ejemplares adultos, así como los de mayor tamaño, suelen encontrarse a mayor profundidad y más alejados de la costa y los inmaduros y de menor talla en las zonas más someras (Snelson *et al.*, 1989).

Los organismos incluidos en la familia Dasyatidae tienden a presentar un patrón corporal muy parecido; así mismo, su proporción corporal depende del sexo, ya que las hembras tienden a ser más grandes y a presentar un morro más pronunciado que los machos, lo que trae consigo diversas problemáticas para distinguir una especie de otra, ya que la sistemática tradicional se basa en la comparación de la distancia entre los espiráculos y la distancia preorbital.

Elementos como la merística, la morfometría, la anatomía, entre otras, son herramientas que pueden auxiliar en la determinación correcta de los ejemplares y



el análisis a profundidad de distintos elementos como lo son la forma de los bordes del disco, los patrones de coloración, la presencia o ausencia de denticulos dérmicos, tubérculos o aguijones y pliegues dérmicos, así como su disposición, puede ser de gran ayuda en la clarificación de sinonimias o en la descripción de nuevas especies (P.ej. Gomes *et al.*, 2000a, 2000b; Last y White, 2008).

De manera general, se pudo determinar que estas especies se encuentran bien diferenciadas en cuanto a su morfología externa, sin embargo, a nivel del sistema esquelético presentan un alto nivel de similitud (dicho patrón se repite en otros grupos de batoideos, p.ej. Montes-Domínguez, 1996; González-Isaís, 2004; De la Cruz-Torres, 2016) lo que explica las dificultades para la determinación taxonómica.

Utilizando técnicas como la diafanización, descarnación, las radiografías y la microscopía electrónica de barrido, fue posible determinar que los caracteres más importantes para diferenciar a estas dos especies son: la Distancia preorbital e interorbital, longitud preoral, amplitud de las aletas pélvicas, ancho de la base de la cola, número de radios totales y presencia o ausencia de pliegues dérmicos en la cola, así como su tamaño. No existen registros previos en la literatura de que estos caracteres se vean modificados de manera significativa en función del sexo, tamaño o madurez de los organismos.

A partir de la técnica de diafanización y descarnación se pudo determinar que los organismos pertenecientes a *H. sabinus* presentan un menor número de radios en todas las aletas, en comparación con *H. americanus*, incluso en organismos con las mismas tallas. Hasta la fecha, no existen trabajos que relacionen de manera certera el número de radios de las aletas con la ontogenia de los organismos. Las variaciones en cuanto a merística entre sexos fueron muy ligeras, excepto en los radios pélvicos, donde las hembras presentaron un mayor número de radios. Esto podría ser atribuido a la modificación que sufren los machos para dar lugar a los



mioxopterigios, modificaciones que reducen el número de radios en el margen interno de la aleta pélvica y que se sostienen por medio del endoesqueleto (Grogan y Lund, 2004).

Para *H. americanus*, fue posible observar que el pliegue dérmico ventral de la cola es considerablemente más ancho (casi dos veces el ancho de la cola) y más largo en comparación con el de *H. sabinus*. Pese a que en los pliegues dérmicos de la cola de los dasiátidos sí se mencionan en la literatura e incluso en las claves de identificación, su uso como carácter diagnóstico para la diferenciación taxonómica es insuficiente ya que únicamente se analiza la presencia o ausencia del mismo. Con base en lo observado en el presente trabajo, es posible afirmar que dicho carácter puede contribuir a mejorar las determinaciones si se evalúa su ancho y longitud.

