

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA MARINA

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESTRUCTURAS
DÉRMICAS DE RAYAS (CHONDRICHTHYES: BATOIDEA)
DESEMBARCADAS EN EL LITORAL PERUANO

Tesis para optar el título profesional de:
BIÓLOGO MARINO

Presentado por:
Bach. Angie Briggitt Sánchez Rea
ORCID: 0000-0001-9654-1810

Asesora:
Lic. Keny Kanagusuku Gondo
ORCID: 0000-0002-6896-6552

Lima-Perú
2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 31 de julio de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. OSCAR DIEGO EVANGELISTA VARGAS
Miembro: Blgo. JAVIER JESÚS COASACA CÉSPEDES
Miembro: Blgo. MAX HENRY HIDALGO DEL ÁGUILA

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESTRUCTURAS DÉRMICAS DE RAYAS (CHONDRICHTHYES: BATOIDEA) DESEMBARCADAS EN EL LITORAL PERUANO”

Presentada por la estudiante/bachiller:

- **ANGIE BRIGGITT SÁNCHEZ REA**

Para optar el Título Profesional de Bióloga Marina

Asesorada por: KENY KANAGUSUKU GONDO

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de la estudiante de la carrera de Biología Marina en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesista: ANGIE BRIGGITT SÁNCHEZ REA	Nota (en letras): 18 (dieciocho)		
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. OSCAR DIEGO EVANGELISTA VARGAS
Presidente



Blga. KENY KANAGUSUKU GONDO
Asesor



Blgo. JAVIER JESÚS COASACA CÉSPEDES
Miembro 1



Blgo. MAX HENRY HIDALGO DEL ÁGUILA

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a toda mi familia y a los amigos que se convirtieron en ella, por creer en mí desde siempre, en ocasiones más que yo misma. Además, este trabajo va para todas las personas apasionadas y soñadoras que siguen luchando a pesar de las dificultades diarias. Este mundo necesita de más personas apasionadas con sus luchas, que nos inspiren día a día a seguir soñando.

“Cuando estés a punto de rendirte y pienses que la vida ha sido injusta contigo, recuerda quién eres, RECUERDA TU SUEÑO” (Sergio Bambarén, gracias por la inspiración).

AGRADECIMIENTOS

Aquella niña que a los trece años decidió que dedicaría parte de su vida a investigar y proteger el mar, junto con su gente y sus recursos, a quién una lectura escolar le permitió soñar y empezar a pensar sobre qué quería hacer y quién quería ser, hoy se siente feliz y orgullosa de haber culminado esta etapa. Indudablemente, esto hubiera sido imposible sin todo el apoyo recibido durante este tiempo, tanto de personas que siempre estuvieron en mi vida y de las que aparecieron en el camino. Para todas ellas van las siguientes líneas.

Agradecer en primer lugar a la Blga. Keny Kanagusuku. La lista de cosas que quiero agradecer se me haría interminable. Agradezco toda la orientación y la guía durante el proyecto, todas las dudas resueltas, las nuevas ideas de investigación y demás que aparecieron en el camino y espero se puedan concretar. Admito que al iniciar la carrera, jamás imaginé que terminaría inmersa entre tiburones, rayas y demás, y que fue en el laboratorio de ictiología dónde empezó todo esto. Gracias por los consejos, oportunidades, recomendaciones y todas esas golosinas para endulzar el día. Sobre todo, gracias por tu más sincera amistad, que la atesoro tanto.

A los revisores del proyecto de tesis, Blgo. Max Hidalgo y Mg. David Montes. Sus comentarios iniciales no sólo permitieron que el desarrollo de la tesis sea mucho más claro, sino que además me brindaron herramientas y consejos que sigo utilizando hasta el día de hoy y lo seguiré haciendo.

Al jurado de tesis, Mg. Diego Evangelista, Blgo. Javier Coasaca y Blgo. Max Hidalgo. Realmente agradezco todos los comentarios realizados, y estoy complacida de haber podido resolver todas las interrogantes que tenían, desde la estructura de la investigación, metodología, resultados y demás. Muchas gracias en verdad, porque me permitió tener como resultado final una investigación mejor estructurada y más fortalecida.

Al Dr. Pascal Deynat, por ayudarme a esclarecer las dudas iniciales en torno a la metodología y terminología, además de brindarme la bibliografía que necesitaba. Agradecer su disposición para resolver cualquier duda a pesar de las barreras del idioma y la distancia.

A la Universidad Científica del Sur. En principio, agradecer por brindar el fondo económico para poder llevar a cabo esta investigación. Además, agradecer todas las oportunidades brindadas. Jamás podré dejar de pasar por alto que me dieron la oportunidad de realizar una expedición internacional tan

enriquecedora e inolvidable, para alguien que incluso jamás había pisado el aeropuerto. A pesar de los disgustos que también se presentaron en el camino, gracias por la formación brindada.

A la Dra. Sonia Valle, directora de la carrera, quién brindó su apoyo durante la carrera a las inquietudes y solicitudes presentadas, además de su disposición a escuchar nuestras sugerencias como estudiantes.

A la BIga. Luzmila Rodríguez, especialista en microalgas, quien al inicio de la investigación (cuando las dudas sobre cómo llevar a cabo este proyecto eran varias), en una conversación mientras compartíamos área de trabajo en la colección científica, me sugirió las técnicas que podía utilizar para la medición de las estructuras, las cuales ella aplicaba en sus investigaciones. Gracias profesora, incluso conservo aún el fragmento de papel milimetrado que me regaló aquel día.

Para todos y cada uno de los profesores que pude conocer en la carrera. De cada uno me llevo demasiadas lecciones, sobre todo de aquellos dónde no deseaba que la clase termine jamás. Muchas gracias a los profesores Aldo Indacochea, Héctor Aponte, Juan Carlos Francia, Paul Baltazar, quienes eran además encargados de los laboratorios, y me dieron todas las facilidades para poder avanzar. Perdón por invadir constantemente las congeladoras con todas mis muestras.

