



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
BIOLOGÍA**

**ANATOMÍA DEL SISTEMA ESQUELÉTICO,
TAXONOMÍA Y BIOGEOGRAFÍA DE *Pseudobatos*
lentiginosus (GARMAN, 1880)
(RHINOPRISTIFORMES: RHINOBATIDAE)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

P R E S E N T A

KAREN PAMELA BELTRAN DE LA TORRE



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. LUIS FERNANDO DEL MORAL FLORES**

LOS REYES, IZTACALA, EDO. 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

Mi amor y agradecimiento a los pilares que han vivido este proceso a mi lado, porque siempre han confiado en mí y me han dado más de lo que pudiera imaginar ♥

Gracias mami por darme más que un título universitario, gracias por mi vida, por fortalecer mis alas y dejarme volar, por sentirme orgullosa del trabajo que hemos logrado. Por darme dos hermanos que me han apoyado para estar aquí y a Isabelita por hacer más divertido el viaje.

Gracias a dos seres increíbles por su amor y apoyo incondicional, por hacerme creer de nuevo cuando todo parecía apestar. Gracias Julio por mostrarme el apoyo y cariño más incondicional que he conocido. Gracias Aglae por ser, mi psicóloga y confidente, por las risas y los regaños, por ser mi soporte y mi amiga.

Porque las palabras no son suficientes para expresarles mi amor y agradecimiento por ayudarme a estar aquí...

"It would not be much of a universe if it wasn't home to the people you love". Stephen Hawking

Agradecimientos

Este estudio se realizó gracias al apoyo de personas maravillosas, como el Dr. Luis Fernando Del Moral Flores, quien me permitió, a partir de una plática, desarrollar tan gratificante trabajo de tesis, le agradezco infinitamente su paciencia, el compartir su conocimiento, amistad y tiempo, por presionarme pero nunca dejar de confiar en mí. Gracias por no sólo formarnos como ictiólogos, sino como mejores personas, profesionistas y científicos

Al Dr. Jorge Ricardo Gersenowies, por permitirme formar parte de su laboratorio, no solo para cumplir con un servicio social, si no para conocer excelentes amigos y pasar momentos increíbles. Profe muchas gracias por todo su conocimiento y apoyo en este trabajo.

A mis sinodales: Biól. José Antonio Martínez, Biol. Eduardo Loya y Dra. Patricia Ramírez, por su paciencia, tiempo y dedicación. En verdad aprecio infinitamente sus aportaciones que enriquecieron este trabajo.

A la UNAM y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por brindarme la oportunidad de llegar a donde estoy ahora y por permitirme conocer de todo tipo de personas que influyeron de una u otra manera a lo largo de estos años en mi formación.

A la Dra. Maru Vega, a Mireya y a todo su equipo del laboratorio de CINVESTAV Unidad Mérida, a la Dra. Chumba de UADY, al Dr. Felipe Amezcua de la colección ictiológica del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, a Alfredo Gallardo del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, a Vero y Jacob, al Dr. Omar Domínguez de la UMSNH y a todo su equipo de trabajo, en especial a Juan Carlos, a todos les agradezco con el corazón el haberme recibido cálidamente, el haberme compartido su conocimiento y abrirme las puertas de sus casas, laboratorios y colecciones ictiológicas. Y por supuesto a todos los pescadores que hacen posible este tipo de investigaciones.

Al profesor Rafael Medrano del laboratorio de Fisiología vegetal de la UBIPRO, por toda su ayuda en la obtención de las fotografías electrónicas de barrido, a Fer, Adrián y Shari por su ayuda con las fotos del esqueleto. A Jonathan por enseñarme a usar corel y Photoshop, además de aclarar mis dudas.

A todos mis amigos que la biología me permitió conocer, por compartir momentos y pasiones, por hacer los días más livianos. Gracias Sam, Fer, Diana, Ale, Lalín, Oscarín, Rascal y Podri, por las prácticas, los días de estudio, las pedas y las vivencias tan chidas. A Alan, Richie y Aleja, por siempre estar ahí. A mis amigos de los laboratorios de ictiología y morfología animal comparada, por todo su apoyo y amistad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	7
OBJETIVO GENERAL	10
MATERIALES Y MÉTODO	11
RESULTADOS.....	15
Análisis Morfológico	15
Sistema esquelético.....	17
Exoesqueleto.....	17
Endoesqueleto.....	22
Aspectos taxonómicos y biogeográficos	34
DISCUSIÓN	40
CONCLUSIONES	48
LITERATURA CITADA.....	49
ANEXO	55

RESUMEN

A lo largo de la evolución de los vertebrados, ciertas modificaciones anatómicas han jugado papeles importantes en el origen de los diferentes grupos, en el caso de los condriictios el esqueleto cartilaginoso es una de ellas. Sí bien, existe un amplia gama de estudios de la anatomía comparada del esqueleto de los batoideos, poco se ha reportado para la familia Rhinobatidae. Por lo que el objetivo principal en este trabajo fue realizar la descripción anatómica del sistema esquelético de *Pseudobatos lentiginosus* a partir de quince organismos transparentados y tres radiografías, la primera del holotipo colectado en las costas de Florida, mientras que la segunda y tercera fueron de dos hembras provenientes de las costas de Veracruz y Yucatán, respectivamente. La técnica de transparentación y tinción diferencial se realizó a partir de once ejemplares colectados el estado de Veracruz y cuatro en Yucatán. No se encontraron variaciones en el endoesqueleto de la especie entre hembras y machos, ni entre estados de maduración. Se reporta dimorfismo sexual dental, donde en los ejemplares maduros los márgenes de los dientes son redondeados y las cúspides puntiagudas, sin embargo las hembras presentan mayor número de bandas dentales y sus cúspides son menos elevadas. En los estadios juveniles los márgenes de los dientes no son redondeados y las cúspides son redondeadas. La descripción del exoesqueleto se realizó a partir de la observación de las escamas placoideas al microscopio óptico y al electrónico de barrido. Con las fotografías obtenidas se pudo concluir que los dentículos dérmicos de la especie varían en forma con respecto a la ubicación de las escamas en el cuerpo. Adicional a lo anterior, se agregan comentarios sobre su distribución geográfica, la cual al parecer se encuentra relacionada con la coloración dorsal de los organismos, mediado por el tipo de sustrato en el que habitan los ejemplares. Los cuatro patrones de coloración reportados son: dorso color marrón claro-pardo con lunares blancos pequeños para ejemplares de Florida a Texas, marrón-grisáceo sin lunares para los ejemplares de Texas a Tabasco (a excepción de algunos pocos en Veracruz que presentan diminutos lunares blancos) y marrón claro-pardo con lunares blancos de mayor tamaño para ejemplares de la Península de Yucatán.



INTRODUCCIÓN

Los peces son reconocidos como el grupo de vertebrados más diverso del planeta, con aproximadamente 32,000 especies válidas (Nelson *et al.*, 2016). A lo largo de su historia evolutiva, han logrado una gran diversificación, permitiéndoles conquistar casi todos los medios acuáticos (Eschmeyer *et al.*, 2010; Espinosa-Pérez, 2014). El grupo de los peces es considerado un grupo parafilético, donde se incluyen las clases Myxini, Petromyzontida, Pteraspidomorpha, Anaspida, Thelodonti, Cephalaspidomorphi, Placodermi, Acanthodii, Osteichthyes y Chondrichthyes (Nelson *et al.*, 2016).

Los representantes de la clase Chondrichthyes se encuentran entre los grupos más basales de gnatostomados (Compagno *et al.*, 1999; Nelson, 2006). Son un grupo monofilético que se subdivide taxonómicamente en las subclases Holocephalii (quimeras) y Elasmobranchii (tiburones y rayas). Se distribuyen por todos los océanos del mundo, desde la cercanía a la línea de costa, hasta las zonas abisales (Nelson *et al.*, 2016). Son considerados un importante recurso biológico, así como cultural, ecológico, alimenticio, económico y turístico (Del Moral-Flores y Pérez-Ponce de León, 2013). Dentro del territorio mexicano habitan aproximadamente 214 especies de condriictios, de las cuales 111 son tiburones, 8 quimeras y 95 rayas (Del Moral-Flores *et al.*, 2016).

Los elasmobranquios son un grupo de gnathostomados compuesto por las subdivisiones Selachii, que alberga a los tiburones y la subdivisión Batoidea, representada por rayas, mantas, peces guitarra, peces sierra y torpedos (Del Moral-Flores y Pérez-Ponce de León, 2013). A diferencia de los osteíctios, este grupo presenta un esqueleto cartilaginoso con calcificación prismática de capas de hidroxiapatita (*tesserae*) (Dean y Summers, 2006). Su endoesqueleto se divide en esqueleto axial, formado por el condrocráneo, columna vertebral y costillas; esqueleto visceral, constituido por los arcos viscerales (mandíbulas, hioides y los cartílagos de los arcos branquiales) y esqueleto apendicular, que corresponde a



las aletas, incluyendo las cinturas pectorales y pélvicas, así como los cartílagos basales, que junto con los radiales (ceratotricos) forman las aletas. El exoesqueleto se conforma de escamas placoideas que recubren su cuerpo, mismas que presentan patrones de distribución comúnmente empleados como caracteres taxonómicos (Lagler *et al.*, 1990; Dean y Summers, 2006; Nelson, 2006).

El dimorfismo sexual en condriictios puede apreciarse en épocas de apareamiento en la dentición de algunas especies. Los machos pueden tener dientes más afilados para la sujeción durante la cópula, además presentan gonopterigios o cláspers como estructuras derivadas de las aletas pélvicas para la fecundación (Rangel *et al.*, 2016). El desarrollo embrionario puede ser de tipo ovíparo, vivíparo placentado, donde los embriones y la madre se encuentran conectados por medio de un “cordón umbilical” modificado del saco vitelino, o vivíparo aplacentado, en el cual los embriones se nutren por medio de: vitelo: “lecitotrofia”, óvulos no fecundados: “oofagia”, secreciones proteicas de la madre “histotrofia” o de otros embriones “adelfofagia”. Son considerados organismos longevos, con baja tasa de fecundidad, por lo que desarrollan pocas crías, estas, provistas de un lento desarrollo hasta la fase reproductiva (Lagler *et al.*, 1990; Camhi *et al.*, 1998).

Los batoideos son el grupo más diverso de elasmobranquios, su amplia variedad de hábitos y formas de vida son reflejo de su alta diversidad morfológica (Aschilman *et al.*, 2011). Ellos evolucionaron de un ancestro común al grupo de los tiburones, hace cerca de 200 millones de años (ma), adquiriendo una tendencia aplanada dorso-ventralmente, así como muchos caracteres derivados únicos, como la pérdida de la articulación orbital entre la mandíbula superior y el cráneo, la presencia de cartílagos anteorbitales en las cápsulas nasales, la articulación de la cintura escapular con la columna vertebral y hendiduras branquiales en posición ventral (Compagno 1977; Lagler *et al.*, 1990; Nelson *et al.*, 2016).



Este grupo se caracteriza por la fusión de las aletas pectorales en la región anterolateral de la cabeza, formando una estructura conocida como disco, que en algunas especies puede ser circular, ovalada, triangular o rómbica (Aschilman *et al.*, 2011; Aguilar, 2014). El cuerpo es deprimido, las narinas se encuentran en posición ventral, la boca es ancha y las mandíbulas retráctiles, los espiráculos y ojos se encuentran en posición dorsal, estos últimos carecen de membranas nictitantes y la córnea se encuentra unida directamente a la piel. Dependiendo de la especie, pueden estar dotadas de una o dos aletas dorsales, o de espinas en el primer tercio de la cola, aunque todas carecen de aleta anal. Las vértebras anteriores se encuentran fusionadas, dando origen a la sinarcualia, a la que se le articulan los cartílagos de la cintura supraescapular (Compagno, 1977; Camhi *et al.*, 1998; Last *et al.*, 2016a).

Aunque la mayoría de los batoideos son marinos, algunas especies son eurihalinas y habitan principalmente en lagunas costeras y estuarios, mientras que otras son dulceacuícolas, como los integrantes de la familia Potamotrygonidae (Compagno *et al.*, 1999). Los batoideos pueden desplazarse por ondulaciones de la porción posterior del cuerpo: Rhinobatidae, Narcinidae, Pristidae y Torpedinidae, por ondulaciones de la zona posterior de las aletas pectorales: Rajidae y Dasyatidae o por movimientos verticales de las aletas pectorales: Gymnuridae, Aetobatidae, Rhinopteridae y Mobulidae (Aschilman *et al.*, 2011).

Gran parte de las especies son depredadoras activas de organismos bentónicos pequeños, convirtiéndose así en parte importante de las redes tróficas, permitiendo el flujo de materia y energía entre zonas pelágica y bentónica. Debido a su fuerte asociación con el fondo marino y a la falta de programas de pesca dirigida, muchos de ellas son víctimas de la pesca incidental, pudiéndose apreciar esto en nuestro país, sobre todo en el Pacífico mexicano. Lo anterior representa un problema importante, debido a que diversos investigadores coinciden en que los elasmobranquios no soportan las grandes presiones provocadas por las pesquerías, ya que tienen camadas pequeñas, son muy longevos y alcanzan la



madurez sexual de forma tardía, por lo que estas prácticas merman drásticamente a las poblaciones (Downton, 2007; Abascal-Monroy *et al.*, 2012; De la Rosa-Meza *et al.*, 2013).

Las primeras rayas conocidas son los peces guitarra del Jurásico Superior (†*Spathobatis* y †*Belemnobatis*), muy similares a las formas actuales, aunque más ancestrales en varios caracteres, incluidos la presencia de espinas en las aletas dorsales, sinarcualia reducida y un esqueleto basibranchial menos especializado (Compagno, 1977). Los peces guitarra y especies afines pertenecen actualmente al orden Rhinopristiformes, conformado por las familias Pristidae, Galucostegidae, Rhinidae, Trygonorrhinidae y Rhinobatidae. Esta última integrada por 31 especies válidas, de las cuales 15 se distribuyen en el género *Rhinobatos*, 8 en *Acroteriobatus* y 8 en *Pseudobatos* (Last *et al.*, 2016b).

Los rinobátidos presentan un cuerpo alargado con cola robusta, carente de espinas y disco con forma triangular; dos aletas dorsales, ubicadas entre las aletas pélvicas y la aleta caudal heterocerca, la cual es lobulada; la boca es pequeña y arqueada hacia arriba en el centro, los dientes son pequeños y a manera de mosaico; su desarrollo embrionario es de tipo vivíparo, provisto de un saco vitelino (McEachran, 1995; Payán *et al.*, 2011). Esta es la única familia dentro del orden que se considera un grupo polifilético, ya que se compone de dos subdivisiones monofiléticas fuertemente apoyadas: la primera se encuentra comprendida por ejemplares que habitan en Europa, África y Asia, incluyendo los géneros *Rhinobatos* y *Acroteriobatus*; y la segunda, comprendida por el género anfiamericano *Pseudobatos* (antiguamente incluidas dentro de *Rhinobatos*, Last *et al.*, 2016b).

La Guitarra Atlántica, *Pseudobatos lentiginosus* (figura 1), mide al nacer alrededor de 200 mm de longitud total y en promedio 780 mm en la fase adulta (Garman, 1880; Bigelow y Schroeder, 1953). Al igual que muchas otras especies, su biología permanece aún poco estudiada. Es una especie endémica del Atlántico Occidental, se distribuye desde el norte de Carolina, E.U.A., hasta las



costas de Yucatán, incluyendo al Golfo de México, aunque hay algunos registros no verificados en costas brasileñas y nicaragüenses (Norman, 1926; Bigelow y Schroeder, 1953; Rocha, 2007; Villalobos-Segura, 2012; Del Moral-Fores *et al.*, 2016).

Esta especie se considera bentónica y se localiza en la zona costera, desde la línea de costa hasta profundidades cercanas a los 30 m. Se le encuentra en una amplia variedad de hábitats, como fondos lodosos, arenosos, bancos de macroalgas y arrecifes coralinos, donde yacen semienterrados en el sustrato (Villalobos-Segura, 2012). Al igual que otras especies bentónicas, presenta poca actividad y su dieta alimenticia se conforma de crustáceos, anfioxos, moluscos y peces pequeños, los cuales capturan removiendo el sedimento con su hocico (Wilga y Motta, 1998); su reproducción es de tipo vivípara no placentada, con fertilización interna, pudiendo tener hasta seis crías en un tiempo de gestación de entre 11 y 12 meses (Hensley *et al.*, 1998).

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), *Pseudobatos lentiginosus* se encuentra catalogada como una especie casi amenazada. Además, recalca la insuficiencia de información sobre esta especie, por lo cual conocer diversos aspectos de su biología, se vuelve una prioridad para contribuir en su adecuado aprovechamiento y conservación (Casper *et al.*, 2009).



Figura 1. Fotografía de la Guitarra Atlántica, *Pseudobatos lentiginosus*, capturada en la costa sureste del Golfo de México y fotografiada en el laboratorio de Ictiología de la FESI.