La morfología de las mandíbulas de ambas especies corresponde al patrón general descrito para los batoideos (Nishida, 1990). La única variación observada fue el tamaño de la sínfisis mandibular, siendo menor en *H. sabinus*. Pese a que se tiene reportado que el número de dientes está en función del tamaño del organismo, el sexo, su edad, la especie, entre otros (Kajiura y Tricas, 1996; Kobelkowsky, 2010; Navia *et al.*, 2011; Sáez y Lamilla, 2012), en ambas especies el número de hileras dentales se mantuvo constante, existiendo únicamente una variación con respecto a las hembras, las cuales tuvieron un menor número de hileras que los machos. Con respecto a la morfología dentaria, no se observó gran variación entre machos y hembras de *H. americanus*, únicamente los machos presentaron dientes más angulares mientras que las hembras los presentaron más ovales, sin embargo, no se puede concluir de manera contundente que exista una homodoncia sexual, ya que todos los ejemplares machos analizados fueron machos inmaduros y los cambios en la dentición suelen estar reportados para organismos sexualmente maduros (Taniuchi y Shimizu, 1993; Rangel *et al.*, 2015, 2016). En el caso de *H. sabinus*, existió una diferencia notable, los machos presentaron dientes con



cúspides alargadas y curvadas mientras que las hembras presentaron dientes aplanados, esta diferencia en la dentición se había reportado con anterioridad en la literatura, también para otros grupos de batoideos (Bigelow y Schroeder, 1953). Entre especies, los dientes de *H. americanus* mostraron una quilla transversal bien definida, mientras que en *H. sabinus* no se presenta ninguna quilla.

De acuerdo con Kajiura y Tricas (1996), el cambio en la dentición de los machos de *H. sabinus* se da de manera periódica, con tiempos bien definidos que van del mes de octubre a junio y que dichos cambios representan una ventaja reproductiva que no afecta su alimentación. De los organismos del presente estudio, los recolectados en el mes de diciembre presentaron dientes de tipo sujetador, con cúspides bien definidas, alargadas y robustas, mientras que en aquellos capturados en el mes de agosto se observó que los dientes tenían forma aplanada, parecidos a los de las hembras. En uno de los ejemplares capturados en el mes de octubre, la mandíbula inferior presentó dientes cuspidados y la mandíbula superior mostró dientes aplanados, lo que nos confirma que el reemplazo se da de manera asincrónica en las mandíbulas.

A pesar de que la comparación del condroesqueleto no arrojó diferencias significativas que puedan ser de utilidad para discriminar entre ambas especies, es imperativo recalcar la importancia del conocimiento generado con respecto al esqueleto de estos dasiátidos, el cual puede ser de gran apoyo para futuras comparaciones con otras especies y grupos de batoideos.



VIII. CONCLUSIONES

- Existen diferencias en cuanto a la morfología externa de las especies, siendo las principales la coloración, forma y tamaño del morro, márgenes de las aletas pectorales, tamaño de las aletas pélvicas y la presencia/ausencia de una banda denticular en la región central del disco.
- No existieron variaciones en el esqueleto entre sexos y las variaciones a nivel de especie fueron mínimas, estas variaciones fueron observables principalmente en el cráneo y la cintura pélvica.
- Con los datos merísticos se determinó que *H. sabinus* es una especie que presenta un menor número de radios, en todas las aletas, que *H. americanus*. La variación entre sexos se limitó a un mayor número de radios pélvicos en las hembras.
- En ambas especies los machos presentaron un mayor número de hileras de dientes en ambas bandas dentales.
- En *H. americanus* existe homodoncia entre hembras y machos inmaduros.
- En *H. sabinus* existe un marcado dimorfismo sexual dental. Dicho dimorfismo está condicionado a machos maduros y a la temporada reproductiva.