Si me refiero a facilidades brindadas, por supuesto no puedo dejar de agradecer a los técnicos de laboratorio, Edgar López, Fernando Caldas y Henry Obeso. Desde todas las veces que nos salvaron la vida en laboratorio en el transcurso de la carrera, por ayudarnos a cargar los baldes con muestras, etc, hasta todas esas risas y bromas en laboratorio que hicieron todo más pasadero.

A Sara Trujillo, mi profesora escolar que de alguna forma es responsable de todo esto. Recuerdo el día que puso de tarea para toda el aula que leyéramos “El delfín”, y desde el momento que abrí ese libro, mi vida se transformó y se encaminó hasta llegar aquí. Si por azares de la vida llega a leer esto, o si tengo la oportunidad de cruzármela nuevamente en la vida, quisiera decirle que mi más cordial agradecimiento lo tendrá por siempre.

A mi Familia en toda su extensión. A mis hermanos por ayudarme a hacer más llevaderos todos estos años. A mis padres por apoyarme desde el inicio a pesar de que su hija decidió entrar a una carrera de la que jamás habían oído, pero siempre me mostraron su apoyo y confiaron en mis decisiones, motivándome constantemente a seguir en esto, incluso hasta el día de hoy, impulsando mis metas con cada detalle, un gesto que se volvió vital para mí. Gracias por soportar mi constante olor a pescado luego de los muestreos, por ser pacientes ante mis constantes viajes, y por dejarme llenar la congeladora con todas las rayas y tiburones que traía del terminal. Gracias al resto de mis familiares, a mis tíos que

me ayudaron a coleccionar muestras tanto para la tesis como para los distintos cursos de la carrera. Siempre he estado agradecida de haber crecido en un lugar tranquilo e influenciado por el mar, pero más agradecida estoy porque la vida me permitió convivir y ser parte de una familia muy extensa, que estoy segura siempre estará apoyándose.

A mis Amigos. Me faltan palabras para describir y agradecerles tanto. A las amistades de toda la vida que siguen hasta hoy, a los compañeros con los que al iniciar la carrera compartíamos los mismos sueños, a aquellos quienes con el tiempo fui forjando una amistad, y sobre todo a aquellos con los que formé lazos fraternales tan fuertes que se convirtieron en mi familia, y que hoy no sé qué sería de mi vida sin ellos. Gracias a aquellos con los que compartí innumerables viajes, durante toda la carrera y durante la tesis, esas experiencias y momentos compartidos se quedarán por siempre en mí. A aquellos que conocí por intercambios, viajes, simposios nacionales e internacionales, que me han ayudado no sólo con sus consejos y orientación académica, sino con su motivación, su complicidad, su alegría y una tremenda amistad sin fronteras. Gracias a todos los que conocí en el camino y a quienes las eventualidades de la vida hicieron que tomáramos distintos rumbos, mis más sinceros agradecimientos. Perdón si no nombro a cada uno de ustedes, pero hacerlo implicaría que me falten hojas para expresar cuanto los amo y cuanto significan para mí, así que cuándo lean esto, ustedes mismos sabrán quienes son, ya que siempre trato de demostrarles todo mi amor, gratitud, cariño y afecto.

A los pescadores y comerciantes de cada uno de los puertos visitados. Agradezco su enorme paciencia, por verme constantemente rondando cómo si fuese un pelícano más en el muelle y mientras trataba de evitar que las gaviotas se lleven lo que había conseguido. Por las facilidades que me dieron para adquirir las muestras, llegando en alguna ocasión a reglarme una que otra raya y tiburón (aunque en el fondo espero no sólo haya sido porque ya los había agotado con tantas preguntas). Gracias por su interés en el tema de investigación y su comprensión.

A quienes se me haya olvidado mencionar por lo extenso que ha resultado esta sección, pido disculpas de antemano, eso no implica que no les este igual de agradecida. Que la investigación realizada en nuestro país sirva para crear herramientas que permitan no solo la conservación de nuestro entorno, sino también el desarrollo que las diferentes comunidades implicadas merecen.

Resumen

Las rayas o batoideos poseen una cobertura dérmica con variaciones morfológicas utilizadas para taxonomía. Esta investigación caracteriza morfológicamente las estructuras dérmicas de rayas desembarcadas en el litoral peruano, de acuerdo a las especies, zonas del cuerpo, etapa de desarrollo y sexo. Se analizaron 8 especies ($n = 58$): *Pseudobatos planiceps*, *Rostroraja velezi*, *Sympterygia brevicaudata*, *Urotrygon chilensis*, *Hypanus dipterurus*, *Pteroplatytrygon violacea*, *Myliobatis peruvianus* y *Myliobatis peruvianus*, adquiridas de la pesca artesanal desde el norte al sur del país. Muestras de piel (2 cm^2) y aguijones fueron sumergidos en hipoclorito de sodio (4,63%) para remover las estructuras de la piel. Se identificaron cuatro tipos de estructuras: Dentículos dérmicos, tubérculos cutáneos, espinas y aguijones. Diversas estructuras dérmicas están presentes desde el nacimiento de los individuos. La presencia de poros en el lado ventral de tubérculos y espinas de Rhinoprístiformes y Myliobatiformes, difiere de los Rajiformes, que presentan una cavidad donde se aloja la piel y se extiende hasta la base de la cavidad de la pulpa. Las diferencias entre sexos radicaron en la existencia de espinas malares y alares en machos (Rajiformes). Los aguijones están presentes desde el nacimiento, pudiendo existir más de un aguijón a la vez en jóvenes y adultos. Las diferencias en la morfología de estructuras dérmicas estuvieron relacionadas a las zonas del cuerpo evaluadas y a los patrones de cobertura dérmica entre especies. Además, estos resultados demuestran que la metodología utilizada en el presente estudio permite realizar una identificación a nivel de especie.