ANTECEDENTES

Los avances en biología molecular han permitido elucidar las relaciones de parentesco evolutivo de los batoideos, como es el caso de la filogenia del grupo de los rinobátidos (Last *et al.*, 2014). Como muestra de ello, Last *et al.* (2016 b) agrupan a los rinobátidos dentro del orden de los Rhinoprístiformes. Además, basándose en evidencia filogenética, demuestran que la antigua categoría taxonómica que incluye a la familia Rhinobatidae y al género *Rhinobatos* no son monofiléticos, por lo que han definido nuevos taxa, entre ellos *Pseudobatos*, erigiéndolo como nuevo género, encargado de albergar a todas aquellas especies con distribución en ambas costas de América; designan y elevan a nivel genérico a *Rhinobatos*, *Acroteriobatus* y *Glaucostegus*, apoyados tanto por pruebas morfológicas como moleculares.

Mariguela *et al.* (2009) emplearon técnicas moleculares para corroborar las entidades específicas de *Pseudobatos percellens*, *P. horkelli* y *Zapteryx brevirostris*, encontrando alta variabilidad interespecífica, por lo que estas técnicas resultan útiles en la determinación de los estados taxonómicos de las especies.

Además, se han descubierto nuevas especies como *Rhinobatos nudidorsalis* para el centro del océano Índico (Last *et al.*, 2004); *R. jimbaranensis* y *R. penggali*, provenientes del este de Indonesia (Last *et al.*, 2006); *R. whitei* para el Archipiélago Filipino (Last *et al.*, 2014); *R. mania* originaria de Nueva Irlanda (White *et al.*, 2016); *Acroteriobatus omanensis* perteneciente al Golfo de Oman (Last *et al.*, 2016 a) y *R. borneensis* como una nueva especie del mar del sur de China (Last *et al.*, 2016 b). Sandoval-Castillo *et al.* (2004), a partir de herramientas moleculares, reportaron la presencia de más de una unidad evolutiva en *P. productus* distribuida ampliamente en el Golfo de California. Por su parte Ebert y Ofer (2017), describieron a *R. austini* como una nueva especie, que difiere de *R. holcorhynchus* por la presencia de una mancha negra en el ápice rostral, en



posición ventral, así como por diferencias en la coloración y morfología de la región oronasal.

En nuestro país, la mayoría de los trabajos realizados sobre la familia Rhinobatidae se enfocan al estudio de diversos aspectos de su biología, en contraste con los estudios moleculares o morfológicos. Esto debido principalmente al alto impacto que ejerce la pesca incidental sobre los batoideos, en especial en las costas del Pacífico (Payán *et al.*, 2011).

Muestra de ello es el estudio de la dinámica poblacional de *Rhinobatos* sp., considerada fauna de acompañamiento de la pesca de camarón en el Golfo de California (Abascal-Monroy *et al.*, 2012). Entre otros estudios representativos se encuentran los listados faunísticos, que proporcionan elementos morfológicos para la diferenciación de las especies (Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996); una revisión morfológica y actualización de la distribución geográfica de las especies de la familia Rhinobatidae (Villalobos-Segura, 2012); reportes sobre la biología de especies como *P. productus* (Downton, 2007) y *P. leucorhynchus* (Payán *et al.*, 2011; Carrasco, 2016), así como publicaciones sobre los hábitos alimenticios de *P. glaucostigma* (De la Rosa-Meza, 2010).

Pseudobatos lentiginosus es una especie poco estudiada, a la fecha se tienen solamente documentadas investigaciones con relación a la composición de los conos y bastones de su ojo (Gruber *et al.*, 1991); su mecanismo alimenticio, musculatura mandibular y cefálica (Wilga y Motta, 1998) y el tamaño de las camadas, así como la proporción sexual de las mismas (Hensley *et al.*, 1998). Otros estudios que incluyen a la Guitarra Atlántica abordan análisis anatómicos y morfológicos comparados entre diferentes grupos, como la filogenia de doce especies de batoideos basada en la anatomía craneal (González-Isais, 1996); las comparaciones entre la musculatura de las regiones craneal y branquial entre *P.*



lentiginosus, *P. glaucostigma*, *P. productos* y *Zapteryx exasperata* (Godínez, 1998); la correlación anatómica del exoesqueleto de *Sphyrna lewini* y *P. lentiginosus* (Quintero-Meneses, 2008) y la descripción de los dentículos dérmicos de la región orofaríngea de seis especies de elasmobranquios, entre ellos *P. lentiginosus* (Parga, 2011).

Con base en los estudios revisados, y a pesar de la amplia gama de estudios morfológicos, taxonómicos y moleculares, así como del registro fósil de los condricios, la relación taxonómica entre los peces cartilagosos permanece aún incierta, por lo que los trabajos de investigación sobre dichas especies se vuelven indispensables.



OBJETIVO GENERAL



Describir el esqueleto axial, apendicular y visceral de la Guitarra Atlántica, *Pseudobatos lentiginosus*, con comentarios acerca de su distribución geográfica.

Objetivos particulares



Realizar un análisis de las medidas morfométricas de los ejemplares estudiados.



Describir el exoesqueleto de *P. lentiginosus*.



Determinar la distribución biogeográfica de la Guitarra Atlántica



Aportar información que contribuya al conocimiento y esclarecimiento de la taxonomía y relaciones filogenéticas de los batoideos.



MATERIALES Y MÉTODO

Del material biológico revisado, seis ejemplares se encuentran depositados en la Colección Ictiológica del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM; uno en la colección del Museo de Zoología Comparada de Cambridge; quince en la Colección Ictiológica del CINVESTAV-Unidad Mérida; tres en la Colección Ictiológica de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y dos en la Colección Ictiológica del Parque Científico Tecnológico de Yucatán. Once organismos fueron recolectados *in situ* en las costas de Antón Lizardo y las Barrancas, en el Municipio de Alvarado, Veracruz y cuatro son provenientes de las costas de Celestún, en el estado de Yucatán, todos obtenidos por medio del arte de pesca de chinchorro playero, los cuales fueron fijados al sumergirse en una solución de formaldehído al 4% neutralizado con borato de sodio, durante tres días. Para su estudio, los ejemplares fueron sexados y determinados a partir de las claves de Castro-Aguirre y Espinosa Pérez (1996).

Para el análisis morfológico, a cuarenta y dos ejemplares de *P. lentiginosus* (veinticinco machos y diecisiete hembras), se les tomaron un total de cuarenta medidas morfométricas (modificado de De Carvalho, 2001; Fig. 2), usando para ello un calibrador (precisión 0.01); mismas que fueron expresadas como porcentaje de su Longitud Total (%LT) (Anexo).

La descripción del exoesqueleto se realizó de dos maneras: para la primera se diseccionó aproximadamente 1 cm² de piel de las porciones cefálica, post-cefálica, troncal y caudal de las regiones izquierda y derecha, en las vistas dorsal y ventral de los ejemplares. Las muestras de piel se colocaron por dos días en tubos de ensayo con rojo de alizarina "S" al 0.1% disuelto en KOH al 4%; posteriormente se cambiaron a una solución de KOH al 8%, donde se mantuvieron hasta que las escamas placoideas se desprendieron del tegumento, finalmente se fotografiaron con un microscopio óptico (Motic SM2-143). Por otra parte, se tomaron fotografías de segmentos de piel de aproximadamente 1 cm² de hembras



y machos tanto juveniles como maduros con un microscopio electrónico de barrido, perteneciente al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Unidad de Biotecnología y prototipos (UBIPRO) de la F.E.S Iztacala, esto con la finalidad de describir los dentículos modificados que presenta la especie.

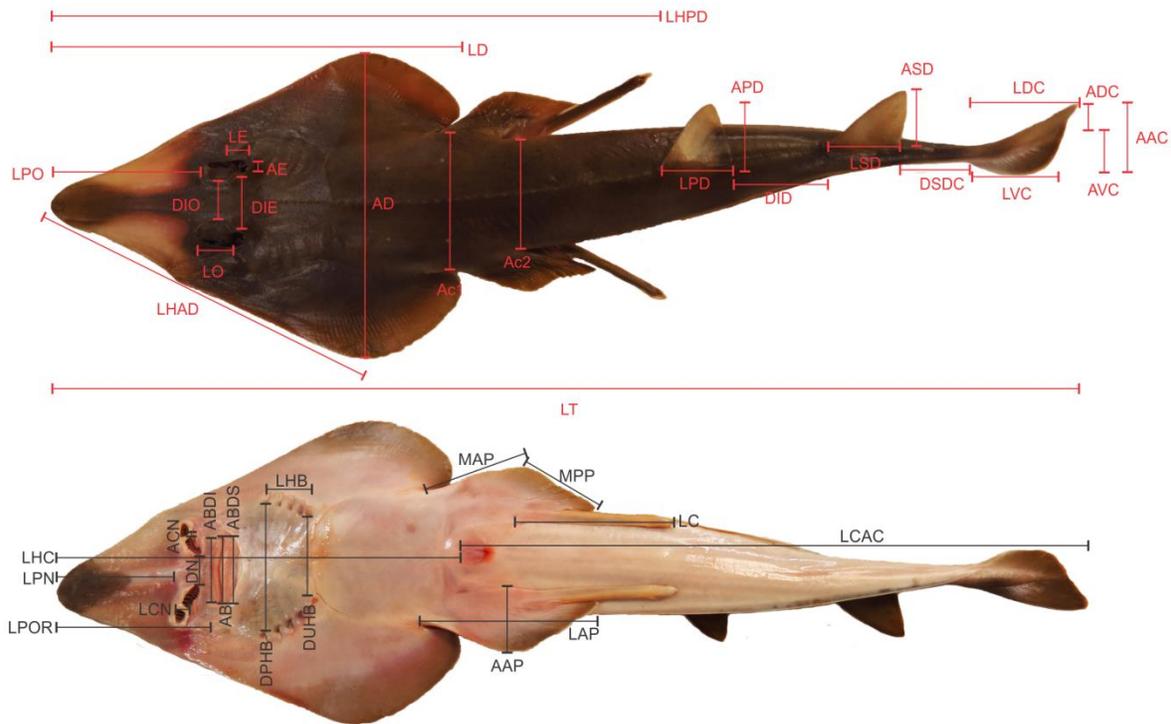


Figura 2. Medidas morfométricas registradas: **Dorsales:** Longitud total (LT), Ancho del disco (AD), Longitud del disco (LD), Longitud preorbital (LPO), Longitud del hocico al mayor ancho del disco (LHAD), Distancia interorbital (DIO), Longitud del ojo (LO), Distancia Interespiracular (DIE), Longitud del espiráculo (LE), Ancho del espiráculo (AE), Ancho de la cola (AC), Alto de la primera aleta dorsal (APD), Longitud de la primera aleta dorsal (LPD), Alto de la segunda aleta dorsal (ASD), Longitud de la segunda aleta dorsal (LSD), Longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal (LDC), Longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal (LVC), Alto del lóbulo dorsal de la aleta caudal (ADC), Alto del lóbulo ventral de la aleta caudal (AVC), Alto de la aleta caudal (AAC), Distancia interdorsal (DID), Distancia entre la segunda aleta dorsal y la aleta caudal (DSDC), Longitud del hocico a la primera aleta dorsal (LHPD). **Ventrales:** Longitud preoral (LPOR), Longitud prenasal (LPN), Ancho de la boca (AB), Ancho de la banda dental superior (ABDS), Ancho de la banda dental inferior (ABDI), Ancho de la cortina nasal (ACN), Longitud de la cortina nasal (LCN), Distancia entre narinas (DN), Distancia entre las primeras hendiduras branquiales (DPHB), Distancia entre las últimas hendiduras branquiales (DUHB), Longitud entre la primera y la quinta hendidura branquial (LHB), Longitud de la aleta pélvica (LAP), Ancho de la aleta pélvica (AAP), Margen anterior de la aleta pélvica (MAP), Margen posterior de la aleta pélvica (MPP), Longitud del hocico a la cloaca (LHC), Longitud de la cloaca a la aleta caudal (LCAC) y Longitud del cláser (LC) (modificado de De Carvalho, 2001).



La descripción del endoesqueleto se llevó a cabo en los laboratorios de Zoología y Anatomía Animal Comparada de la FES Iztacala, UNAM, donde los ejemplares recolectados en campo, previamente fijados, fueron lavados con agua corriente durante dos días, con la finalidad de retirar el exceso de formol y proceder con la técnica de transparentación y tinción diferencial. Para dicha técnica, en primera instancia, se disminuyó la presencia de dentículos dérmicos en las regiones dorsal y ventral con ayuda de un Multipro Dremel Modelo 395 (5000-35,000 rpm). Una vez libres de dentículos dérmicos, los ejemplares se sometieron a una doble tinción diferencial con azul de alciano y rojo de alizarina "S", de acuerdo con la técnica de Kelly y Bryden (1983).

Con relación a la técnica antes mencionada, primero se realizó la deshidratación de los ejemplares por medio de un tren de alcohol etílico al 40%, 60%, 80%, 90% y 100%, permaneciendo 24 h en cada concentración. Para la tinción del cartílago se dejaron reposar en 10 mg de azul de alciano disuelto en 80 ml de etanol al 95% y 20 ml de ácido acético al 99.7%; pasadas 24 h se les aplicó un tren de alcohol inverso (100%, 90%, 80%, 60%, 40%) para su rehidratación. Posteriormente se colocaron en 10 mg de rojo de alizarina S/1L KOH al 4%, durante 24 h. Al finalizar la tinción se prosiguió la digestión alcalina, por medio de una solución de KOH al 4%, donde se dejaron reposar los ejemplares hasta que se obtuvo la diafanización del tejido. Finalmente, los ejemplares fueron transferidos a un tren de glicerina al 40%, 60%, 80% y 90% por 24 h en cada concentración, hasta su preservación en glicerina al 100%.

En la descripción del esqueleto se utilizaron como caracteres estructuras pertenecientes al esqueleto axial, apendicular y visceral, para lo cual se desarticuló el esqueleto, se fotografió con una cámara Canon T3i rebel, y posteriormente a partir de dichas fotos se realizaron esquemas con ayuda del programa de ilustración Corel Draw X7. La terminología esquelética empleada fue de acuerdo con Nishida (1990), Compagno y Heemstra (2007) y White *et al.* (2016).



Para la cuantificación merística se tomaron en cuenta el número de radios del protopterigio, mesopterigio, neopterigio y metapterigio de las aletas pélvicas y pectorales, así como el número de costillas y vértebras totales. El trabajo bibliográfico se realizó a partir de las revisiones de la descripción original (Garman, 1880) y de las referencias de la especie en la literatura (Bigelow y Schroeder, 1953; McEachran, 1995; Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996; Nelson *et al.*, 2016).

En los ejemplares depositados en las colecciones antes mencionadas, se descartó la manipulación por medio de las técnicas invasivas de tinción diferencial y disección, por lo que la descripción del endoesqueleto se realizó por medio de radiografías de los ejemplares, proporcionadas por el laboratorio de rayos-X de la Clínica Universitaria de Salud Integral Iztacala, el Museo de Zoología Comparada de Cambridge y del Parque Científico Tecnológico de Yucatán.

Los aspectos de su distribución geográfica fueron analizados compilando los registros, tanto de literatura como curatoriales, y sus coordenadas en una base de datos. Estos se representaron en un mapa con base en el portal del Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Los patrones de distribución se analizaron empalmando las diferentes zonas sedimentarias reportadas por Powers (1977) con el mapa de distribución mencionado.



RESULTADOS

El análisis morfológico de la especie se llevó a cabo a partir de cuarenta y dos ejemplares de *P. lentiginosus*, de ellos veintisiete se encuentran depositados en colecciones nacionales y quince fueron colectados en las costas del Golfo de México (tabla 1). Para la descripción del endoesqueleto, catorce organismos fueron transparentados y desarticulados, uno descarnado manualmente y se obtuvieron radiografías de tres ejemplares. Las fotografías de los dentículos dérmicos y dientes se realizaron a partir de ejemplares hembras y machos, tanto juveniles como maduros, para evidenciar el dimorfismo sexual dental de la especie.

Tabla 1.- Procedencia del material biológico utilizado para el análisis morfométrico y descripción del sistema esquelético.

Colección (Acrónimo) / Colecta	No. de Catálogo
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMYL) UNAM	ICMYL-P446.01; ICMYL-P446.02; ICMYL-P446.03; ICMYL-P446.04; ICMYL-P446.05; ICMYL-P446.06
Museo de Zoología Comparada de Cambridge (MZC)	MCZ:Ich:S-97
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), Unidad Mérida	57-05, P79, 96-16, 65-9, 86-23, 113-25, 792, 1738, 3972, 4227, Zacatal
Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)	606 y 607
Parque Científico y Tecnológico de Yucatán	CIRR-YUC-PEC- 3 170 y CIRR-YUC-PEC- 3 171
Las Barrancas, Antón Lizardo, Veracruz	11 ejemplares colectados
Puerto Celestún, Yucatán	4 ejemplares colectados

Análisis Morfológico

A partir de 42 ejemplares se tomaron 43 medidas morfométricas, expresadas con relación al porcentaje de la longitud total (LT) (tabla 2). Dichos ejemplares se caracterizaron en general por tener una LT oscilante entre los 190 mm y 819.55 mm. Las hembras presentaron valores entre el intervalo de 218.5 a 819.55 mm de LT, mientras que los machos tuvieron tallas más pequeñas, de 190 a 638.65 mm de LT.