IX. LITERATURA CITADA

- Arreguín-Sánchez, F. y Arcos-Huitrón E., 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* 21(3): 431-462.
- Aschliman, N.C., Nishida, M., Miya, M., Inoue, J.G., Rosana, K.M. y Naylor, G.J.P., 2012. Body plan convergence in the evolution of skates and rays (Chondrichthyes: Batoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 63(1): 28-42.
- Bigelow, H.B. y Schroeder, W.C., 1953. *Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays*. Memoirs of the Sears. Foundation for Marine Research. no. 1, part 2. 588 p.
- Castro-Aguirre, J.L. y Espinosa-Pérez, H., 1996. *Listados Faunísticos de México. VII. Catálogo Sistemático de las Rayas y Especies Afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha)*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p.
- Carrier, J. C., Pratt, H. L. y Martin, L. K., 1994. Group reproductive behaviors in free-living nurse sharks, *Ginglymostoma cirratum*. *Copeia* 646–656.
- Carta Nacional Pesquera, 2012. Acuerdo Mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera y su Anexo. En Diario Oficial de la Federación 2012.
- Cervigón, F., 1980. *Ictiología marina, Vol. I*. Caracas, Venezuela. 360 p.
- Compagno, L.J.V., 2001. *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes)*. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes 1(2):269 p.
- De la Cruz-Torres, J., 2017. Revisión taxonómica del género *Narcine* Henle, 1834 (Elasmobranchii: Torpediniformes). Maestría. Posgrado en ciencias del mar y limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.



- Dean, M.N. y Motta, P.J., 2004. Anatomy and Functional Morphology of the Feeding Apparatus of the Lesser Electric Ray, *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Batoidea). *Journal of Morphology* 262: 462-483.
- Del Moral-Flores, L.F. y Pérez-Ponce De León, G., 2013. Tiburones, rayas y quimeras de México. CONABIO. *Biodiversitas*, 111:1-6.
- Del Moral-Flores, L.F., Morrone, J.J., Alcocer-Durand, J., Espinosa-Pérez, H. y Pérez-Ponce De León, G., 2016. Listado anotado de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Arxius de Miscel·lània Zoològica* 13: 47-163.
- González-Isáis, M. y Montes-Domínguez, H.M., 2004. Comparative anatomy of the superfamily Myliobatoidea (Chondrichthyes) with some comments on phylogeny. *Journal of Morphology* 262: 517-535.
- Gomes, U.L., Rosa, R.S. y Gadig, O.B.F., 2000a. *Dasyatis marianae* sp. n.: A new species of stingray (Chondrichthyes: Dasyatidae) from de Southwestern Atlantic. *Copeia* (2): 510-515.
- Gomes, U.L., Rosa, R.S. y Gadig, O.B.F., 2000b. *Dasyatis mmacrophthalma* sp. n.: A new species of stingray (Chondrichthyes: Dasyatidae) from de Southwestern Atlantic. *Copeia* (2): 510-515.
- Grogan, E.D. y Lund, R., 2004. *Origin and relationships or early Chondrichthyes*. En Carrier, J.C., Musick, J.A. y Heithaus, M.R., (eds), *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Grubbs, R.D., Snelson, F.F., Piercy, A., Rosa, R. y Furtado, M., 2016. *Hypanus americanus*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Heine, C., 1992. Mechanics of flapping fin locomotion in the cownose ray, *Rhinoptera bonasus* (Elasmobranchii: Myliobatidae). Durham, NC: Duke University.
- Henningsen A. 2000. Notes on reproduction in the southern stingray, *Dasyatis americana* (Chondrichthyes: Dasyatidae), in a captive environment. *Copeia* (3): 826-828.