Palabras clave: aguijones, dentículos, descripción, espinas, Perú

Abstract

Rays or batoids have dermal coverage with morphological variations used for taxonomical research. This study characterizes the morphology of dermal structures of batoids landed on the Peruvian coast, according to the species, regions of the body, life stage and sex. We analyzed eight species (n = 58): *Pseudobatos planiceps*, *Rostroraja velezi*, *Sympterygia brevicaudata*, *Urotrygon chilensis*, *Hypanus dipterurus*, *Pteroplatytrygon violacea*, *Myliobatis peruvianus* y *Myliobatis peruvianus* acquired from artisanal fisheries from the north to the south of the country. Stings and skin samples (2 cm²) were immersed in sodium hypochlorite (4,63%) to remove structures from the skin. Four types of structures were identified: Dermal denticles, cutaneous tubercles, thorns and stings. Diverse dermal structures are present since the birth of batoids. The presence of pores on the ventral side of tubercles and spines from Rhinopristiformes and Myliobatiformes, differs from Rajiformes, which have a cavity where the skin will be attached and will extend to the pulp cavity of the spine. Differences between sexes were the existence of malar and alar thorns in males (Rajiformes). Stings are present since the birth, and there could exist more than one sting at the same time in juveniles and adults. Differences on the morphology of dermal structures were related to the regions of the body evaluated and with the dermal covering pattern of the species. Furthermore, these results indicate that the methodology used in this study allows identification at the species level.

Key words: stings, denticles, description, thorns, Peru

Introducción

Se denominan “rayas” o “batoideos” a los peces cartilagosos aplanados que forman parte de la División Batomorphi (Chondrichthyes: Elasmobranchii) (Nelson *et al.* 2016), compuesto por 675 especies validadas hasta la fecha (Fricke *et al.* 2020), distribuidas en cuatro órdenes: Torpediniformes, Rhinoprístiformes, Rajiformes y Myliobatiformes (Van der Laan *et al.* 2019), representando alrededor del 50% del total de condriictios actuales.

Algunas rayas poseen un revestimiento cutáneo formado por dentículos dérmicos, que son escamas placoideas modificadas con una cavidad pulpar cubierta de dentina y enameloides (Deynat & Séret 1996). Se constituyen de tres partes: una placa basal insertada en la piel; el pedúnculo, que forma una conexión con la corona, la cual es la porción expuesta (Branco 2009). Pueden estar hipertrofiadas y presentarse en forma de dentículos dérmicos, tubérculos cutáneos, espinas, bucles, aguijones y dientes rostrales. Estas estructuras son usadas por las rayas para cumplir funciones defensivas, ofensivas y/o reproductivas (Deynat 1998). Su morfología y disposición presenta variaciones entre los diversos grupos de batoideos, pudiendo ser utilizadas como herramienta sencilla y rápida para la identificación taxonómica (Deynat 1999, Gravendeel *et al.* 2002).

La mayoría de las investigaciones sobre el revestimiento dérmico de condriictios han sido realizadas en tiburones, ya sean investigaciones sobre taxonomía (Muñoz-Chápuli 1985, Crooks *et al.* 2013), hidrodinámica (Raschi & Tabit 1992), estudios sobre la ecología y reconstrucción de comunidades fósiles (Dillon *et al.* 2017, Ferrón *et al.* 2019). En batoideos este campo aún no está muy expandido, siendo principales referentes los trabajos de Deynat & Séret (1996), McEachran & Konstantinou (1996), Deynat (1997, 1998, 1999, 2000, 2005) y Gravendeel *et al.* (2002). En el estudio de aguijones, se tienen las investigaciones de Schwartz (2005, 2007a, b, 2008a, b, 2009a, b) donde describe las características de los aguijones de diversas especies rayas. Son pocas las

investigaciones sobre revestimiento dérmico de rayas distribuidas en esta área del Pacífico Sudoriental (Mejía-Mercado 2007, Bustamante *et al.* 2012), mientras que a nivel nacional existen vacíos de información en investigaciones sobre estructuras cutáneas en batoideos, a pesar de que se tiene un registro de 43 especies de rayas (Cornejo *et al.* 2015), las cuales tienen una fuerte demanda por el consumo local en las regiones del norte del Perú (Valderrama 2019).

Es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue caracterizar morfológicamente las estructuras dérmicas de rayas (Chondrichthyes: Batoidea) desembarcadas en el litoral peruano, comparando estas características de acuerdo con las especies, zonas del cuerpo, etapa de desarrollo y sexo. Dado que las estructuras dérmicas están ligadas a funciones reproductivas y de defensa, es posible que existan caracteres asociados al dimorfismo sexual, así como las variaciones que se manifiestan a lo largo del crecimiento y maduración de los organismos. Esta investigación surge ante la necesidad de incrementar el número de estudios sobre identificación taxonómica orientada a este grupo de peces cartilagosos, ya que la generación de información en este campo es de vital importancia en el área de taxonomía, biodiversidad y conservación de especies.

Materiales y métodos

Adquisición de ejemplares

Los ejemplares fueron adquiridos enteros en distintos puertos y terminales pesqueros a lo largo del litoral peruano (Fig. 1), entre los años 2014 al 2019. Las medidas de longitud total (LT) y ancho de disco (AD) fueron tomadas *in situ*, al igual que la determinación del sexo y realización de fotografías del animal completo. Posteriormente fueron transportados en alcohol etílico al 96% hasta el Laboratorio de Investigación de Biología Marina de la Universidad Científica del Sur, donde se realizó la identificación utilizando la guía taxonómica de Chirichigno & Vélez (1998) y

el libro de Last *et al.* (2016). Los individuos muestreados fueron clasificados en tres etapas de desarrollo: neonato, juvenil y adulto. Esta clasificación se realizó mediante la observación de la madurez gonadal y nivel de calcificación de los cláspers (Colonello *et al.* 2007), además se utilizaron los trabajos de Smith (2007), Véras *et al.* (2009), Last *et al.* (2016) y Valderrama (2019).