Tabla 2.- Mínimos y máximos de las proporciones morfológicas de *P. lentiginosus*, expresadas como porcentaje de la longitud total (LT).

N=42	Medidas	Mínimos		Máximos	
		Hembra	Macho	Hembra	Macho
	Longitud total (mm)	218.50	190.00	819.55	638.65
	Longitud del disco	26.76	26.97	45.10	44.24
	Anchura del disco	30.44	27.48	33.01	41.92
	Longitud preorbital	13.65	13.31	16.49	21.09
	Longitud preoral	15.52	15.55	19.47	24.85
	Distancia interorbital	3.39	3.04	4.94	5.24
	Longitud del ojo	2.43	2.44	3.74	4.52
	Longitud prenasal	12.35	11.97	15.78	20.22
	Longitud del hocico al ancho del disco	32.35	5.10	40.59	51.22
	Distancia Inter-espiracular	4.53	4.90	6.29	7.73
	Longitud del espiráculo	0.64	0.51	2.11	1.75
	Ancho del espiráculo	1.32	1.42	2.27	2.37
	Ancho de la boca	5.23	6.14	8.43	14.09
	Ancho de la banda dental superior	5.82	5.78	7.79	9.17
	Ancho de la banda dental inferior	5.64	5.37	7.47	8.95
	Ancho de la cortina nasal	0.40	0.26	1.02	1.14
	Longitud de la cortina nasal	0.91	0.79	1.87	1.97
	Distancia entre narinas	2.79	2.58	3.89	4.32
	Distancia entre las primeras hendiduras branquiales	7.41	11.21	14.04	18.43
	Distancia entre las ultimas hendiduras branquiales	4.65	7.52	9.93	11.75
	Longitud entre la 1r y la 5ta hendidura branquial	4.70	4.04	8.19	7.38
	Longitud de la aleta pélvica	12.63	13.57	17.80	18.56
	Ancho de la aleta pélvica	5.03	3.71	6.34	7.55
	Margen anterior de la aleta pélvica	7.59	6.85	10.83	11.62
	Ancho de la cola aletas pectorales	11.05	10.15	15.03	15.98
	Ancho de la cola aletas pélvicas	7.25	7.07	12.24	12.23
	Alto de la 1ra aleta dorsal	5.27	5.05	7.63	9.65
	Longitud de la 1ra aleta dorsal	3.95	4.53	8.04	9.94
	Alto de la 2da aleta dorsal	4.25	3.95	7.13	9.34
	Longitud de la 2da aleta dorsal	4.42	4.86	7.93	10.50
	Longitud del lóbulo dorsal de la aleta caudal	11.53	10.99	14.75	18.12
	Longitud del lóbulo ventral de la aleta caudal	8.43	9.23	11.59	11.93
	Alto del lóbulo dorsal de la aleta caudal	2.30	2.26	4.19	5.85
	Alto del lóbulo ventral de la aleta caudal	2.48	1.79	3.80	3.65
	Alto de la aleta caudal	4.67	4.37	8.22	8.12
	Distancia interdorsal	10.24	9.17	11.21	13.41
	Distancia entre la 2da aleta dorsal y la aleta caudal	5.47	3.74	7.61	11.62



Tabla 2.- (Continuación).

N=42	Medidas	Mínimos		Máximos	
		Hembra	Macho	Hembra	Macho
	Longitud del hocico a la cloaca	39.21	22.04	47.10	55.59
	Longitud de la cloaca a la aleta caudal	49.83	56.02	62.34	72.05
	Longitud del hocico a la 1ra aleta dorsal	40.99	56.91	72.91	76.26
	Longitud del gonopterigio	0.00	5.05	0.00	18.02

Sistema esquelético

El esqueleto de los vertebrados soporta su peso, proporciona protección a las partes blandas, da la forma del cuerpo y junto con los músculos les confiere movimiento. El sistema esquelético de los condrictios está compuesto por el **exoesqueleto**, formado por las escamas placoideas o dentículos dérmicos, así como sus derivados; y el **endoesqueleto** o esqueleto interno, que es una estructura cartilaginosa rígida pero flexible, que a su vez se divide en *esqueleto axial* (condrocráneo, columna vertebral, sinarcualia y costillas), *visceral* (esqueleto hiobranquial y mandíbulas) y *apendicular* (cinturas pectoral y pélvica, así como sus aletas).

Exoesqueleto

Se tomaron un total de 35 fotografías en microscopio electrónico de barrido de las escamas placoideas que conforman el exoesqueleto de *P. lentiginosus*. Para la toma de las fotografías fueron requeridos ocho ejemplares, de los cuales cuatro eran hembras (dos maduras y dos inmaduras) y cuatro machos (dos maduros y dos inmaduros). A todos los ejemplares se les diseccionó una porción de piel de aproximadamente 1cm², la cual fue secada a la intemperie antes de tomar las fotografías.

Con respecto a la región dorsal se fotografiaron los dentículos del ápice rostral, de la periferia de los ojos, y de las escamas placoideas de la línea media del cuerpo,



a la altura de la cintura pectoral. De la región ventral la muestra de piel procedió de la porción central de los ejemplares, a la altura de la cintura pectoral.

Los dentículos dérmicos de la región dorsal (Fig. 3) se caracterizan por presentar tres cúspides, una central y dos laterales, éstas últimas son festonadas en los márgenes hacia la parte posterior del dentículo tanto en ejemplares hembras y machos maduros. En los machos y hembras juveniles los dentículos se encuentran en desarrollo, por lo que no se presenta claramente el margen festonado.

El dentículo carece de elevaciones, crestas o surcos, por lo que se cataloga como plano. El acomodo de los dentículos mantiene cierta distancia entre ellos, dejando una pequeña porción de piel libre, la cual es mayor en organismos juveniles. Al desprender las escamas placoideas del tejido, es posible observar la unión del pedúnculo con la corona (Fig. 3f).

Además de los dentículos previamente descritos, *P. lentiginosus* presenta entre 6 y 36 dentículos modificados a manera de lanza, los cuales son más alargados y festonados en comparación con los contiguos. Estos se aprecian a simple vista a lo largo de la línea media del cuerpo, desde la nuca hasta la segunda aleta dorsal y sólo se interrumpen en la intersección de las aletas dorsales (Figs. 4 a y b). Dichos dentículos son muy parecidos a los dentículos ornamentales encontrados en la periferia del ojo, los cuales pueden servir de protección al mismo (Figs. 4 c y d). Sobre el ápice rostral se aprecian entre 1 y 7 protuberancias redondeadas a manera de tubérculos, las cuales son características de la especie, los dentículos dérmicos que los rodean, también son redondeados pero carentes de elevaciones (Figs. 4 e y f).



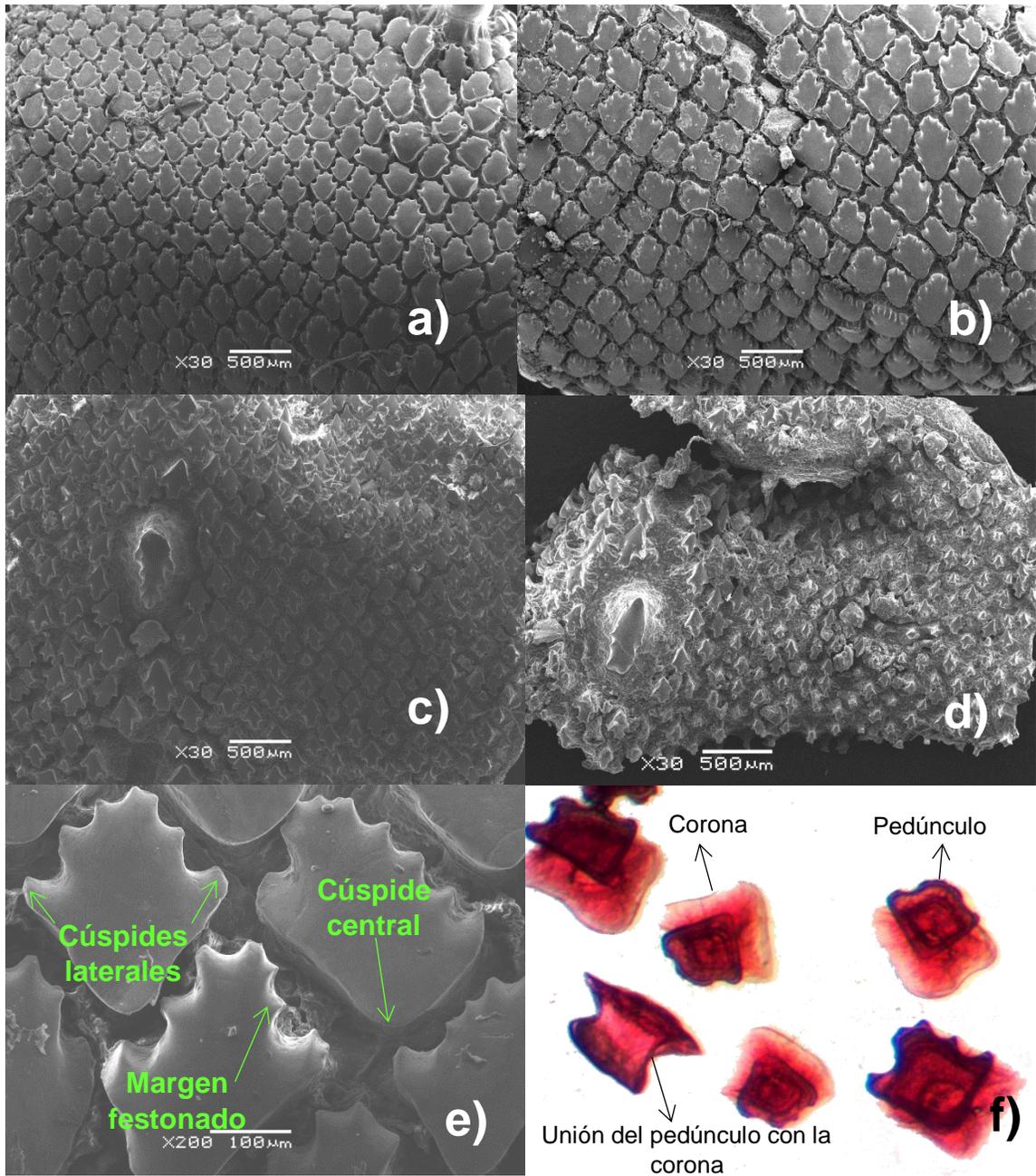


Figura 3. Fotografías de los dentículos dérmicos dorsales de *P. lentiginosus*: a) piel de macho maduro a 30x; b) piel de hembra madura a 30x; c) piel de macho inmaduro a 30x; d) piel de hembra inmadura a 30x; e) dentículos dérmicos dorsales a 200x (microscopía electrónica de barrido); f) unión de corona y pedúnculo de dentículos dérmicos dorsales (microscopía óptica).



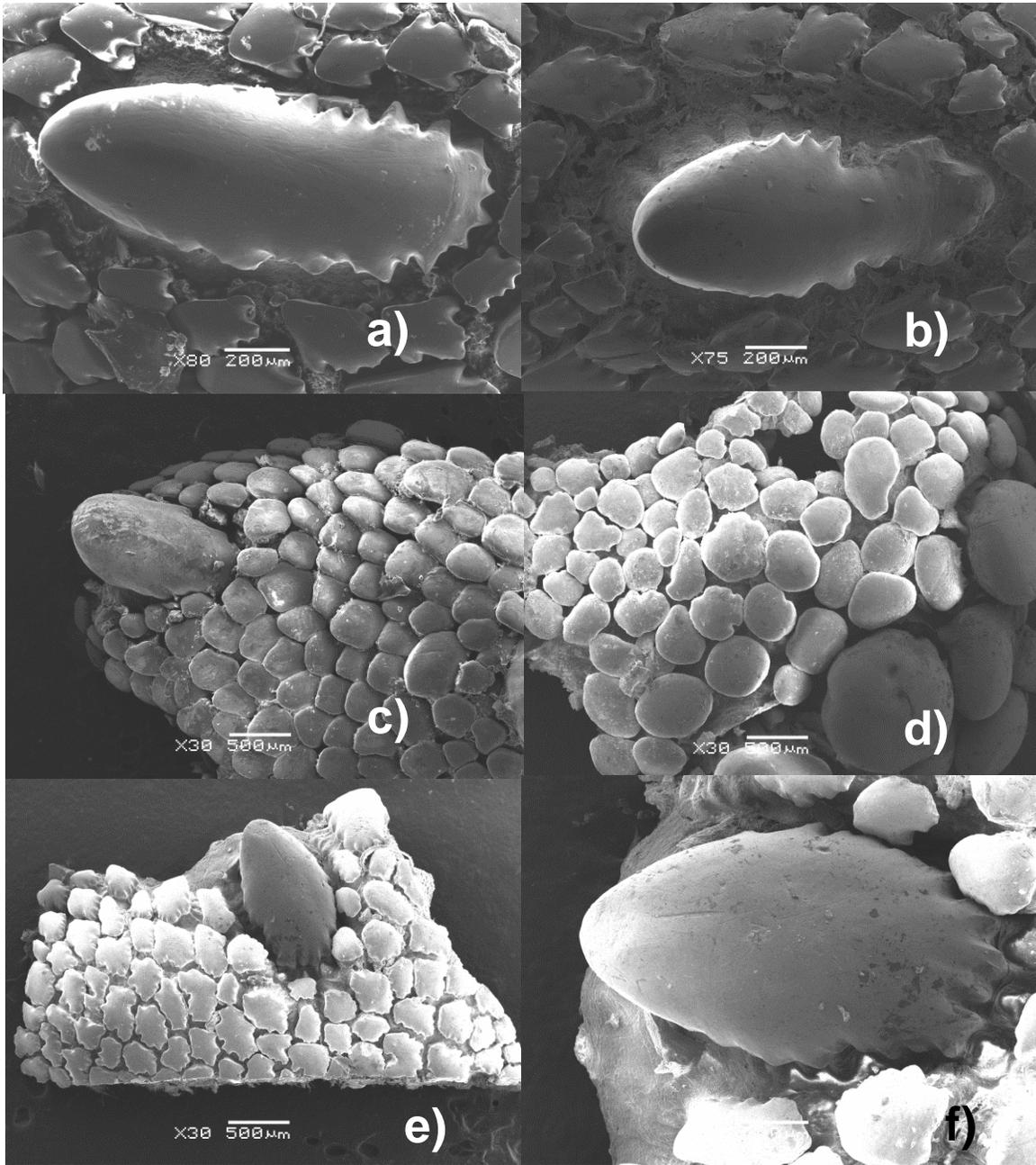


Figura 4. Fotografías de los dentículos dérmicos dorsales de *P. lentiginosus*: a) y b) dentículo dérmico de la línea media a 200x y 75x, respectivamente, c) y d) dentículos desarrollados en el ápice rostral a manera de tubérculos a 30x, e) y f) dentículos dérmicos periféricos del ojo a 30x y 200x respectivamente (microscopía electrónica de barrido).

Los dentículos dérmicos de la región ventral resultaron ser completamente diferentes a los dorsales. Estos presentan una forma romboidal y carecen de márgenes festonados, surcos, elevaciones o crestas. A diferencia de la región dorsal el acomodo de estos dentículos es más cercano, sobre todo en ejemplares



adultos, donde no se aprecia la piel debido a la yuxtaposición de las escamas. Los dentículos dérmicos de *P. lentiginosus* varían en forma y densidad con relación a la región corporal (Figs. 3, 4 y 5).