- Hildebrand, S.F. y Schroeder, W.C., 1928. Fishes of Chesapeake Bay. *Bulletin of the United States Bureau of Fisheries* 43 (1): 1–366.
- Johnson, M. R. y Snelson Jr., F.F, 1996. Reproductive life history of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina* (Pisces, Dasyatidae) in the freshwater St. Johns River, Florida. *Bulletin Marine Science* 59:74–88.
- Kajjura, S.M. y Tricas, T.C., 1996. Seasonal dynamics of dental sexual dimorphism in the Atlantic stingray *Dasyatis sabina*. *The Journal of Experimental Biology* 199: 2297-2306.
- Kobelkowsky, A., 2010. Anatomía comparada del sistema digestivo de las rayas *Urotrygon chilensis* y *Dasyatis sabina* (Myliobatiformes). *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 387-394.
- Lamilla, J. y Bustamante, C., 2005. Guía para el reconocimiento de: tiburones, rayas y quimeras de Chile. *Oceana* 17: 1-80.
- Lara-Mendoza, R.E., Galeana-Cortázar, A.R. y Díaz-Álvarez, A.G., 2016. Tendencia de la captura de rayas (batoidea) del litoral de Tabasco: enfocada en *Hypanus americanus*. *Ciencia Pesquera* 24(2): 13-20.
- Last, P.R., Naylor G.J.P. y Manjaji-Matsumoto, B.M., 2016. A revised classification of the family Dasyatidae (Chondrichthyes: Myliobatiformes) based on new morphological and molecular insights. *Zootaxa* 4139 (3): 345-368.
- Last, P. R. y White, W.T., 2008. Resurrection of the genus *Neotrygon* Castelnau (Myliobatoidei: Dasyatidae) with the description of *Neotrygon picta*, sp. nov., a new species from northern Australia. En Last, P. R., W. T. White, and J. J. Pogonoski. (eds.). *Descriptions of new Australian chondrichthyans*. Hobart CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper.
- Lesueur, C. A., 1824. Description of several species of the Linnaean genus Raia, of North America. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 4(1): 100-121
- Liem, K.F., Bemis, W.E., Walker, W.F. y Grande, L., 2001. Functional Anatomy of the Vertebrates. 3rd ed. Thomson/Brooks Cole, Belmont, CA.



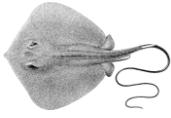
- Lim K.C., Lim P.E., Chong, V.C. y Loh K.H., 2015. Molecular and Morphological Analyses Reveal Phylogenetic Relationships of Stingrays Focusing on the Family Dasyatidae (Myliobatiformes). *PLoS ONE* 10(4): e0120518.
- Lovejoy, N.R., 1996. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society* 117: 207-257.
- McEachran, J. D., 1975. Reply to 'Sexual dimorphism in skates (Rajidae)'. *Evolution* 31: 218–220.
- McEachran, J.D., Dunn, K.A. y Miyake, T., 1996. Interrelationships of the batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidei). En: Stiassny, M.L.J., Parenti, L.R. y Johnson, G.D. (eds.). *Interrelationships of fishes*. Academic Press, San Diego, London: 63–84.
- McEachran, J.D. y Fechhelm, J.D., 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico, Vol. 1. Myxiniformes to Gasterosteiformes*. Austin, Texas, University of Texas Press. 1112 p.
- McEachran J.D y Carvalho, M., 2002. *The living marine resources of the Western Central Atlantic, Volume 1. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras*. En: Carpenter, K. (ed). 562-571 pp.
- McEachran, J.D. y Aschliman, N., 2004. *Biology of sharks and their Relatives*. Carrier J.C., Musick J.A., Heithanus M.R. (eds.). Boca Raton: CRC Press. 79-114 pp.
- Montes-Domínguez, H.M., 1996. Relaciones de parentesco y similitud entre ocho especies de la superfamilia Dasyatoidea (Pisces: Batoidea). Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.