Obtención y procesamiento de muestras

Se identificaron las áreas del cuerpo de las rayas que poseían dentículos dérmicos y/o espinas por medio del tacto y observaciones al estereoscopio (Modelo ZEISS Stemi 305), y se tomaron muestras de piel de 2 cm² con las estructuras dérmicas adheridas. Para los dentículos, se extrajeron muestras de piel de la zona interorbital, malar, alar y media (Fig. 2). Se contabilizaron las espinas ubicadas en distintas zonas del cuerpo. Todo resto de tejido muscular de las muestras fue removido utilizando un bisturí. Las muestras se preservaron en microtubos de 1,5 ml con alcohol etílico al 96%.

Para la liberación de estructuras dérmicas de la piel, se modificó la metodología utilizada por McEachran & Konstantinou (1996), introduciendo las muestras de piel en placas Petri y agregando hipoclorito de sodio al 4,63% hasta cubrir la muestra, dejando reposar hasta que el tejido se disolvió (aproximadamente 5 minutos) y los dentículos y espinas estuvieron libres. Este procedimiento no fue realizado con las muestras de “pez guitarra” *Pseudobatos planiceps*, debido a que se dificultaba la manipulación de dentículos libres. Posteriormente se enjuagó con alcohol etílico al 96% y se manipularon usando pinzas delgadas y pipetas Pasteur, colocando las estructuras en placas Petri para observarse en el estereoscopio. En el caso del aguijón, se siguió la metodología utilizada por Schwartz (2005, 2007a, b, 2008a, b, 2009a, b), extrayendo el aguijón desde la base y colocándolo en un recipiente con hipoclorito de sodio al 4,63% para remover restos de tejido y otras impurezas.

Se realizaron fotografías con la cámara incorporada en el teléfono móvil, en diferentes ángulos: vista dorsal, ventral y lateral, utilizando papel milimetrado como escala de referencia. Para las fotografías en vista lateral y ventral, los dentículos y/o espinas fueron colocados sobre plastilina color negro hasta obtener el ángulo deseado.

Caracterización de las estructuras dérmicas

Para la identificación, descripción y terminología de las estructuras, se utilizó la metodología de Deynat & Séret (1996), Deynat (1998, 1999, 2000), Gravendeel *et al.* (2002). Se tomaron datos de las características presentes en la base, pedúnculo (si estaba presente) y corona. La descripción del borde de las estructuras se basó en la terminología utilizada en botánica para la descripción de la forma de las hojas (Gravendeel *et al.* 2002). Las depresiones presentes en la placa basal se denominaron surcos, mientras que los abultamientos fueron llamados crestas, además, se observó si existía una marcada unión entre esmalte y dentina (*EDJ*, *enamel-dentine junction* por sus siglas en inglés) (Fig. 3). Se utilizó el software de análisis de imágenes FIJI (Schindelin *et al.* 2012), para realizar las mediciones de longitud máxima (mm) y ancho máximo (mm) de la base de los dentículos. En el caso de las espinas, también se realizaron mediciones de la altura (mm), y las medidas fueron realizadas hasta en 10 espinas por serie. También se determinó la densidad de las estructuras comprendidas en un área de 1 cm² (DD cm⁻²). Debido a la variable densidad de dentículos por cm² en las diferentes zonas del cuerpo de las especies, las mediciones de longitud y ancho fueron realizadas en 20 dentículos por cm².

Se tomaron en cuenta las siguientes características para clasificar los tipos de estructuras:

Dentículos dérmicos: Hasta 2 mm de longitud, caracterizados por tener menor tamaño y desarrollo que el resto de las estructuras cutáneas. La corona es generalmente puntiaguda, aplanada

dorsoventralmente y descansando sobre una placa basal multi radiada con pedúnculo poco diferenciado.

Denticulos myrmecoides: La placa basal está totalmente cubierta por piel, tiene pedúnculo ovoide y la corona anteriormente alargada hacia ambos lados, con apariencia de una hormiga (*myrmecos*) en vista dorsal.

Tubérculos cutáneos: A diferencia de los dentículos, poseen mayor tamaño y cantidad de características en la corona. Sin corona puntiaguda.

Espinas: De 2 a más mm de longitud, mayores a 1mm de altura. Poseen corona espinosa variable (fina y muy erguida en algunos casos, en comparación con la placa basal) que se extiende hasta una placa basal estriada, con contorno circular u ovalado.

Bucles: Tubérculos de 5 a más de 30 mm de diámetro. Generalmente corona reducida.

Aguijones: Estructuras alargadas y puntiagudas en la cola de hasta 25 cm de longitud.

Dientes rostrales: Presentes en el rostro de los peces sierra.

La disposición de las estructuras dérmicas se presenta en distintas series:

Serie orbital (*Sorb*): Desde el inicio de los ojos en el lado interno, hasta el final del ojo.

Serie anterolateral (*Sant*): Cobertura en el lado ventral del disco, desde el ápice rostral hasta el margen anterolateral.

Serie malar (*Smal*): Estructuras distribuidas cerca a los bordes del disco, a la altura de los ojos.

Serie escapular (*Sscp*): Ubicada sobre la cintura escapular, hacia ambos lados.

Serie nugal (*Snuc*): Desde la nuca hasta la cintura escapular.

Serie medio-dorsal troncal (*Smdt*): Desde la cintura escapular hasta la cintura pélvica.

Serie alar (*Salr*): Ubicadas en la parte más exterior de la aleta pectoral.

Serie medio-dorsal caudal (*Smdc*): Desde la cintura pélvica hasta la primera aleta dorsal.

Serie paralela (*Spar*): Primera hilera a ambos lados de la *Smdc*.

Serie lateral (*Slat*): Segunda hilera a ambos lados de la *Smdc*.

Serie interdorsal (*Sint*): Estructuras dérmicas distribuidas entre ambas aletas dorsales.

Además, Leible (1988) propone el término “mancha de dentículos” (*Mdent*) para el conglomerado de dentículos en la parte posterior de las aletas pectorales de los Rajiformes.

En el caso de los agujones, se realizaron medidas de la longitud total de la espina (LTE) y la longitud de la base de la espina (Lbe), siendo esta última la parte del agujón insertada en la piel (Fig. 3D). Con estas medidas se calculó el “Porcentaje de inserción”, definido como el tamaño de la base de la espina en proporción a la longitud total del agujón (Lbe/LTE %). Se contabilizó el número de serraciones a cada lado del agujón y se describió la presencia de estrías, surcos u otras características presentes en la superficie del agujón.