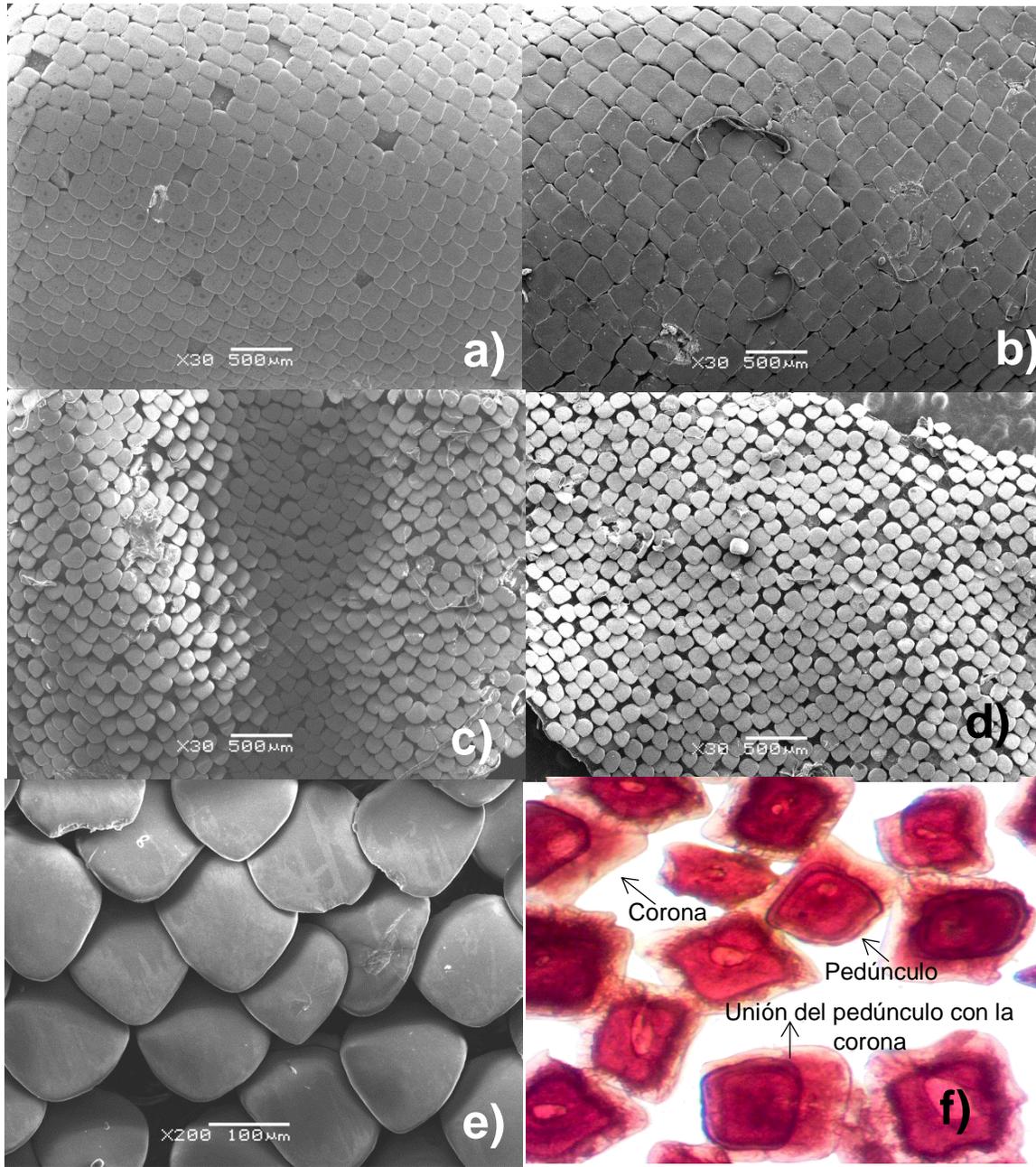


Figura 5. Fotografías de los dentículos dérmicos ventrales de *P. lentiginosus*: a) piel de macho maduro a 30x; b) piel de hembra madura a 30x; c) piel de macho inmaduro a 30x; d) piel de hembra inmadura a 30x; e) dentículos dérmicos ventrales a 200x (microscopía electrónica de barrido); f) unión de corona y pedúnculo de dentículos dérmicos ventrales (microscopía óptica).



Endoesqueleto

La descripción del endoesqueleto de la especie se llevó a cabo a partir de tres ejemplares radiografiados (Fig. 6), provenientes de Florida, Veracruz y Yucatán, los cuales se encontraban depositados en las colecciones de Harvard (Holotipo de Florida), de la FES Iztacala y del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán. Además, quince ejemplares fueron transparentados (Fig. 7), de los cuales cinco eran hembras y diez machos, todos recolectados en las costas del Golfo de México, once en Antón Lizardo, Veracruz y cuatro en Celestún, Yucatán.

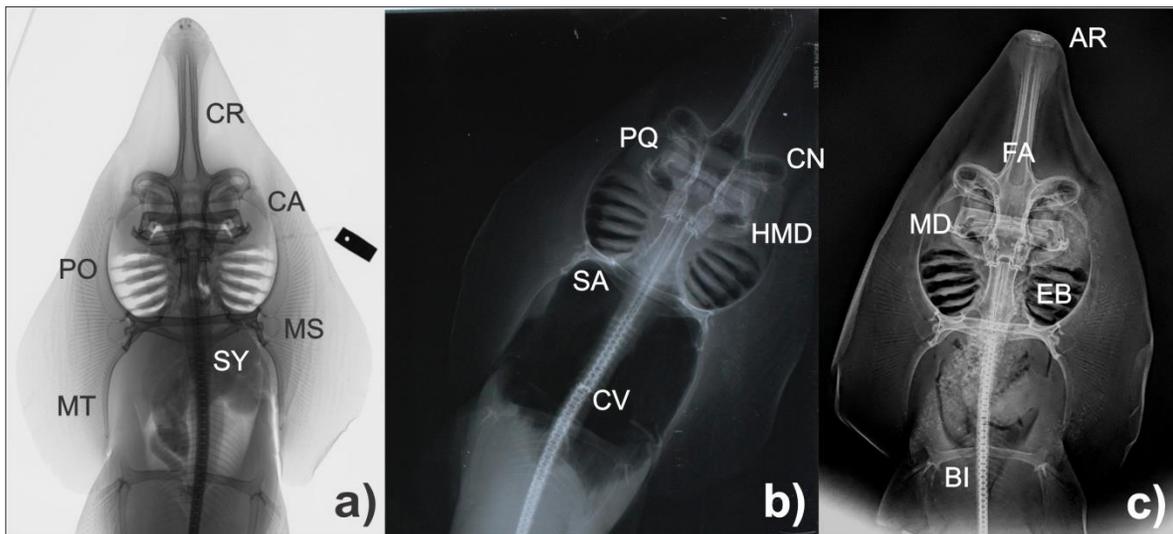


Figura 6.- Radiografías de *P. lentiginosus*, provenientes de las costas de: **a)** Florida **b)** Veracruz y **c)** Yucatán. Acotaciones: **AR** (ápice rostral), **BI** (barra isquiopúbica), **CA** (cartílago anterorbital), **CN** (cápsula nasal), **CR** (cartílago rostral), **CV** (columna vertebral), **EB** (esqueleto branquial), **FA** (fontanela anterior), **HMD** (hiomandibular), **MD** (cartílago de Meckel), **MS** (mesopterigio), **MT** (metapterigio), **PO** (protopterigio), **PQ** (palatoc cuadrado), **SA** (supraescápula), **SY** (sinarcualia).

A continuación se describe el endoesqueleto de *P. lentiginosus* a partir de quince ejemplares procesados mediante la técnica de transparentación y tinción diferencial de Kelly y Bryden (1983). La descripción se realizó dividiendo el esqueleto en axial, visceral y apendicular. Para facilitar el estudio de las estructuras de interés, el esqueleto fue desarticulado para su descripción individual en todos los ejemplares transparentados. Además, se muestran los resultados de los caracteres merísticos obtenidos a partir de los ejemplares transparentados.



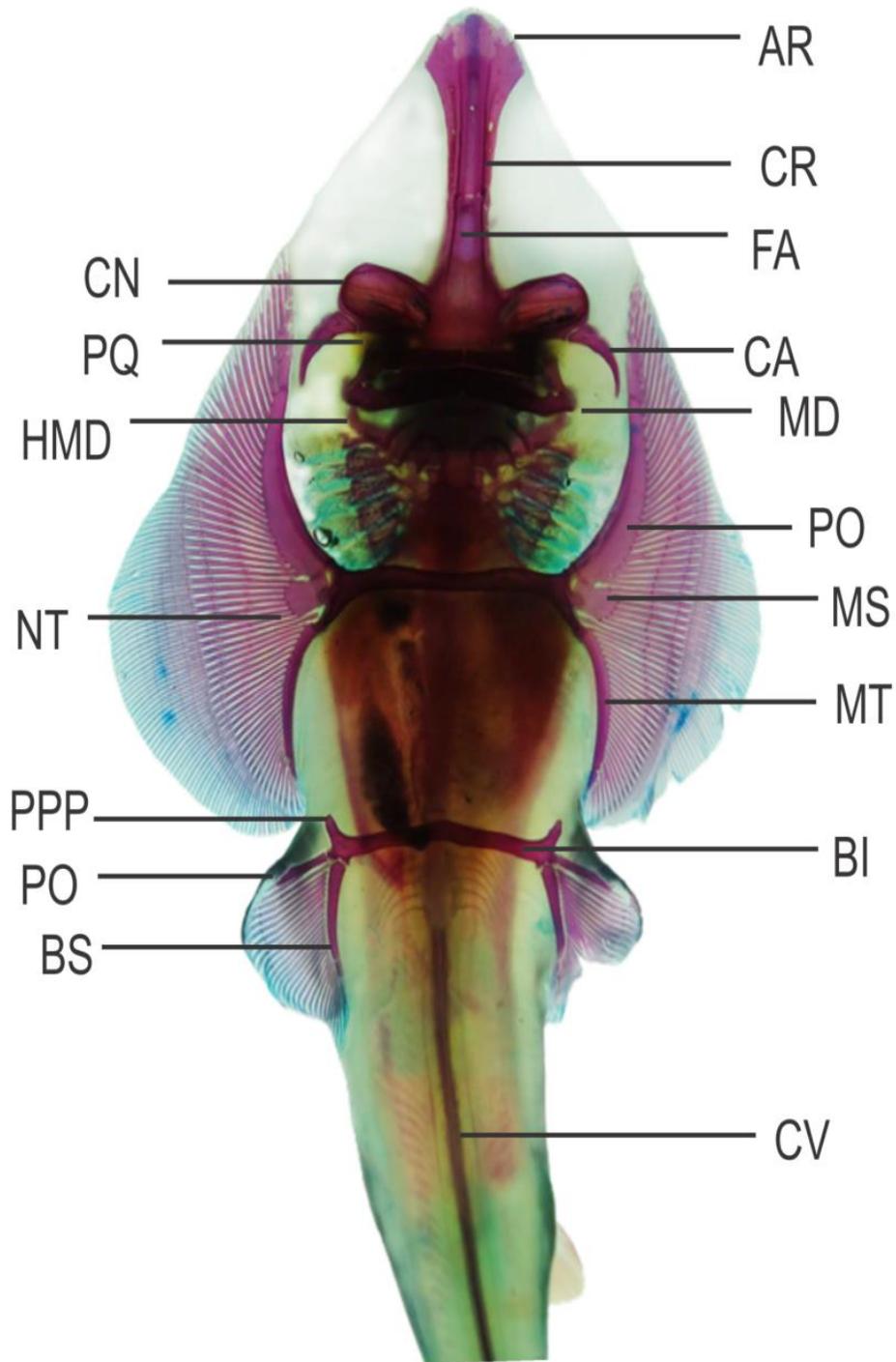


Figura 7.- Fotografía de hembra transparentada de *P. lentiginosus* en posición ventral, con el endoesqueleto articulado. **AR** (ápice rostral), **BI** (barra isquiopúbica), **BS** (basipterigio), **CA** (cartílago anterorbital), **CN** (cápsula nasal), **CR** (cartílago rostral), **CV** (columna vertebral), **FA** (fontanela anterior), **HMD** (hiomandibular), **MD** (cartílago de Meckel), **MS** (mesopterigio), **MT** (metapterigio), **NT** (neopterigio), **PO** (protopterigio), **PPP** (proceso prepúbico), **PQ** (cartílago palatoc cuadrado).



Esqueleto axial

Condrocráneo (Fig. 8):

El cráneo en los condriictios, a diferencia de otros vertebrados, se caracteriza por ser una sola pieza de cartílago con regiones bien definidas, en la cual están incorporadas las cápsulas nasales, óticas y olfatorias y cuyo ensamble se da durante el desarrollo embrionario por la fusión de cartílagos separados. Los cartílagos rostrales y anteorbital son las estructuras más variantes del condrocráneo de los batoideos, ya que su prolongación hacia la región rostral y lateral, respetivamente, determina la forma del disco del grupo.

El cráneo de *P. lentiginosus* es alargado, presenta un rostro bastante prolongado a manera de cuña, donde el ápice rostral de forma rómbica se fusiona al cartílago rostral; en el ápice rostral se aprecian dos forámenes anteriores, uno a cada lado. Dicho ápice no se encuentra completamente calcificado en la punta del mismo, por lo que en la tinción diferencial se muestra sólo teñido por el azul de alciano. A lo largo del rostro se sitúa la fontanela anterior que se aguza hacia la región etmoidal, cuenta a cada lado con cuatro pares de forámenes rostrales en la parte anterior de la misma. Los cartílagos anteorbitales se encuentran articulados proximalmente a las cápsulas nasales a través de los cóndilos anteorbitales. Las cápsulas nasales se expanden lateralmente constituyendo el ancho del cráneo y otorgándole a la familia, junto con las aletas pectorales, la forma triangular del disco. Posterior a las cápsulas nasales se sitúa la región orbital, la cual es angosta, contiene a la fontanela posterior que es muy pequeña con relación a la anterior. Las cápsulas óticas son fácilmente apreciables, a ellas se articula el cartílago hiomandibular.

Ventralmente se aprecian los forámenes rostrales anteriores y laterales, una quilla ventral a lo largo del cartílago rostral, así como la abertura de las cápsulas nasales y las laminillas olfatorias. Posterior al foramen de la arteria carótida interna se aprecia el borde medial, que constituye los restos de la notocorda. En la vista



lateral se aprecia una ligera curvatura en el ápice rostral hacia la región dorsal. Entre los procesos postorbital y anterorbital se encuentra la región óptica, que contiene los forámenes de los nervios óptico y oculomotor y la comisura lateral. En la región occipital se encuentran los arcos yugales y el foramen magnum entre los cóndilos occipitales. En esta región se articula la sinarcualia, continuándose con el resto de la columna vertebral.

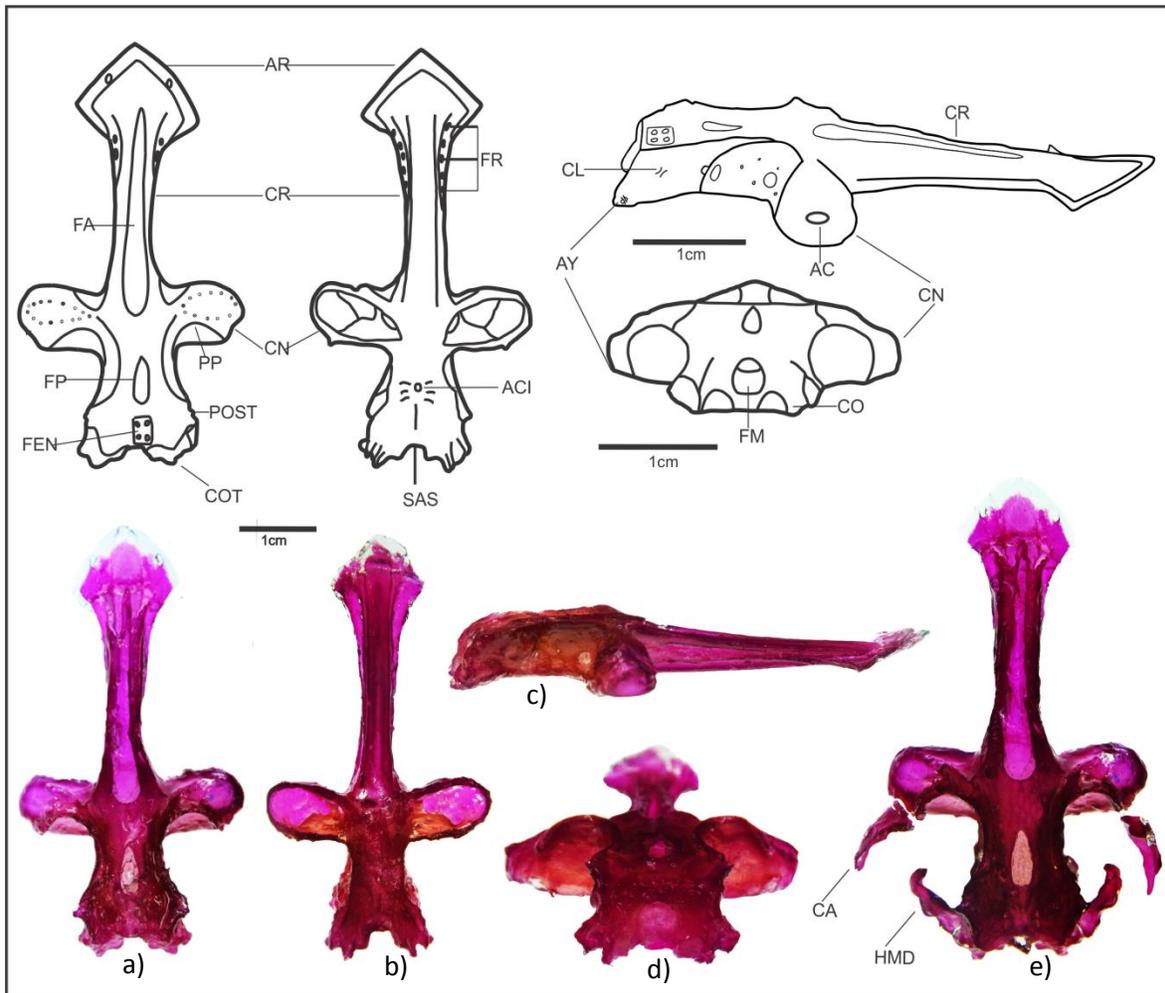


Figura 8. Esquemas y fotografías del condrocráneo de *P. lentiginosus*: a) vista dorsal; b) vista ventral; c) vista lateral; d) vista occipital; y e) condrocráneo en vista dorsal con cartílagos anterorbitales y hiomandubular. **AC** (cóndilo anterorbital), **ACI** (foramen de la arteria carótida interna), **AR** (ápice rostral), **AY** (arco yugal), **CA** (cartílago anterorbital), **CL** (comisura lateral), **CN** (cápsula nasal), **CR** (cartílago rostral), **CO** (cóndilo occipital), **COT** (cápsula óptica), **FA** (fontanela anterior), **FEN** (fosa endolinfática), **FM** (foramen magnum), **FP** (fontanela posterior), **FR** (forámenes rostrales), **HMD** (hiomandibular), **POST** (proceso postorbitario), **PP** (proceso preorbitario), **SAS** (sitio de articulación de la sinarcualia).