- Motta, P.J. y Wilga, C.D., 2001. Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks. *Environmental Biology Fish* 60:131–156.
- Motta, P.J. y Huber, D.R., 2012. *Prey Capture Behavior and Feeding Mechanics of Elasmobranchs*. In: Carrier, J.C. & Musick, J.A. & Heithaus, M.R. (eds) *Biology of Sharks and their Relatives*, Edition 2. CRC Press, Boca Raton, Florida: 153–210
- Navia, A.F., Torres, A., Mejía-Falla, P.A. y Giraldo, A., 2011. Sexual, ontogenetic, temporal and spatial effects on the feeding ecology of *Urotrygon rogersi* (Elasmobranchs: Myliobatiformes). *Journal Fish Biology* 78: 1213-1224.
- Nelson, J.S., 1994. *Fishes of the world*, 3rd edition. New York; John Wiley & Sons, Inc. 600 p.
- Nelson, J.S., Grande, T.C. y Wilson M.V.H., 2016. *Fishes of the World*, 5th edition. New Jersey; John Wiley & Sons. 752p.
- Nishida, K. 1990. *Phylogeny of the suborder Myliobatoidei. Memoirs of the Faculty of Fisheries-Hokkaido University (Japan)* 37: 1 –108.
- Piercy, A., Snelson, F.F. y Grubbs, R.D. 2016. *Hypanus sabinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T60158A104136233.
- 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. 105 p.
- Ramírez-Mosqueda, E., Pérez-Jiménez, J.C. y Mendoza-Carranza, M., 2012. Reproductive parameters of the southern stingray *Dasyatis americana* in southern Gulf of Mexico. *Latin American Journal Aquatic Research* 40(2): 335-344.
- Rangel, B.S., Marinho, J. V., Malavasi-Bruno, C.E., Amorim, A.F., Kfoury Junior, J.R. y Rici, R.E.G., 2015. Dimorfismo sexual da raia-santa *Atlantoraja cyclophora*: aspectos morfológicos. *Revista Cecilians Dez* 7(2): 9-12, 2015.



- Rangel, B.S., Santander-Neto, J., Rici, G.E.R. y Lessa R., 2016. Dental sexual dimorphism and morphology of *Urotrygon microphthalmum*. *Zoomorphology* 135(3): 367-374.
- Rodríguez-Santiago, M.A., Gómez, S., Cacho-Torres, D., Ovalles-Cruz, H.D., López-García, K.C., Bustamante-Avenidaño, A.K. y Pérez-Jiménez, J.C., 2014. *Párasitos de la raya látigo americana Dasyatis americana (pisces: dasyatidae) en el sur del golfo de México*. IV encuentro colombiano sobre condriictios, Medellín.
- Sáez, S. y Lamilla, J., 2012. Claves taxonómicas para el reconocimiento dentario en taxa del superorden Rajomorphii de Chile (Chondrichthyes, Batoidea). *Latin American Journal Aquatic Research* 40(2): 282-291
- Schaeffer, J.T. y Summers, A.P., 2005. Batoid wing skeletal structure: novel morphologies, mechanical implications and phylogenetic patterns. *Journal Morphology* 264: 298-313.
- Schwartz, F. J. y Dahlberg, M.D., 1978. Biology and Ecology of the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina* (Pisces: Dasyatidae) in North Carolina and Georgia. *Northeast Gulf Science* 2 (1).
- Snelson, F.F., Sherry, E.W.H. y Thomas, H.S.S., 1988. Reproduction and Ecology of the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida Coastal Lagoons. *Copeia* 3: 729-739
- Snelson, F.F., Sherry, E.W.H. y Thomas, H.S.S., 1989. Biology of the bluntnose stingray, *Dasyatis sayi*, in Florida coastal lagoons. *Bulletin of Marine Science* 45(1): 15-29
- Summers, A.P., 2000. Stiffening the Stingray Skeleton — An Investigation of Durophagy in Myliobatid Stingrays (Chondrichthyes, Batoidea, Myliobatidae). *Journal of Morphology* 243: 113-126.
- Tagliafico, A., Rago, N. y Rangel, M.S., 2013. Aspectos biológicos de las rayas *Dasyatis guttata* y *Dasyatis americana* (Myliobatiformes: Dasyatidae) capturadas por la pesquería artesanal de la Isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48(2), 365-373.



- Taniuchi, T. y Shimizu, M., 1993. Dental sexual dimorphism and food habitats in the Stingray *Dasyatis akajei* from Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkashi* 59:53-60.
- Tricas, T.C., Maruska, K.P. y Rasmussen, L.E.L., 2000. Annual Cycles of Steroid Hormone Production, Gonad Development, and Reproductive Behavior in the Atlantic Stingray. *General and Comparative Endocrinology* 118(2), 209-225.
- Vlaming, V.L. y Sage, M., 1973. Osmoregulation in the euryhaline elasmobranch, *Dasyatis sabina*. *Comparative Biochemistry and Physiology* A, 45, 31-44.