Análisis de datos

Se calculó el promedio y desviación estándar de las medidas, excepto en las medidas de los agujones, donde se calculó el promedio y los valores mínimos y máximos. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk 1965) para evaluar la distribución normal de los datos. Para los datos que presentaron distribución normal, se utilizó la prueba t-Student (Student 1908). Para los datos que no presentaron distribución normal, se utilizó la prueba de Mann-Whitney (Mann & Whitney 1947) en aquellos casos donde se tuvieron dos categorías. En aquellos casos con más de

tres categorías se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis 1952) y *post hoc* Mann-Whitney para evidenciar diferencias en las distintas medidas realizadas a las estructuras dérmicas. Se utilizó el software estadístico SPSS® Statistics v.24 (IBM© Corp. 2016).

Resultados

Se analizaron un total de 8 especies (58 ejemplares) pertenecientes a los 3 órdenes: Rhinopristiformes: *Pseudobatos planiceps* (6 hembras, 6 machos); Rajiformes: *Rostroraja vezei* (2 hembras, 1 macho), *Sympterygia brevicaudata* (4 hembras, 8 machos); y Myliobatiformes: *Hypanus dipterurus* (1 hembra, 4 machos), *Pteroplatytrygon violacea* (1 hembra), *Urotrygon chilensis* (13 hembras, 7 machos), *Myliobatis chilensis* (1 hembra) y *Myliobatis peruvianus* (1 hembra, 3 machos) (Tabla 1). Los neonatos de *S. brevicaudata* fueron obtenidos de la eclosión de cápsula ovígeras en cautiverio. El ejemplar de *P. violacea* fue obtenido por una donación y sólo se obtuvo muestras del inicio de la región caudal, incluido el aguijón. Del total de ejemplares 6 fueron neonatos, 28 jóvenes y 24 adultos.

Se identificaron 4 tipos de estructuras dérmicas: Dentículos dérmicos, tubérculos cutáneos, espinas y aguijones. Los aguijones sólo estuvieron presentes en Myliobatiformes. En el caso de los dentículos, se identificaron morfotipos que se repetían en distintas especies:

Morfotipo I: Dentículos en forma de garra con 3-4 crestas basales (2 laterales, 1-2 anteriores), siendo las anteriores generalmente más pequeñas que las laterales, placa basal alta con forma piramidal en vista lateral, corona alargada y recta en forma de espina. Insertadas en la piel de manera oblicua (Fig. 4A).

Morfotipo II: Dentículos con placa basal aserrada en forma de estrella, 5 a más crestas basales alargadas y angostas, corona generalmente atrofiada, punta redondeada y pedúnculo no diferenciado (Fig. 4B).

Morfotipo III: Dentículos de forma estrellada, con 5 a más crestas poco definidas (en comparación a morfotipo II), cortas y de base ancha (Fig. 4C).

Morfotipo IV: Dentículos con forma de cruz con 4 crestas basales fuertemente desarrolladas y del mismo tamaño, pudiendo presentar más crestas de menor tamaño. Pedúnculo corto, corona alargada y curva en la parte anterior, la parte posterior de la corona con varios vértices marcados. (Fig. 4D-E). Todos estos morfotipos en la parte ventral de la placa basal (*PBV*) no presentan un foramen marcado, en lugar de ello solo es una cavidad totalmente abierta desde el inicio de la corona hasta el extremo de las crestas.

Cobertura dérmica de las especies

Orden: Rhinoprístiformes

Familia: Rhinobatidae

Especie: *Pseudobatos planiceps* (Garman 1880) “pez guitarra”

Presenta cobertura dérmica total en ambos lados del cuerpo (dorsal y ventral), completamente cubiertos por dentículos distribuidos de manera contigua, cuyo tamaño varía de acuerdo con la zona de ubicación del cuerpo. En este caso, los tubérculos de la *Sorb* se extienden hasta el final del espiráculo. Los tubérculos de la *Snuc*, *Smdt* y *Smdc* son continuas, además presentan una hilera de tubérculos en la *Sint*. La *Sscp* posee tubérculos distribuidos en dos “rosetas” a cada lado de la *Smdt*, la roseta externa más pequeña que la interior (Fig. 5).

Los dentículos malares y alares poseen corona semicircular ensanchada en la zona anterior, ápice poco marcado, y con distribución superpuesta. El pedúnculo es engrosado y la placa basal circular está insertada totalmente en la piel (Fig. 6). Los dentículos interorbitales y de la zona media del disco tienen la base oval comprimida en la parte anterior y más alta en la parte posterior, con pedúnculo grueso y corto, corona globosa y oval, aunque suele ser irregular (Fig. 7). Se distribuyen a manera de mosaico, con la corona adaptándose a los espacios disponibles y cubrir toda la piel. Poseen mayor tamaño y espaciado entre sí a medida que se acercan a los tubérculos. Los dentículos de mayor longitud son aquellos de la zona media ($0,209 \pm 0,049$ mm de longitud de corona), seguidos por los dentículos de la zona interorbital ($0,201 \pm 0,072$ mm de longitud de corona). Los dentículos más abundantes son los dentículos alares ($7553,64 \pm 889,30$ DD cm^{-2}), seguidos de los dentículos malares ($5159,09 \pm 291,56$ DD cm^{-2}) (Tabla 3).

Los tubérculos son similares a los dentículos de la zona interorbital y media, con base oval más alta en la parte posterior, fuertes crestas desarrolladas alrededor, y pedúnculo no diferenciado. La corona es oval, globosa y con coloración parda. El ápice es redondeado, se eleva en la parte posterior y la parte anterior con ornamentaciones, denominado relieve corono-peduncular (*Rcp*) a manera de crestas (3 a más), las cuales se extienden hacia abajo (Fig. 8A). Están adheridos a la piel a través de pequeños poros ubicados en *PBv* (Fig. 8B). Estas características están presentes en los tubérculos de ambos sexos. Los tubérculos dérmicos en hembras tienen una longitud de corona de $0,911 \pm 0,276$ mm, mayor a la longitud de tubérculos en machos $0,764 \pm 0,258$ mm (Tabla 2). Los tubérculos de la zona media poseen mayor longitud de corona ($0,990 \pm 0,18$ mm) y altura ($0,925 \pm 0,302$) (Tabla 3).