Sinarcualia (Fig. 9):

Todos los batoideos presentan una fusión en los primeros elementos vertebrales, conocida como sinarcualia, la cual es diferente a la que presentan las quimeras. Esta estructura presenta en la porción anterior el proceso odontoide, que representa el sitio de articulación de la sinarcualia con el cráneo a través de los cóndilos occipitales. En posición dorsal, la cresta media recorre toda la sinarcualia de extremo a extremo; cercano a la región posterior se ubica el supraescapular, el cual articula a la sinarcualia con el supraescapular a cada lado de la misma (Fig. 9 d). A cada lado se encuentra un proceso alar que define el ancho de la sinarcualia, en los costados se aprecian una serie de pequeños procesos similares a las costillas pleurales. En la base ventral se distinguen fácilmente las últimas vértebras fusionadas que originan esta pieza, son doce y aumentan de tamaño conforme se acercan a la región posterior. Lateralmente se localiza una serie de pequeños forámenes de los nervios espinales.

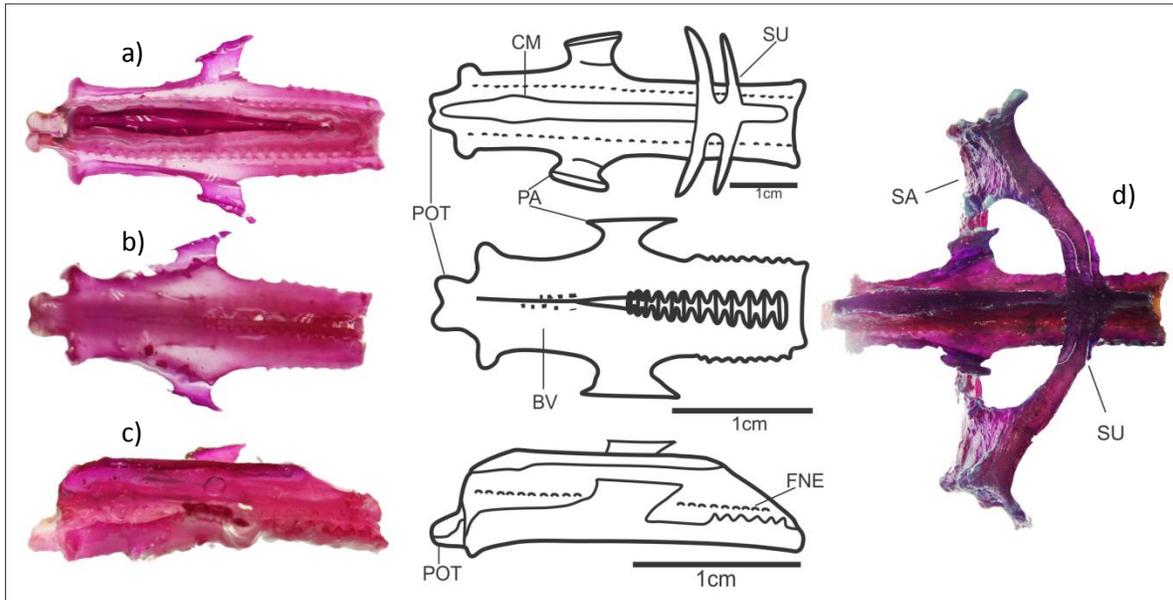


Figura 9. Fotografías y esquemas de la sinarcualia de *P. lentiginosus*: a) vista dorsal; b) vista ventral; c) vista lateral; d) Sinarcualia articulada al escapulacoradoides por medio de la supraescápula. **BV** (base ventral), **CM** (cresta media), **FNE** (forámenes de los nervios espinales), **PA** (proceso alar), **POT** (proceso odontoide), **SA** (escapulacoracoides), **SU** (supraescapular).



Posterior a la sinarcualia se continúa la columna vertebral, formada por la unión de vértebras individuales claramente definidas por el espacio intervertebral. Se contabilizaron en promedio 180 vértebras (doce presentes en la sinarcualia), a las cuales se articulan 22 costillas pleurales a partir de la primer vértebra individual posterior a la sinarcualia y hasta nueve vértebras después de la cintura pélvica. Las primeras costillas son pequeñas y aumentan de tamaño hacia la porción caudal. En la región torácica se aprecian las espinas neurales de las vértebras, las cuales son cuadrangulares y disminuyen de tamaño hacia la segunda aleta dorsal. Se presentan dos aletas dorsales de forma triangular, ambas son de altura similar y contienen entre 12 y 15 radios unidos a los elementos basales, estos son pequeños y cuadrangulares como las espinas neurales a los que se articulan. Posterior a la segunda aleta dorsal se ubica la aleta caudal, es de tipo heterocerca y cuenta con alrededor de 72 radios totales, de los cuales de 31 a 33 forman parte del lóbulo dorsal y de 38 a 41 del ventral (Fig. 10).



Figura 10. Fotografía de la columna vertebral y aletas impares (1ª dorsal, 2ª dorsal y aleta caudal) de *P. lentiginosus*.

Esqueleto visceral

El esqueleto visceral o esplanocráneo está constituido por siete arcos viscerales. El primero, conocido como arco mandibular, forma la maxila y la mandíbula. El segundo es el arco hioideo, ventralmente forma el piso de la boca. Los siguientes cinco son los arcos branquiales, de ellos, los primeros cuatro se encargan de sostener los septos interbranquiales, mientras que el último se articula con el escapulocoracoides.



Mandíbulas (Fig. 11):

El arco mandibular o mandíbula está compuesto por el cartílago palatoc cuadrado (maxila) y cartílago de Meckel (mandíbula), el primero es más grande que el segundo. Las mandíbulas son cortas pero gruesas y se encuentran unidas a través de una articulación. Cada arco mandibular se encuentra dividido en mitades, unidas medialmente por una sínfisis, y es debida a la falta de calcificación entre ambos. Los dientes se disponen a manera de mosaico en hileras transversales, tanto en el palatoc cuadrado como en el cartílago de Meckel. Carecen de cartílagos labiales y la mandíbula se une al cráneo mediante el arco hioideo. La suspensión mandibular es de tipo euhiofíllica, lo que confiere mayor libertad de movimiento a la boca.

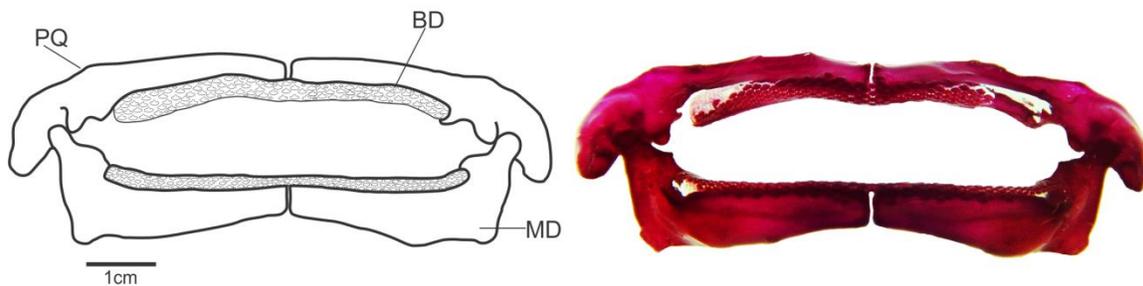


Figura 11. Esquema y fotografía de la mandíbula de *P. lentiginosus*: **BD** (banda dental), **MD** (cartílago de Meckel), **PQ** (palatoc cuadrado).

Dentición (Fig. 12):

Presentan una dentición a manera de mosaico, la mayor parte de los dientes se presentan en la parte interna de las bandas dentales. La maxila presenta aproximadamente en hembras 50 bandas dentales transversales y en machos 46. La mandíbula cuenta con alrededor de 48 bandas para hembras y 44 bandas para machos. Los dientes de *P. lentiginosus* presentan variaciones morfológicas en función del sexo y estado de madurez. Son en general similares a los dientes de otras especies del género, los juveniles de ambos sexos presentan márgenes no redondeados y la cúspide es redonda, mientras que en los ejemplares maduros los



márgenes son redondeados, los machos presentan cúspides punteadas y las hembras presentan un estadio intermedio con cúspides ligeramente punteadas.

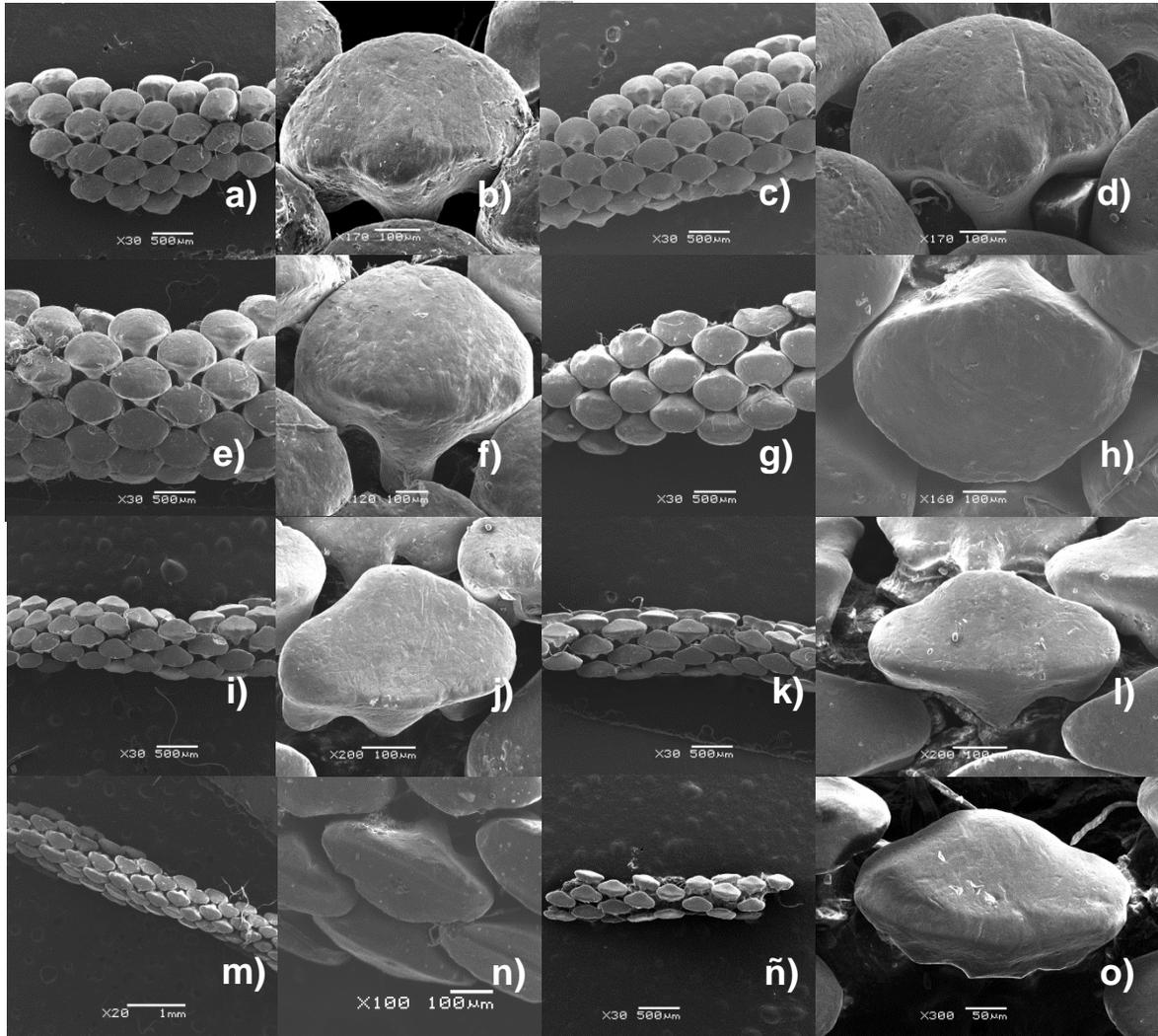


Figura 12 Fotografías de la dentición de *P. lentiginosus*: a) banda dental superior de macho maduro a 30x; b) diente de banda dental superior de macho maduro a 170x; c) banda dental inferior de macho maduro a 30x; d) diente de banda dental inferior de macho maduro a 170x; e) banda dental superior de hembra madura a 30x; f) diente de banda dental superior de hembra madura a 120x; g) banda dental inferior de hembra madura a 30x; h) diente de banda dental inferior de hembra madura a 160x; i) banda dental superior de macho inmaduro a 30x; j) diente de banda dental superior de macho inmaduro a 200x; k) banda dental inferior de macho inmaduro a 30x; l) diente de banda dental inferior de macho inmaduro a 200x; m) banda dental superior de hembra inmadura a 20x; n) diente de banda dental superior de hembra inmadura a 100x; ñ) banda dental inferior de hembra inmadura a 30x; o) diente de banda dental inferior de hembra inmadura a 300x. Tomadas en microscopio electrónico de barrido.



Esqueleto branquial (Fig. 13):

Los arcos branquiales se sitúan entre las aletas pectorales, delimitados por las mandíbulas y la cintura pectoral. Los hiomandibulares se articulan al condrocráneo en la región ótica. El esqueleto branquial se constituye por tres cartílagos hipobranquiales, un basiial, un basibranquial, un pseudohial. Además, a cada lado, en posición posterior, hay cinco ceratobranquiales y cinco epibranquiales, los cuales están fusionados entre sí y se encuentran dotados de radios branquiales en su porción exterior; además de un faringobranquial articulado a cada epibranquial. El basiial, que en la porción lateral algunos autores denominan primer hipobranquial, es una barra con forma de “u” invertida, al que se articula el pseudohial. Los siguientes dos hipobranquiales se encuentran parcialmente fusionados entre sí y a su vez se unen posteriormente con el basibranquial. Tanto el primer ceratobranquial como el pseudohial se conectan con el primer y segundo hipobranquial, mientras que el segundo y tercer ceratobranquial se articulan al segundo y tercer hipobranquial, finalmente el cuarto y quinto ceratobranquial se articulan al basibranquial, el cual se aguza hacia la porción posterior. El quinto ceratobranquial es el encargado de articular al esqueleto branquial con la cintura pectoral. Los faringobranquiales se encuentran a su vez articulados a la región ventral de la sinarcualia.

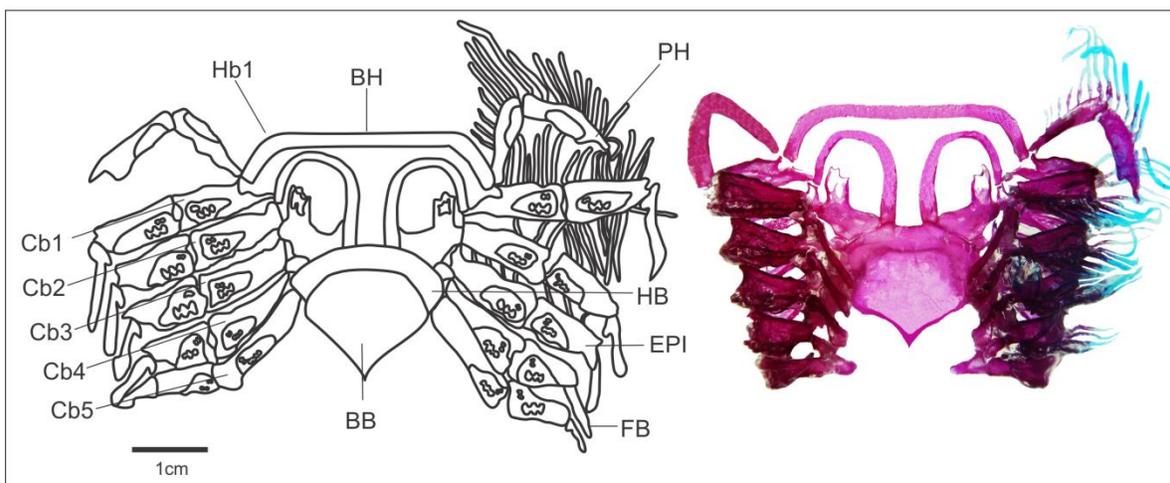


Figura 13. Esquema y fotografía del esqueleto branquial de *P. lentiginosus*: **BB** (basibranquial), **BH** (basiial), **Cb** (ceratobranquial), **EPI** (epibranquial), **FB** (faringobranquial), **HB** (hipobranquial), **PH** (pseudohial).



Esqueleto apendicular

Aleta pectoral (Fig. 14):

Las aletas pectorales consisten en una serie de cartílagos radiales que a su vez se forman de pterigóforos, formando la ceratotriquia, que se encuentran articulados en la parte basal al protopterigio, mesopterigio, metapterigio y en algunos ejemplares al neopterigio. El protopterigio es una barra alargada y gruesa que se va adelgazando a medida que se extiende hasta la región cefálica, terminando después de las cápsulas nasales, generalmente presenta entre 27 y 29 radios. En la base se articula por una parte con la cintura pectoral y por la otra con el mesopterigio. Este último es una estructura pequeña y aplanada a la que se articulan de 7 a 9 radios, se sitúa en la parte central de la aleta y se articula únicamente con la cintura pectoral. El neopterigio puede o no estar presente, de estarlo puede conformarse por uno o dos radios, incluso puede presentarse en una aleta y carecer en la otra, sin presentar un patrón de aparición determinado; es fácilmente apreciable entre el mesopterigio y el metapterigio. El metapterigio es una barra alargada más delgada que el protopterigio, aunque ambos presentan el mismo número de radios (27-29), este se extiende hacia la región caudal hasta poco antes del nacimiento de las aletas pélvicas y se articula a la cintura pectoral. Las aletas revisadas presentaron entre 61 y 67 radios totales.

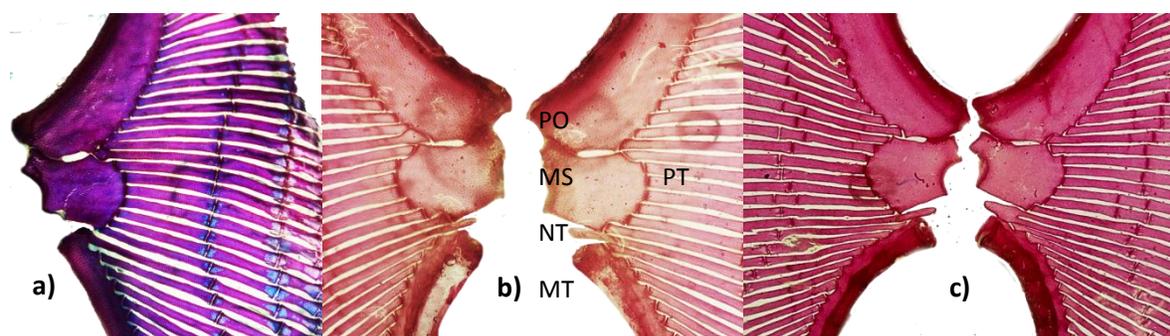


Figura 14. Fotografías de las aletas pectorales de *P. lentiginosus*: a) aleta sin neopterigio, b) aletas con un neopterigio; c) aletas con uno y dos neopterigios. **PO** (protopterigio), **MS** (mesopterigio), **NT** (neopterigio), **MT** (metapterigio), **PT** (pterigóforos).



Cintura escapular (Fig. 15):

La cintura escapular presenta una forma de anillo en cuyas porciones laterales se encuentra la escápula, que es el punto de articulación entre las aletas y la cintura pectoral. La escápula es pequeña y ancha, presenta cuatro fenestras: anterodorsal, anteroventral, posterodorsal y la posteroventral. El protopterigio, mesopterigio y metapterigio se articulan con la escápula mediante el procóndilo, mesocóndilo y metacóndilo, respectivamente. El supraescapular se articula dorsalmente con la columna vertebral por medio de la supraescápula a través de la sinarcualia.

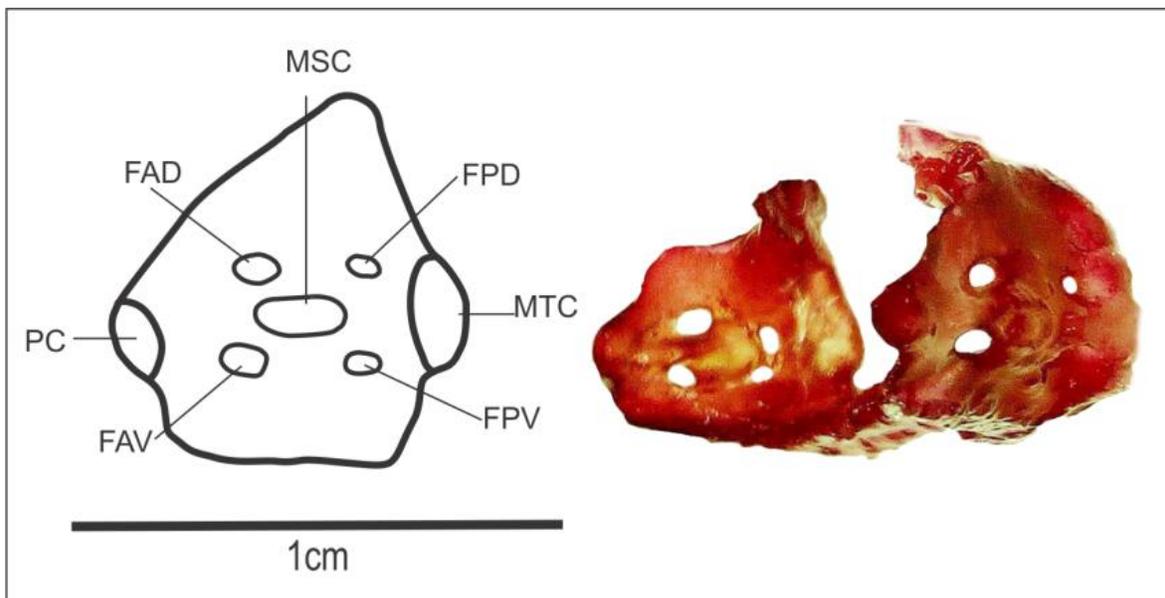


Figura 15. Esquema y fotografía de la escápula de *P. lentiginosus*: **FAD** (fenestra anterodorsal), **FAV** (fenestra anteroventral), **FPD** (fenestra posterodorsal), **FPV** (fenestra posteroventral), **MSC** (mesocóndilo), **MTC** (metacóndilo), **PC** (procóndilo).

Cintura pélvica (Fig. 16):

Las aletas pélvicas se ubican a los lados de la cloaca, entre el disco y la cola. Se constituyen por el protopterigio, el basipterigio y los pterigóforos. El protopterigio es alargado y ligeramente más delgado que el basipterigio, mantiene una articulación independiente con la cintura pélvica y se extiende de forma paralela a los pterigóforos. El basipterigio se encuentra perpendicular al protopterigio, el cual se articula con la barra isquiopúbica, y presenta alrededor de 28 radios. En los machos los órganos copuladores se conocen como cláspers o gonopterigios y se encuentran uno a cada lado de la aleta, son flácidos en los organismos juveniles y



a medida que maduran se empiezan a calcificar, tornándose duros. Las aletas se encuentran articuladas a la cintura pélvica, la cual consiste en una barra isquiopúbica que recorre de lado a lado al individuo y presenta tres procesos: el prepúbico, el isquiático y el iliaco. Esta cintura no se encuentra articulada con la columna vertebral como en el resto de las aletas.

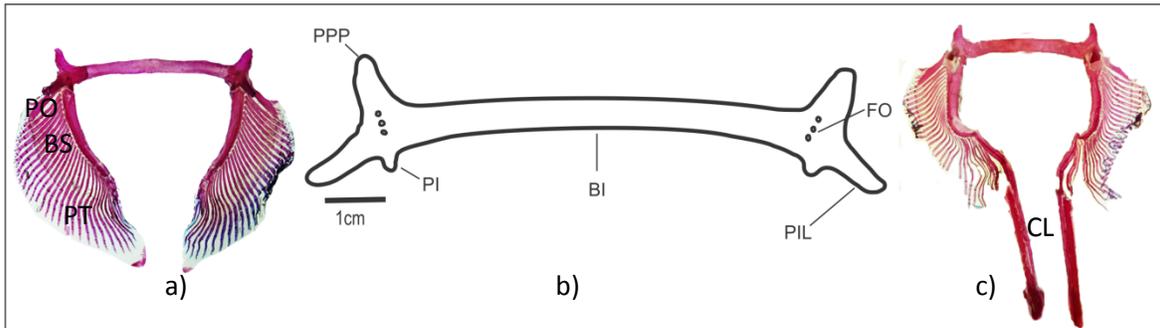


Figura 16. Fotografías y esquema de la cintura y aletas pélvicas de *P. lentiginosus*: a) aleta pélvica de hembra, b) esquema de la cintura pélvica, c) aleta pélvica de macho. **BI** (barra isquiopúbica), **BS** (basipterigio), **CL** (cláspers), **FO** (foramen obturador), **PI** (proceso isquiático), **PIL** (proceso iliaco), **PPP** (proceso prepúbico), **PO** (protopterigio), **PT** (pterigóforos).

Como parte de la descripción cuantitativa del endoesqueleto se tomaron trece criterios merísticos (Tabla 3), que incluyen el número de vértebras y costillas totales, así como los radios que conforman las aletas pares e impares.

Tabla 3.- Datos merísticos obtenidos en la Guitarra Atlántica, *P. lentiginosus*.

Datos merísticos (n=15)	Intervalo
Radios del protopterigio	27-29
Radios del mesopterigio	6-9
Radios del neopterigio	0-2
Radios del metapterigio	27-29
Radios pectorales totales	60-69
Radios pélvicos totales	26-28
Radios de la primer aleta dorsal	12-15
Radios de la segunda aleta dorsal	12-15
Radios del lóbulo dorsal de aleta caudal	31-33
Radios del lóbulo ventral de aleta caudal	38-41
Radios caudales totales	69-74
Costillas pleurales	22
Vértebras totales	177-187



Aspectos taxonómicos y biogeográficos

Pseudobatos lentiginosus (Garman, 1880)



Figura 17. Fotografía del holotipo de *Pseudobatos lentiginosus* depositado en la colección del Museo de Zoología comparada de Cambridge con el número de catálogo S-97.

Categorización taxonómica (*sensu* Last *et al.*, 2016b)

Filo Chordata

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Orden Rhinopristiformes

Familia Rhinobatidae

Género *Pseudobatos*

Especie *Pseudobatos lentiginosus* (Garman, 1880)

~ 34 ~



Nombre común: Pez Guitarra, Guitarra Diablito, Guitarra Atlántica (Español); Atlantic Guitarfish, Freckled Guitarfish (Inglés).

Sinonimias:

Rhinobatus lentiginosus: Garman, 1880:186 (Descripción original; localidad típica: Costas de Florida).

Rhinobatos lentiginosus Garman, 1880. Castro-Aguirre y Espinosa-Pérez, 1996 (Catálogo, distribución y notas); Bigelow y Schroeder, 1953 (Diagnosis, distribución y notas); McEachran, 1995 (Distribución y notas); Nelson *et al.*, 2016 (Distribución y notas).



Figura 18. Ejemplar macho de *P. lentiginosus* en vista dorsal y ventral, capturado en las costas del estado de Veracruz, México.



Diagnosis (Figs. 17 y 18)

Las poblaciones de la especie en Florida y sur del Golfo de México son fácilmente reconocidas y diferenciadas de sus congéneres por su típica coloración dorsal, la cual es pardo-clara dotada de lunares blancos; la población central del Golfo de México tiene una coloración pardo grisáceo y carece de puntos en el dorso, a excepción de algunos ejemplares colectados con pequeños lunares blancos (fig.19). Además, presenta dentículos dérmicos modificados en la región dorsal, los cuales se localizan en el ápice rostral (1-7), órbita del ojo y línea media del cuerpo (6-36). Los cartílagos rostrales se expanden hasta el límite del ápice rostral.

Descripción

Su cuerpo es dorso-ventralmente deprimido y tanto la cabeza como la porción anterior del cuerpo se encuentran moderadamente aplanadas con respecto a la cola, que es robusta y carente de espinas. El disco es rómbico con esquinas bien redondeadas, el rostro es triangular, presenta un cartílago rostral fuerte y bien delimitado, la distancia entre ellos se reduce significativamente hacia el ápice rostral. Los ojos y espiráculos se encuentran en posición dorsal, mientras que las narinas y la boca, que es pequeña y arqueada hacia arriba en la parte central, se sitúan en posición ventral. El espiráculo se forma por dos pliegues, el exterior es mayor que el interior. Cuenta con dos aletas dorsales bien desarrolladas, ambas son muy semejantes en tamaño, su forma es triangular con las esquinas ligeramente redondeadas. Los márgenes de todas las aletas presentan una coloración más clara. Las aletas pélvicas son lobuladas y la caudal es heterocerca. A los costados del pedúnculo caudal presenta un pliegue dérmico lateral a manera de quilla, el cual se distribuye de manera continua desde la axila hasta el inicio de la aleta caudal. Presentan diferentes tipos de dentículos dérmicos en posición dorsal, los cuales se pueden situar al borde de los ojos y espiráculos, a lo largo de la columna vertebral y en el ápice rostral (Fig. 18).



Coloración

P. lentiginosus, se caracteriza por presentar variaciones en la coloración dorsal, pudiéndose identificar cuatro tipos diferentes: en los ejemplares de las costas de Florida el dorso es color marrón o pardo claro y se encuentra dotado de pequeños lunares blancos, distribuidos en todo el dorso, exceptuando el ápice rostral. En las costas de Veracruz la mayoría de los ejemplares presentan una coloración dorsal uniforme café oscuro, aunque se han capturado ejemplares cuyo dorso café se encuentra dotado de escasos puntos blancos muy pequeños localizados en la región central del cuerpo, principalmente a la altura de las aletas pectorales. Por su parte en los ejemplares de las costas de Yucatán, se aprecia una coloración dorsal marrón-café claro, dotada de manchas blancas de mayor tamaño que las de los individuos de Florida, las cuales no se presentan en los márgenes de las aletas ni en el ápice rostral (Fig. 19). En todos los ejemplares se presenta una disminución en la tonalidad dorsal en los márgenes de las aletas; su hocico es pálido y translúcido. Ventralmente la coloración es blanquecina, con los bordes de las aletas un poco oscurecidos; algunos organismos presentan una mancha negra a manera de gota en el ápice rostral, la cual algunos autores refieren, disminuye en tamaño y coloración a medida que el ejemplar crece, sin embargo no se encontró ningún patrón relacionado con el sexo o estado de maduración de los ejemplares (Fig.18).

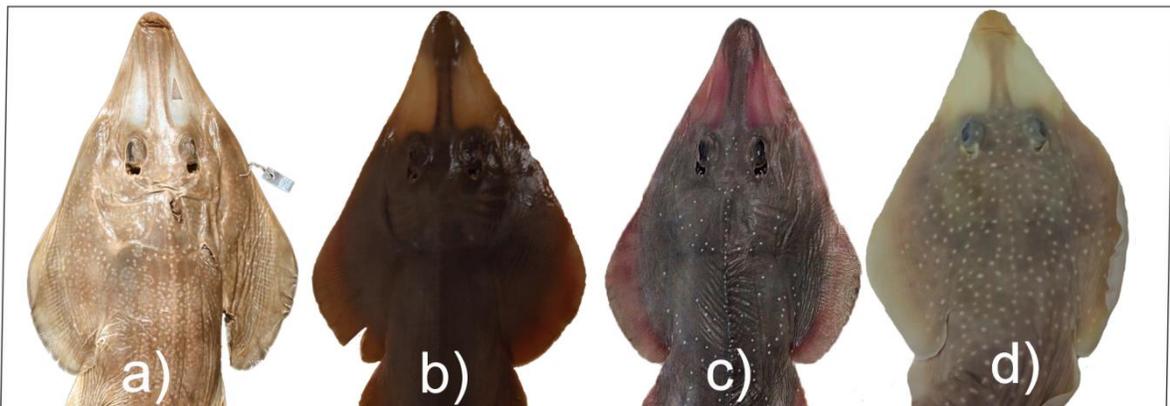


Figura 19. Variación en la coloración dorsal de *P. lentiginosus*. a) Holotipo, población de Florida, b) población de Veracruz sin lunares, c) población de Veracruz con lunares, d) población de Yucatán con lunares de mayor tamaño.



Distribución

La mayoría de la literatura consultada reporta que la distribución de la especie se restringe al Atlántico Occidental, desde el norte de Carolina, E.U.A., hasta las costas de Yucatán, incluyendo al Golfo de México. Sin embargo, algunas de las bases de datos arrojan registros en países de Centroamérica y Sudamérica, registros no verificados y que pueden corresponder a otra especie (Garman, 1980; Villalobos-Segura, 2012; Nelson *et al.*, 2016).

De acuerdo con la base de datos del portal Global de Investigación sobre Biodiversidad (GBIF por sus siglas en inglés), se cuenta con 2,608 registros de *P. lentiginosus*, de los cuales 260 corresponden a ejemplares depositados en colecciones científicas, mientras que 2,348 representan a los organismos avistados. De estos últimos, 2,322 son registros de Estados Unidos (Anexo I). Los países con mayor número de ejemplares, tanto avistados como colectados, son México y Estados Unidos, con 95 y 2,444 registros, respectivamente; mientras que países como Belice y Guyana, cuentan con sólo un registro. Dicha base de datos no considera ningún ejemplar proveniente de las costas de Nicaragua ni Brasil, como mencionan algunos autores. De acuerdo con la literatura consultada, *P. lentiginosus* es la única especie del género que habita el Golfo de México, ya que *Pseudobatos percellens* se distribuye a partir del mar Caribe hasta Sudamérica.