Orden: Rajiformes

Familia: Rajidae

Especie: *Rostroraja velezi* (Chirichigno F. 1973) “raya bruja”

Presenta cobertura total de dentículos y espinas en el lado dorsal (excepto en aletas pélvicas). Posee espinas fuertemente desarrolladas. La *Sant* tiene aproximadamente 1 a 2 cm de ancho y se extiende hasta el inicio de la boca (Fig. 9A). Se aprecian dentículos dispersos de morfotipo IV en todas las zonas evaluadas, con longitud de $1,003 \pm 0,348$ mm y densidad $33,167 \pm 6,735$ DD cm⁻² (Tabla 2).

R. velezi posee espinas en *Sorb* de manera continua ($2,138 \pm 0,934$ mm de longitud) y una hilera continua desde la nuca hasta la primera aleta dorsal. Pueden ser circulares u ovals, con diversas formas en cada una de las series de espinas (Fig. 10A). Las espinas de la *Snuc* y *Smdt* presentan más erosión que el resto de las espinas, con corona reducida y redondeada. Todas estas espinas poseen borde hendido o crenado, con crestas en la base y foramen marcado en *PBV*. La corona está insertada en el centro y en el caso de las espinas de mayor desarrollo, son curvadas en la parte anterior, oblicuas en relación con la base, y con algunas estrías desde el inicio de la corona hasta el ápice (Fig. 10B). Las espinas de la zona caudal se presentan con la corona muy desarrollada y alta, además de poseer mayor longitud y ancho que las espinas de otras series del cuerpo. Las hembras presentan mayor cantidad de espinas caudales (35 a 50) (Tabla 3). La *PBV* posee un foramen que se extiende hasta el centro de la corona (zona de la pulpa), la piel ingresa hasta la base del foramen y la espina queda adherida (Fig. 10C).

Las espinas malares están ubicadas cerca al borde del disco y a la altura de los ojos, distribuidas en 10 filas y 4 columnas (Tabla 3). Poseen forma de gancho y están orientadas hacia el lado posterior del cuerpo. Las espinas malares crecen de manera colindante y a veces sobrepuestas, insertadas en

la piel de manera reclinada y la base totalmente cubierta, ovales y angostas en la parte anterior, con bordes ligeramente hendidos. La corona es paralela al eje e insertada en la parte anterior de la base, además presenta una barba en la parte inferior del ápice, que se extiende hasta la mitad de la corona. Posee un surco de la *PBV* desde la parte anterior hasta el foramen de la corona (Fig. 11).

Las espinas alares (Fig. 12) están insertadas de la misma forma que las malares. Ubicadas en un parche triangular en la parte más exterior de la aleta pectoral, con 22 filas y 5-6 columnas (Tabla 3). Son alargadas con bordes ligeramente hendidos y la zona anterior angosta. Corona erguida en el centro y paralela al eje, con barba superior que se extiende desde la mitad de corona hasta el ápice, y la barba inferior abarcando un tercio de la corona desde el ápice. Al igual que las espinas malares, poseen un surco en la *PBV*, pero este caso se extiende a lo largo de toda la base. Presentan una escotadura previa al inicio de la corona, que se aprecia en vista lateral (Fig. 12D). Al igual que el resto de las espinas de esta especie, la pulpa se extiende hasta el interior de la corona.

Familia: Arhynchobatidae

Especie: *Sympterygia brevicaudata* (Cope 1877) “raya espinosa”

Posee cobertura parcial en el dorso (Fig. 9B). La cobertura del lado ventral es similar a *R. velezi*, con hilera de dentículos desde el ápice hasta el margen anterolateral.

Los dentículos están presentes desde el nacimiento en la zona anterior del disco (Fig. 13). En la zona interorbital de jóvenes y adultos se aprecian los tres primeros morfotipos de dentículos, siendo el morfotipo III el predominante, los cuales están distribuidos de manera dispersa e implantados verticalmente en la piel, con una densidad de $37,125 \pm 5,194$ DD cm^{-2} (Tabla 3).

En la zona malar se ubican dentículos insertados de manera oblicua, con la corona sobresaliendo la piel en dirección hacia el lado posterior del individuo. Solo se encuentran los dentículos del

morfotipo I distribuidos de manera contigua ($0,653 \pm 0,216$ mm de longitud y $0,541 \pm 0,174$ mm de ancho). En la zona nugal existen dentículos de morfotipo II dispersos hacia los laterales de las espinas. Por debajo de la cintura escapular existe en algunos casos, una banda diferenciada de dentículos de morfotipo II que llega hasta el final del disco. En la zona caudal existen dentículos de morfotipo III dispersos, diferenciándose en algunos casos una serie de dentículos lateral (*Slat*) como en *R. velezi*.

Las espinas están presentes desde el nacimiento (espinas caudales) (Fig. 14A). Son ovales, borde generalmente lobulado y/o crenado, excepto en los neonatos cuyas espinas tienen bordes lisos. Poseen crestas que se extienden desde el pedúnculo hasta el borde de la placa basal. Las espinas orbitales se distribuyen en dos grupos: Al inicio de los ojos (Pre-orbital) y al final de los ojos (Post-orbital). Las espinas orbitales y nucales presentan la parte anterior de la espina más angosta. La corona está erguida en el centro de la placa, realizando una curvatura en el ápice (Fig. 14B-C). La forma de adhesión a la piel es igual que en *R. velezi*.