Por lo anterior se puede confirmar que la distribución de *P. lentiginosus* se restringe al Golfo de México, el cual es una cuenca marítima bordeada por los litorales de Estados Unidos, México y Cuba, que recibe altas cantidades de agua dulce y sedimentos provenientes de veinte grandes sistemas de ríos. Los principales sedimentos que lo conforman son calizas con sedimentos biogénicos (conchas de moluscos, en su mayoría) en las regiones norte y sur, así como lodos y arenas en la región central (Fig. 20).





Figura 20. Mapa de distribución de los ejemplares de *P. lentiginosus* depositados en la base de datos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF); así como los principales sedimentos del Golfo de México donde habitan dichos ejemplares: **A**) caliza con sedimentos biogénicos, **B**) lodos, **C**) arenas y lodos, **D**) arenas (Powers, 1977).



DISCUSIÓN

A lo largo de la evolución de los vertebrados, ciertas modificaciones anatómicas han jugado papeles importantes en el origen de los diferentes grupos, en el caso de los condriictios el esqueleto cartilaginoso es una de ellas (Carrier *et al.*, 2004; Claeson, 2011).

En la actualidad existe un sinfín de procedimientos empleados en el estudio del endoesqueleto de los condriictios, enfocados en su mayoría en la búsqueda de diferencias que permitan la distinción de los grupos, entre los más frecuentes se encuentran la descarnación manual, los derméstidos, las radiografías de rayos X, la transparentación y tinción diferencial y finalmente, la comparación con el registro fósil, siendo este último más complicado debido a la disponibilidad de ejemplares y su grado de preservación.

Las dificultades en la implementación de técnicas como la descarnación manual o el uso de derméstidos, a causa de la posible afectación de diversas estructuras de interés, han dado cabida al uso de técnicas como la tinción diferencial y las radiografías (Strauss y Bond, 1990).

La técnica de transparentación y tinción diferencial presenta grandes beneficios en la descripción del esqueleto de los batoideos. En principio permite procesar varios ejemplares; asimismo, es posible observar completamente el esqueleto que los compone, mismo que al ser despojado del tejido conectivo puede desarticularse para estudiar cada una de las estructuras que lo constituye. Además, gracias al efecto de la doble tinción, realizada a partir del azul de alciano y rojo de alizarina, se observa con facilidad tanto el cartílago que conforma al esqueleto como la mineralización secundaria que sufre. Las desventajas encontradas son el tiempo de transparentación del tejido en ejemplares de tallas grandes, el cual incrementa en función de la talla (puede tomar hasta más de cuatro meses la diafanización total del tejido) y la manipulación invasiva de los



ejemplares, a la cual en la mayoría de los casos no pueden someterse los ejemplares depositados en colecciones biológicas. Exceptuando lo anterior, la técnica es altamente recomendable en la descripción del esqueleto de los vertebrados (Kelly y Bryden, 1983; Park y Kim, 1984; Wassersurg, 1976).

El sistema esquelético de los vertebrados presenta variaciones entre formas y tamaños como reflejo de su historia evolutiva (Miyake *et al.*, 1999). Dentro de las principales variaciones morfológicas en el endoesqueleto de los batoideos se encuentra el cartílago rostral, el cual se encuentra asociado al ápice rostral, que de estar presente, suele ser rómbico u oval. En Rajiformes y Rhinoprístiformes es similar, se caracteriza por proyectarse hacia la región etmoidal, mientras que en Myliobatiformes y Torpediniformes dicha proyección puede estar ausente o poco desarrollada. En *P. lentiginosus* se distingue por ser aguzado hacia la región rostral; el ápice rostral al que se encuentra fusionado es rómbico y carece de calcificación completa en la punta del mismo (Nishida, 1990; Miyake *et al.*, 1992; Claeson y Dean, 2011).

Otras estructuras variables de la porción cefálica son las cápsulas nasales, que pueden extenderse ventral o lateroventralmente (como en *P. lentiginosus*), y los cartílagos anterorbitales que se articulan a ellas. Estos últimos pueden ser ramificados como en Torpediniformes o carecer de ramificación como en Rhinoprístiformes y otros grupos. Estas estructuras se encuentran estrechamente relacionadas con la porción anterior del protopterigio de las aletas pectorales, ya que en algunos grupos estas aletas pueden extenderse o no a la altura de los cartílagos anterorbitales o incluso sobrepasarlos, otorgándoles así la característica forma del disco que distingue a cada grupo. Las aletas pectorales de la Guitarra Atlántica se expanden ligeramente por delante de los cartílagos anterorbitales, pero no los sobrepasan totalmente, por lo que el cartílago y ápice rostral son los encargados de la rigidez del morro en la especie (Miyake y McEachran, 1991; González-Isais, 1996).



Caudal al cráneo se sitúa la sinarcualia, que está presente en todos los batoideos, considerada una sinapomorfía del clado (Claeson, 2011). Esta estructura es resultado de la fusión de los primeros elementos vertebrales, aunque también se encuentra en las quimeras difiere principalmente en el tamaño, siendo la de los batoideos más alargada (Compagno, 1977; Claeson & Dean, 2011). Ventral a la sinarcualia está localizado el esqueleto branquial, esta especie presenta tres hipobranquiales que se fusionan de forma parcial al basibranquial mientras en otras especies pueden no estar fusionados. El basiial de *P. lentiginosus* tiene la forma de una “u” invertida y muy alargada, es un carácter utilizado en la anatomía comparada del grupo ya que varía mucho, en algunas especies puede estar fragmentado y en otras ausente (Miyake y McEachran, 1991). Los últimos ceratobranquiales se encuentran unidos a la cintura pectoral. Las aletas que se articulan a estas cinturas, caracterizan la forma de locomoción de los batoideos, a excepción de aquellos que además emplean la cola en dicha función, como los Rhinoprístiformes (Aschilman *et al.*, 2011; Claeson y Dean, 2011). La cintura pélvica también presenta variación en este grupo, mientras la de *P. lentiginosus* tiene una barra isquiopúbica parcialmente curva, en otras especies esta estructura es puntiaguda al centro (Nishida, 1990).

No obstante que existen estudios relacionados con la descripción del esqueleto de los batoideos (Compagno, 1977; Nishida, 1990; Miyake y McEachran, 1991; Miyake *et al.*, 1992; Montes-Domínguez & González-Isais, 2017), el endoesqueleto de los Rhinoprístiformes ha sido poco estudiado, sobre todo en la familia Rhinobatidae, lo que dificulta la comparación del esqueleto de la Guitarra Atlántica con sus congéneres. Sin embargo algunas investigaciones en el género *Rhinobatos*, incorporan resultados de los datos merísticos obtenidos a partir de radiografías tomadas a los ejemplares, la cual se aprecia es característica de cada especie.

Ebert y Ofer (2017) reportaron que *Rhinobatos austini* se caracteriza por poseer alrededor de 70 radios en sus aletas pectorales, de los cuales entre 31 y



33 se encuentran en el protopterigio, 8 en el mesopterigio, 1 y 2 en el neopterigio y 27 o 28 en el metapterigio; para el caso de las aletas pélvicas, tiene entre 28 y 29 radios, así como aproximadamente 197 vértebras totales. Por su parte, *R. whitei* presenta entre 29 y 32 radios en el protopterigio de las aletas pectorales, de 6 a 8 en el mesopterigio, 1 o 2 en el neopterigio y de 26 a 29 en el metapterigio; en las aletas pélvicas se contabilizaron entre 24 y 26 radios y entre 185 y 191 vértebras totales (Last *et al.*, 2014). White *et al.*, (2016) mencionan que las aletas pectorales de *R. manai* tienen 66 radios totales, de ellos, 30 pertenecen al protopterigio, 7 al mesopterigio, 2 al neopterigio y 27 al metapterigio; en las aletas pélvicas se presentan 24 radios y la columna vertebral se compone de 188 vértebras.

A partir de los quince ejemplares transparentados en este trabajo, se encontró que *P. lentiginosus* presenta aproximadamente 65 radios en sus aletas pectorales, de los cuales entre 27 y 29 se encuentran en el protopterigio, de 6 a 9 en el mesopterigio, de 0 a 2 en el neopterigio y de 27 a 29 en el metapterigio; sus aletas pélvicas tiene entre 26 y 28 radios, así como aproximadamente 180 vértebras totales. Por lo anterior, resulta evidente que la información merística es importante en la elucidación de especies en la familia, pero debido a la variación intraespecífica podría resultar importante el uso de estos datos en poblaciones cercanas que no presenten otras variaciones morfológicas evidentes y significativas.

Aunque el esqueleto visceral de los vertebrados es el más antiguo del que se tiene registro, el dermoesqueleto fue el primero en mostrar una mineralización dentro de la filogenia de los vertebrados (Donoghue *et al.*, 2006). Este exoesqueleto recubre toda la piel de los elasmobranquios, así como la cavidad bucofaríngea. Las escamas placoideas que lo estructuran son placas basales embebidas en la capa superior de la dermis. Cada dentículo dérmico se conforma por capas de esmalte y dentina que protegen la cavidad pulpar, la cual está irrigada por vasos sanguíneos y nervios. Entre el esmalte y la dentina se sitúa una capa de pigmentos que proveen el color oscuro del dentículo. Los dentículos



presentan una o más cúspides que sobresalen de la dermis, misma que le da la textura rugosa a los elasmobranquios (Lagler *et al.*, 1990; Miyake *et al.*, 1999; Kardong, 2007; Parga, 2011).

Las variaciones de las escamas placoideas son reflejo de un amplia gama de funciones, entre las que destacan: la eficiencia en el nado; reducción a la fricción y la protección contra depredadores y ectoparásitos, lo cual es común observar en los agujones y espinas dorsales de algunos condriictios. Los elasmobranquios con hábitos y hábitats diferentes se caracterizan por presentar diferencias morfológicas en sus escamas placoideas, por lo que al conocer su estructura permite ahondar en el estilo de vida de las especies, ya que además pueden ser empleadas en la separación de grupos (Lagler *et al.*, 1990; Elliot, 2011).

Se ha evidenciado la variación de los dentículos dérmicos de *P. lentiginosus* varían en tamaño y forma con respecto a la región del cuerpo donde se localizan (Quintero-Meneses, 2008). Además de la diferenciación morfológica de las escamas placoideas, en el presente trabajo se reporta la diferencia en la densidad de las mismas, las cuales difieren entre las zonas en las que se encuentran, teniendo mayor densidad en la región ventral que en la dorsal. El uso de la microscopia electrónica de barrido permitió reportar diferencias morfológicas entre dichas escamas, describiendo la variación entre los dentículos del ápice rostral, línea media del cuerpo y órbita ocular que se encuentran en el dorso de la especie, mientras que las de la porción ventral se mantiene de forma constante.

Los dientes, al igual que los dentículos dérmicos, están formados por una cubierta de esmalte y una parte basal, conocidas como corona y raíz respectivamente. Los dientes se encuentran fijados a las mandíbulas por medio de tejido conectivo fibroso y mantienen un remplazo continuo (Parga, 2011; Underwood *et al.*, 2015). La importancia de los dientes no solo está en función de los hábitos alimenticios de las especies, ya que además, al ser estructuras de alta



durabilidad son frecuentemente halladas en el registro fósil (Rangel *et al.*, 2016). De acuerdo con Navarro (2011) los dientes de forma redonda, como los que presenta la Guitarra Atlántica, tienen un arreglo a manera de bandas cuya principal función es triturar presas con estructuras duras, como conchas de moluscos y caparazones de crustáceos.

Muchos de los trabajos enfocados en dimorfismo dental sexual exponen diferencias en la forma de los dientes, presentándose dientes con cúspides para machos y sin cúspide para hembras, particularmente en los grupos de Rajiformes y Miliobatiformes (Nishida, 1990). Tales diferencias tienen relación con la reproducción, donde los dientes con cúspides de los machos maduros son empleados para la sujeción de las hembras, no obstante, pocos son los estudios que hacen referencia a las posibles diferencias respecto al estadio de madurez sexual (De la Rosa-Meza, 2010; Underwood *et al.*, 2015; Rangel *et al.*, 2016). A partir de los estudios realizados, se reporta la existencia del dimorfismo dental sexual en la Guitarra Atlántica, donde los machos y hembras juveniles presentan homodoncia sexual: ambos sexos presentan dientes pequeños con cúspides redondas y sus márgenes no son redondeados. Mientras que los machos y hembras maduros revelan una heterodoncia: sus dientes mantienen forma y tamaño diferente, ambos presentan márgenes redondeados, pero los dientes de los machos tienen cúspides más puntiagudas en comparación con las hembras, además estas últimas presentan un mayor número de bandas dentales en el palatocadrado y cartílago de Meckel. Resultados similares han sido reportados para *Pseudobatos glaucostigma*, tanto como en la forma del diente y el dimorfismo sexual de la especie, donde la mayor variación con respecto a *P. lentiginosus* se encuentra en el número de bandas dentales, el cual es mayor en *P. glaucostigma* (De la Rosa-Meza, 2010; Navarro, 2011).

Una de las grandes interrogantes reportadas por muchos investigadores es la variación en los patrones de coloración de *P. lentiginosus*, misma que hasta el momento es atribuida a la diversidad de sustratos que posee el Golfo de México,



debida al dinamismo de su fisiografía. En la porción norte del Golfo se depositan sedimentos biogénicos, precedidos por lodos y arenas acarreados de la porción continental a través de grandes ríos como el Misisipi. La región central se caracteriza por albergar principalmente lodos, donde el estado de Tabasco es el que presenta menor concentración de carbonatos, siendo rico en sedimentos terrígenos (siliciclásticos), derivados de los escurrimientos de cuencas provenientes de Chiapas y Guatemala (sedimentos continentales). En el estado de Campeche la Playa Campechito es la única que registra presencia de terrígenos, esto debido a su cercanía al estado de Tabasco. Posterior a ella se sitúa Playa Norte, a partir de la cual se encuentra una predominancia de sedimentos carbonatados. Adyacente a estas playas se localiza la Península de Yucatán que es la región más rica en sedimentos carbonatados, carente a su vez de terrígenos, tanto en el sur del Golfo como en el Norte del Caribe Mexicano (Galtsoff, 1954; Powers, 1977; Carranza-Edwards *et al.*, 2015).

La presencia de grandes sistemas de ríos en la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe, tales como el Río Misisipi, Bravo, Pánuco, Papaloapan, Coatzacoalcos, Tonalá, Grijalva y Usumacinta, por mencionar algunos, mantienen el dinamismo del Golfo. Dichos ríos transportan sedimentos hacia las playas generando distintos micro hábitats. En la península de Yucatán la mayor parte de la circulación del agua es subterránea, debido al poco relieve y sustrato kárstico que presenta (CONABIO, 1998; Carranza-Edwards *et al.*, 2015). Las desembocaduras de los ríos antes mencionados se encuentran situadas en las regiones que presentan mayor cantidad de sedimentos terrígenos, lo cual a su vez concuerda con el patrón de coloración café oscuro que presentan los ejemplares capturados de la porción central del Golfo, desde Texas hasta el estado de Tabasco, por lo que dicha coloración puede ser en respuesta al tipo de sedimento sobre el que se posan los organismos, mismo que difiere de la porción norte y sur del Golfo donde predominan los sedimentos calcáreos, así como los ejemplares de coloración clara que presentan el patrón de manchas blancas en el dorso.



Con base en los registros revisados, el área de distribución de *P. lentiginosus* se encuentra limitada del Norte de California hasta el estado de Yucatán, siendo la única especie del género que habita en las costas del Golfo de México. Posteriormente, en la región de Centro y Sudamérica, habitan *P. percellens* y *P. horkelii*, por lo que los registros que se tienen de la guitarra Atlántica en Sudamérica pueden ser determinaciones erróneas que confunden a dichas especies.

A pesar de que en taxonomía es recurrente el uso de la coloración en la identificación de las especies, existen casos como *Urobatis halleri*, donde se han reportado 6 variantes en su coloración (Stanley Babel, 1967), por lo cual Eschmeyer *et al.* (2010), proponen que los estudios moleculares pueden ser útiles en la diferenciación de poblaciones con problemas de coloración, que de otro modo, no pueden distinguirse morfológicamente.

Diversas investigaciones se han llevado a cabo en los últimos años en el grupo de los batoideos, principalmente enfocadas en elucidar las relaciones filogenéticas que mantienen, utilizando para ello herramientas moleculares o elementos de anatomía comparada. Aunque en algunos casos se han reasignado especies o familias, aún no existe un acuerdo generalizado sobre dichas relaciones dentro del grupo, lo que resalta la falta de información sobre las especies que lo componen (Aschilman *et al.*, 2011).

A pesar del aporte del presente estudio, es necesaria la aplicación de pruebas moleculares que sustenten el estado de las poblaciones de *Pseudobatos lentiginosus* a lo largo del Golfo de México.



CONCLUSIONES



La Guitarra Atlántica, *Pseudobatos lentiginosus* comparte el patrón morfológico común descrito para la familia Rhinobatidae, el cual presenta patrones osteológicos antiguos del linaje, con respecto a las otras familias de batoideos, lo cual es un reflejo de la historia de vida de cada grupo.



No se encontraron diferencias en el esqueleto entre hembras y machos ni entre juveniles y maduros, por lo que podría ser necesario realizar análisis morfométricos y moleculares que permitan la diferenciación entre especies.