Los machos adultos poseen espinas alares de $2,779 \pm 1,770$ mm de longitud, cerca de la parte más exterior de la aleta pectoral, distribuidas en 2 a 3 hileras perpendiculares a los radios de la aleta. Están insertadas verticalmente, con la placa basal totalmente cubierta por piel. La parte anterior es alargada y angosta, de forma espatulada, con bordes dentados y curvados, formando un único surco desde el borde anterior al borde posterior. La corona es de base ancha y se origina en el centro de la placa basal, erguida en dirección paralela a la base, fuertemente ondulada en la base y el ápice curvado hacia arriba. La corona no sobresale el área de la placa basal (Fig. 15).

Orden: Myliobatiformes

Familia: Urotrygonidae

Especie: *Urotrygon chilensis* (Günther 1872) “raya pastelillo”

Presenta cubierta dérmica dorsal parcial, con algunos dentículos dispersos y espinas en la *Snuc*, *Smdt* (ocasionalmente) y *Smdc*. El aguijón es posterior a las espinas caudales. El lado ventral no presenta estructuras dérmicas (Fig. 16A).

A diferencia de *S. brevicaudata*, los neonatos de *U. chilensis* no presentaron dentículos dérmicos. Los jóvenes y adultos poseen en el lado interior de los ojos una hilera de aproximadamente 4 a 8 dentículos de $0,441 \pm 0,107$ de longitud y $0,403 \pm 0,111$ mm de ancho, desde el inicio de los ojos hasta el inicio del espiráculo. Son dentículos circulares con borde muy hendido, el pedúnculo es reducido y la corona espinosa, formando un ángulo agudo entre la parte posterior de la corona y la base (Fig. 17A-B). Además, poseen escasos dentículos distribuidos en la zona nugal y media del cuerpo, hacia los lados de la serie de espinas, los cuales tienen la base circular con bordes ligeramente hendidos, la corona sin curvatura marcada (Fig. 17C).

Las espinas del disco y cola presentan la misma morfología: Base oval con bordes lobulados, pedúnculo engrosado y corto. La *EDJ* es muy notoria y más alta en la parte posterior. La corona es más traslúcida que el resto de la espina, lisa y termina en un ápice que no sobresale del área de la placa basal. La corona es muy larga y lisa, ocupando la mitad o más del tamaño de la placa basal, achatada en la parte anterior y elevada en la parte posterior, con poros en la *PBv* (Fig. 18).

Los neonatos presentan al momento de nacer un aguijón de gran flexibilidad, con piel que cubre la punta del aguijón. Jóvenes y adultos suelen presentar aguijones secundarios. Los aguijones principales poseen serraciones poco espaciadas entre sí, desde el ápice hasta la mitad del aguijón

con superficie lisa, y estrías muy tenues desde la base hasta el inicio de las serraciones en algunos casos. El aguijón secundario posee serraciones desde la base hasta la punta del aguijón. La base tiene forma alargada y angosta. Los aguijones secundarios son de menor tamaño y crecen debajo del principal, desarrollando primero el ápice (Fig. 19).

Familia: Dasyatidae

Especie: *Hypanus dipterurus* (Jordan & Gilbert 1880) “batana”

Presenta cobertura dérmica parcial en el dorso, con tres filas de tubérculos ubicados posterior a la nuca (*Snuc*): la fila central hasta la zona media del tronco y las filas laterales son más cortas. El lado ventral es desnudo y posee un aguijón ubicado previo a los pliegues dorsales, los cuales poseen dentículos (Fig. 16B).

Posee dentículos similares a los descritos para Rajiformes, distribuidos desde la zona anterior hasta la zona media del disco. Los dentículos del disco estuvieron presentes sólo en uno de los ejemplares evaluados (hembra adulta). Los dentículos interorbitales ($0,801 \pm 0,274$ mm de longitud) y de la zona media del cuerpo ($0,889 \pm 0,246$ mm de longitud) poseen placa basal de forma estrellada con 5 a más crestas, y corona atrofiada (Fig. 20A-B). Existen dentículos similares al morfotipo III en los pliegues caudales y cola, posterior al aguijón, con la diferencia de que poseen una corona muy alta y erguida (Fig. 20C-D). Estos últimos están presentes tanto en jóvenes como adultos.

Los tubérculos globosos de la *Snuc* ($2,74 \pm 0,34$ mm de longitud) varían entre 13 a 20 en fila central, y de 6 a 8 en las filas laterales en adultos. En jóvenes se desarrolla primero la fila central. Son globulares, de base alta y circular, bordes crenados sin crestas marcadas y sin pedúnculo diferenciable. La corona es redondeada y reducida (Fig. 21). Al igual que en *P. planiceps*, están adheridos a la piel por poros en la *Pbv*.

El aguijón tiene forma cilíndrica (vista lateral), con un ligero abultamiento en la zona posterior a la base. Existe una depresión triangular en la base que se extiende a forma de surco hasta la mitad del aguijón, seguido de estrías oblicuas y cruzadas que se atenúan conforme se acercan a la punta del aguijón. Las serraciones generalmente son romas, de 22-27 a cada lado (Tabla 4). Poseen mayor tamaño en el extremo posterior, y disminuyen conforme se acercan a la base (Fig. 22).

Especie: *Pteroplatytrygon violacea* (Bonaparte 1832) “raya pelágica violácea”

Presentó dentículos anteriores al aguijón, con $1,066 \pm 1,043$ mm de longitud y $0,187 \pm 0,170$ mm de ancho. Poseen forma circular con bordes lobulados, y dispersos indistintamente. El pedúnculo es alto y junto con la corona forman una estructura cónica (Fig. 23).

El aguijón posee estrías rectas desde la base hacia la mitad del aguijón, y serraciones que inician desde la base del aguijón. Una característica resaltante es la terminación redondeada de la zona entre serraciones (Denominado *cul-de-sacs* “callejón sin salida” por Schwartz 2005) (Fig. 24).

Familia: Myliobatidae

Especie: *Myliobatis peruvianus* Garman 1913 “raya águila”

Superficie generalmente desnuda y sin estructuras dérmicas, con la excepción de un macho juvenil que presentó escasos dentículos del morfotipo III en la región inicial de la zona caudal hasta inicios del aguijón.