No se encontró un patrón en la disposición de los elementos radiales que conforman las aletas pares de la especie, aunque no se descarta la posibilidad de que esto sea por el reducido tamaño de la muestra.



Los dentículos dérmicos que presenta la Guitarra Atlántica varían en forma y tamaño a lo largo del cuerpo.



El dimorfismo dental sexual en la especie es evidente en los machos maduros, ya que presentan dientes con cúspides puntiagudas y márgenes redondeados, en las hebras maduras se presenta el mismo tipo de márgenes, pero con cúspides menos puntiagudas. En machos y hembras juveniles los márgenes no son redondeados y las cúspides son redondas.



La Guitarra Atlántica presenta variaciones en el patrón de pigmentación, de acuerdo al tipo de sustrato donde se encuentran sus poblaciones. Hasta el momento se diferencian cuatro tipos de coloración dorsal: para la población distribuida de Florida a Texas es marrón claro - parda con abundantes lunares blancos pequeños; de Texas a Tabasco los organismos son generalmente marrón oscuro y sólo una pequeña fracción de los ejemplares capturados ha presentado lunares blancos muy pequeños en la porción central del cuerpo; en la población de la Península de Yucatán la coloración es marrón claro - parda con lunares blancos de mayor tamaño y menor densidad que en la población de norte del Golfo de México. La coloración ventral es similar en todas las poblaciones, y la mancha con forma de gota del ápice rostral no presenta un patrón determinado de ocurrencia dentro de la especie.



LITERATURA CITADA

 Abascal-Monroy, I. M., López-Martínez, J., Herrera-Valdivia, E., Valdez-Holguín, J. E. y Cervantes-Valle, C. 2012. Dinámica poblacional del pez guitarra (*Rhinobatos* spp.), componente de la fauna de acompañamiento de la pesca de camarón en el Golfo de California. En: López-Martínez, J. y Morales-Bojórquez, E. (Eds.). *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 169-186.

 Aguilar, M. I. 2014. *Descripción anatómica del esqueleto y musculatura cefálica de *Narcine vermiculatus* (Torpediniformes: Narcinidae)*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala. UNAM, 53 pp.

 Aschilman, C. N., Nishida, M., Miya, M., Inoue, G. J., Rosana, K.M. y Naylor, G. J. P. 2011. 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. Sharks, sawfishes, guitarfishes, skates and rays. Chimaeroids. En: Tee-Van, J., Breder, C. M., Hildebrand, S. F., Parr, A. E. y Schroeder, W.E. (Eds.). *Fishes of the Western North Atlantic. Part 2*. Sears Foundation for Marine Research, Yale Univ., New Haven, pp.1-514.

 Camhi, M. D., Fowler, S. L., Musik, J. A., Bräutigam, A. y Fordham, S. V. 1998. Sharks and their Relatives. Ecology and Conservation. *Occasional papers of the IUCN species survival commission*, 20(1), 39.

 Carranza-Edwards, A., Márquez-García, A. Z., Tapia-González, C. I., Rosales-Hoz, L. y Alatorre-Mendieta, M. A. 2015. Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México del Caribe noroeste. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67 (1), 21-43.

 Carrasco, B. P .E. 2016. *Reproducción y distribución por estado de madurez de la raya trompa blanca, *Rhinobatos leucorhynchus* Günther, 1867; en el Golfo de Tehuantepec*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, 70 pp.

 Carrier, J., Musick, J. A. y Heithaus, M. R. 2004. *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL, 596 pp.

 Casper, B. M., Burgess, G. H. y Shepherd, T. 2009. *Rhinobatos lentiginosus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 25 July 2015.

 Castro-Aguirre, J. L. y Espinosa-Pérez, H. 1996. *Listados faunísticos de México VII. Catálogo Sistemático de rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha)*. Instituto de Biología, UNAM. México, 75 pp.



-  Claeson, K. M. 2011. The Synarcual Cartilage of Batoids with Emphasis on the Synarcual of Rajidae. *Journal of Morphology*, 272 (1), 1444-1463.
-  Claeson, K. M. y Dean, M. N. 2011. Cartilaginous Fish Skeletal Anatomy. En Anthony P. Farrel (Ed.) *Encyclopedia of Fish Physiology: from Genome to Environment*. Volume 1. The senses, supporting tissues, reproduction and behavior. Elsevier Inc. U.S.A. pp. 419-427.
-  Compagno, L. J. V. 1977. Phyletic Relationships of Living Sharks and Rays. *American Zoologist*, 17 (2), 303-322.
-  Compagno, L. J. V. y Heemstra, P. C. 2007. *Electrolux addisoni*, a new genus and species of electric ray from the east coast of South Africa (Rajiformes: Torpedinoidei: Narkidae), with a review of torpedinoid taxonomy. *Smithiana, Publications in Aquatic Biodiversity Bulletin*, 7, 15-49.
-  Compagno, L. J. V., Last, P. R., Seret, B. y De Carvalho, M. R. 1999. Batoid fishes. General remarks, key to families, and list of families and species occurring in the area. En: Carpenter, K. R. y V. H. Niem (Eds). Vol. 3. *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific*. Rome, 1397-1409.
-  Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Diversidad Biológica de México: Estudio de País. Comisión para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México
-  Dean, M. N. y Summers, A. P. 2006. Mineralized Cartilage in the skeleton of chondrichthyan fishes. *Zoology* 109 (1), 164–168.
-  De Carvalho, M. R. 2001. A new species of electric ray, *Narcine leoparda*, from the tropical Eastern Pacific ocean (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 114(3), 561-573.
-  De la Rosa-Meza K., Sosa-Nishizaki, O. y De la Cueva-Salcedo, H. 2013. Hábitos alimentarios de la guitarra punteada *Rhinobatos glaucostigma* (Elasmobranchii, Batoidea) en el sureste del golfo de California. *Ciencias Marinas*, 39 (3), 277–290.
-  De la Rosa-Meza, K. 2010. *Ecomorfología mandibular y dietas de batoideos en el Golfo de California*. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California. 337pp.
-  Del Moral-Flores, L. F., Morrone, J. J., Alcocer, D. J., y Pérez-Ponce de León, G. 2016. Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Revista Biológica Tropical*, 64 (4), 1469-1486.
-  Del Moral-Flores, L. F., y Pérez-Ponce de León, G. 2013. Diversidad de los peces Condriactios (Tiburones, rayas y quimeras) de México. *CONABIO. Biodiversitas*, 111(1), 1-6.



 Donoghue, P. C. J., Sansom, I. J. y Downs, J. P. 2006. Early Evolution of Vertebrate Skeletal Tissues and Cellular Interactions, and the Canalization of Skeletal Development. *Journal of Experimental Zoology (Mol. Dev. Evol)*, 306B (1), 1-17.

 Downton, H. C. 2007. *Biología del pez guitarra Rhinobatos productus (Ayres, 1856), en Baja California Sur, México*. Tesis Doctoral. CICIMAR. IPN. 215 pp.

 Ebert, A. D. y Ofer, G. 2017. *Rhinobatos austini* n. sp., a new species of guitarfish (Rhinopristiformes: Rhinobatidae) from the Southwestern Indian Ocean. *Zootaxa*, 4276 (2), 204-214.

 Elliot, D. G. 2011. Functional Morphology of the Integumentary System in Fishes. En Anthony P. F. (Ed.) *Encyclopedia of Fish Physiology: from Genome to Environment*. Volume 1. The senses, supporting tissues, reproduction and behavior. Elsevier Inc. U.S.A. 476-488.

 Eschmeyer, W. N., Ronald, F., Fong, D. J. y Polack, A. D. 2010. Marine fish diversity: History of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* 2525(1), 19–50.

 Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85 (1), S450-S459.

 Galtsoff, P. S. 1954. Gulf of Mexico: its origin waters and marine life. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, 55 (89), 75-83.

 Garman, S. 1880. Synopsis and descriptions of the American Rhinobatidae. *Proceedings of the United States National Museum*, 3, (180), 516-523.

 Global Biodiversity Information Facility, GBIF Secretariat. (2017). *Rhinobatos lentiginosus*. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist Dataset <<https://doi.org/10.15468/39omej>>

 Gruber, H. S., Loew, R. E. y McFarland, N. W. 1991. Rod and Cone Pigments of the Atlantic Guitarfish, *Rhinobatos lentiginosus* Garman. *Journal of Experimental Zoology Supl.*, (1), 585-87.

 Godínez, R. J. 1998. *Contribución al conocimiento de la musculatura craneal y branquial de Rhinobatos productus, Rhinobatos glaucostigma, Rhinobatos lentiginosus y Zapteryz exasperata (Batoidei: Rhinobatidae)*. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM, México. 83 pp.

 González-Isais, M. 1996. *Filogenia de doce especies de batoideos (Chondrichthyes: Batoideomorpha) de México con base en la anatomía del cráneo*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 163 pp.

 Hensley, A. R., McCoid, J. M. y Luer, C. A. 1998. Litter variation in the Atlantic Guitarfish (Rhinobatidae: *Rhinobatos lentiginosus*) with Comments on Distribution in the Gulf of Mexico. *The South western Naturalist*, 43 (4), 501-505.



-  Kardong, K. V. 2007. *Vertebrados. Anatomía comparada, función y evolución*. 4ta Ed. McGraw Hil Interamericana. 782 pp.
-  Kelly, W. L. y Bryden, M. M. 1983. A modified differential stain for cartilage and bone in whole mount preparations of mammalian fetuses and small vertebrates. *Biotechnic & Histochemistry*, 58 (3), 131-134.
-  Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller R. R. y May-Passino D. R. 1990. *Ictiología*. AGT Editor, S.A. México, D. F. 489 p.
-  Last, P. R., Compagno, L. J. V. y Nakaya, K. 2004. *Rhinobatos nudidorsalis*, a new species of shovelnose ray (Batoidea: Rhinobatidae) from the Mascarene Ridge, Central Indian Ocean. *Ichthyological Research*, 51 (1), 153-158.
-  Last, P. R., Corrigan, S. y Naylor, G. J. P. 2014. *Rhinobatos whitei*, a new shovelnose ray (Batoidea: Rhinobatidae) from the Philippine Archipelago. *Zootaxa*, 3872 (1), 031-047.
-  Last, P. R., Henderson, C.A. y Naylor, G. J. P. 2016a. *Acroteriobatus omanensis* (Batoidea: Rhinobatidae), a new guitarfish from the gulf of Oman. *Zootaxa*, 4144 (2), 276–286.
-  Last, P. R., Séret, B. y Naylor, G. J. P. 2016b. A new species of guitarfish, *Rhinobatos borneensis* sp. nov. with a redefinition of the family-level classification in the order Rhinopristiformes (Chondrichthyes: Batoidea). *Zootaxa*, 4117 (4), 451–475.
-  Last, P. R., William T. W. y Fahmi. 2006. *Rhinobatos jimbaranensis* and *R. penggali*, two new shovelnose rays (Batoidea: Rhinobatidae) from eastern Indonesia. *Cybium*, 30(3), 261-271.
-  Mariguela, C. T., De-Franco, B., Almeida, V. V. T., Mendonça, F. F., Gadig, F. B. O., Foresti, F. y Oliveira, C. 2009. Identification of guitarfish species *Rhinobatos percellens*, *R. horkelli*, and *Zapteryx brevirostris* (Chondrichthyes) using mitochondrial genes and RFLP technique. *Conservation Genet Resour*, 1,393–396.
-  McEachran, J. D., 1995. Rhinobatidae. Peces guitarra. En: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., K.E. Carpenter and V. Niem (Eds.) *FAO Guía para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental*. Roma, Italia. 3, 778-781.
-  Miyake, T. y McEachran, J. D. 1991. The Morphology and Evolution of the Ventral Gill Arch Skeleton in Batoid Fishes (Chondrichthyes: Batoidea). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 102 (1), 75-100.
-  Miyake, T., McEachran, J. D., Walton, P. J. y Hall, B. K. 1992. Development and Morphology of Rostral Cartilages in Batoid Fishes (Chondrichthyes: Batoidea), with comments on Homology within Vertebrates. *Biological Journal of the Linnean Society*, 46 (1), 259-298.
-  Miyake, T., Vaglia, J. L., Lawrence, H. T. y Hall, B. K. 1999.



Development of Dermal Denticles in Skates (Chondrichthyes: Batoidea): Patterning and Cellular Differentiation. *Journal of Morphology*. 241(1), 61-81.

 Montes-Domínguez, H. M. y González-Isais, M. 2017. Skeleton anatomy of five species of genus *Urotrygon* (Chondrichthyes: Urotrygonidae). *Journal of Morphology*, 35(3), 831-839.

 Navarro G. J. A. 2011. *Ecomorfología del aparato mandibular de peces batoideos*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. 128p.

 Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. Fourth Edition. John Wiley y Sons, Inc., Hoboken, 601 pp.

 Nelson, J. S., Grande, T. C. y Wilson, M. V. H. 2016. *Fishes of the World*. Edmonton, Canada: Wiley & Sons, 756 pp.

 Nishida, K. 1990. Phylogeny of the Suborder Myliobatoidei. *Memoirs of the Faculty of Fisheries*. Hokkaido University, 108 p.

 Norman, J. R. 1926. A synopsis of the rays of the family Rhinobatidae, with a revision of the genus *Rhinobatus*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, (62), 941-982.

 Parga, M. N. 2011. *Descripción de los dentículos dérmicos en la región orofaríngea de hipotremados*. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM, 66 pp.

 Park, E. H. y Kim, D. S. 1984. A procedure for staining cartilage and bone of whole vertebrate larvae while rendering all other tissues transparent. *Stain Technology*, 59(5), 269-272.

 Payán, L. F., Navia, A. F., Rubio, E. A. y Mejía-Falla, P. A. 2011. Biología de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Günther 1867) (Rajiformes: Rhinobatidae) en el Pacífico colombiano. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39 (1), 286–296.

 Powers, W. L. 1977. A catalogue and bibliography to the crabs (Brachyura) of the Gulf of Mexico. *Port Aransas Marine Laboratory*. 20(1), 1-190.

 Quintero-Meneses, M. O. 2008. *Correlación Anatómica entre el exoesqueleto del tiburón martillo *Sphyrna lewini* y el pez guitarra *Rhinobatos lentiginosus**. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM, 64 pp.

 Rangel, B. S., Santander-Neto, J., Rici, G. E. R. y Lessa, R. 2016. Dental sexual dimorphism and morphology of *Urotrygon microphthalmum*. *Zoomorphology*, 135 (1), 189-195.

 Rocha, A. L. 2007. *Utilização de técnicas multivariadas e de morfometria geométrica na discriminação de espécies do gênero *Rhinobatos* (Família Rhinobatidae) do Nordeste do Brasil*. Tesis para obtener título de Maestría. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 80 pp.

 Sandoval-Castillo, J., Rocha Olivares, A., Villavicencio-Garayzar, E. y Balart, E. 2004. Cryptic isolation of Gulf of California shovelnose guitarfish evidence by mitochondrial DNA. *Marine Biology*, 145(1), 983-988.



-  Stanley Babel, J. 1967. Reproduction, life history and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri* (Cooper). *California Fish and Game*, 137(1), 1-104.
-  Strauss, R. E. y Bond, C. E. 1990. Taxonomic methods: Morphology. En Schreck, B. C. y Moyle, P. B. (Eds) . *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, Bethesda, 109-140 pp.
-  Underwood, C. J., Johanson, Z., Welten, M., Mestcher, B., Rasch, L. J., Fraser, G. J. y Smith, M. M. 2015. Development and Evolution of dentition Pattern and Tooth Order in the Skates and Rays (Batoidea; Chondichthyes). *PLOS ONE*, 10(4), 1:19.
-  Villalobos-Segura, E., 2012. *Revisión morfológica y actualización de la distribución geográfica de los peces guitarra (Elasmobranchii: Batoidea: Rhinobatidae) en México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, 122 pp.
-  Wassersurg, R. J. 1976. A procedure for differential staining pf cartilage and bone in whole formalin-fixed vertebrates. *Stain Technology*, 51(2),131-134.
-  White, W. T. Last, P. R. y Naylor G. J. P. 2016. *Rhinobatos manai sp. nov.*, a new species of guitarfish (Rhinopristiformes: Rhinobatidae) from New Ireland, Papua New Guinea. *Zootaxa*, 4175 (6), 588–600.
-  Wilga, D. C y Motta, J. P. 1998. Feeding mechanism of the Atlantic guitarfish *Rhinobatos lentiginosus*: modulation of kinematic and motor activity. *The Journal of Experimental Biology*, 201, 3167–3184.



ANEXO

Distribución de *P. lentiginosus*, de acuerdo a avistamientos y registros en colecciones científicas registrados por GBIF.

Procedencia n=2608	Ejemplares en colecciones	Ejemplares avistados
Belice	1	0
Brasil	3	0
Costa de Marfil	1	0
Costa Rica	1	0
Guyana	1	0
Guyana Francesa	4	0
Honduras	7	0
Jamaica	2	1
México	89	6
Surinam	6	0
Trinidad y Tobago	1	19
U.S.A.	122	2322
Sin coordenadas	22	0
Total de ejemplares	260	2348