Las muestras analizadas poseían aguijones secundarios, pero no se pudo identificar cuál de ambos aguijones era la principal (más antiguo) y secundario (nuevo aguijón). El aguijón anterior (superior) posee serraciones desde la base hasta el ápice, las cuáles son suaves y maleables; mientras que el aguijón posterior (inferior), posee serraciones desde la mitad del aguijón hasta el ápice, además de una depresión triangular en la base, la cual tiene forma bifurcada. La superficie dorsal del aguijón

posterior presenta suaves estrías rectas desde la mitad del aguijón, y van desapareciendo conforme se acerca a la punta del aguijón (Fig. 25).

Especie: *Myliobatis chilensis* Philippi 1892 “raya águila”

Sin dentículos dérmicos en la superficie. El aguijón posee un surco en el centro de la base que se extiende hasta más de la mitad del aguijón, con ligeras estrías laterales. Posee serraciones desde la base y puede presentar una curvatura hacia arriba en el ápice (Fig. 26).

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado en *P. planiceps*, *S. brevicaudata* y *U. chilensis* debido a que presentaron mayor cantidad de muestras (Tabla 6, 7 y 8). Las medidas de los dentículos de *P. planiceps* fueron realizadas en la corona, tanto para dentículos como tubérculos, por ello no fueron comparadas con las medidas de otras especies. En el análisis intraespecífico, para las variables de sexo y etapas de desarrollo, no se presentaron diferencias significativas en las medidas de los dentículos (Tabla 5). Por otro lado, las medidas de las espinas caudales de neonatos de *S. brevicaudata* presentaron diferencias significativas con respecto a jóvenes en longitud ($P = 0,031$), ancho ($P = 0,045$) y altura ($P = 0,007$), y con respecto a las medidas de las espinas caudales en adultos: longitud ($P = 0,008$), ancho ($P = 0,011$) y altura ($P = 0,005$).

Con respecto a las diferentes zonas del cuerpo, los dentículos malares y alares de *P. planiceps* presentaron diferencias significativas de longitud, ancho y densidad ($P < 0.05$) en comparación con las otras zonas del cuerpo (Tabla 6). Los dentículos malares de *S. brevicaudata* poseen mayor densidad, mostrando diferencias significativas en comparación a los dentículos interorbitales y medios. Los tubérculos de la zona media de *P. planiceps* difieren de los tubérculos orbitales y caudales, y las espinas alares de *S. brevicaudata* presentan diferencias significativas en las medidas

de ancho de espina con respecto a las espinas orbitales ($P = 0,007$), ya que las espinas orbitales presentan mayor ancho que el resto de las espinas evaluadas en esta especie.

En el análisis interespecífico sólo se utilizaron las especies de *S. brevicaudata* y *U. chilensis*, comparando las medidas de los dentículos y espinas que ambas especies compartían en las mismas zonas del cuerpo. No se incluyeron las medidas de las espinas caudales de los neonatos de *S. brevicaudata* ya que tampoco se contaron con espinas de neonatos de *U. chilensis*. No existen diferencias significativas en las medidas de los dentículos interorbitales de ambas especies, sin embargo, existen diferencias en la longitud de las espinas nucales ($P = 0,001$) y caudales ($P = 0,012$) (Tabla 8). Las espinas nucales de *U. chilensis* poseen mayor tamaño, mientras que las espinas caudales son más grandes en *S. brevicaudata*.

Discusión

En comparación a la identificación genética, la identificación morfológica se presenta como una alternativa rápida y económica, que ayuda a validar los resultados de la identificación molecular (Friedheim, 2016). Sin embargo, es necesario determinar qué características serán clave para la clasificación taxonómica e identificar en que especies son válidas estas variaciones, pues según Leible (1988), el revestimiento dérmico deberá ser relativamente estable y seguir ciertos patrones, para ser utilizado como herramienta taxonómica, y así determinar en cuáles especies la espinulación es un carácter confiable o poco variable.

El uso de estructuras dérmicas para identificación de especies, siguiendo la metodología utilizada en este trabajo, se presenta como herramienta sencilla en comparación a las usuales observaciones realizadas con microscopía electrónica de barrido (MEB). Si bien es cierto la MEB ofrece mayor calidad de detalle de las estructuras observadas, permitiendo identificar características únicas en

cada especie, existen limitantes como lo son la preparación de muestras y el acceso a equipos. La metodología usada en la presente investigación permite observar características diferenciables para la identificación a nivel de especie.

Según Leible (1988), la cobertura dérmica en batoideos exhibe una variación de acuerdo a los grupos taxonómicos ya sea a nivel específico, subgenérico o genérico, así como también variaciones con relación a la talla y sexo. *Pseudobatos planiceps* posee cobertura dérmica total, con dentículos similares a los descritos por Reif (1982) (Muñoz-Chápulí 1985) para especies bentónicas demersales que no son nadadores veloces, coincidiendo con los hábitos bentónicos de esta especie. El *Rcp* que poseen los tubérculos de esta especie, también es presentado en otras especies de Rhinoprístiformes, con variaciones en las características de las crestas (Deynat 1999, 2005). Este relieve es un carácter taxonómico para diferenciar géneros pertenecientes a los Rhinoprístiformes (Deynat 1998).

Rostroraja velezi presenta una aparente Isomorfia denticular dorsal, definida como la existencia de dentículos con iguales características morfológicas en el lado dorsal, dado que en todas las zonas evaluadas los dentículos son iguales. Por el contrario, *Sympterygia brevicaudata* presenta Heteromorfia denticular ya que posee diferentes morfotipos en su superficie (Deynat & Séret 1996). Se observa una clara diferencia en la forma de dentículos entre los distintos órdenes, con dentículos lisos y romos en *P. planiceps* (Rhinoprístiformes), y espinosos en *R. velezi* y *S. brevicaudata* (Rajiformes). Deynat (1997) sugiere que estas diferencias en las características de dentículos responden a variaciones en las funciones que desempeñan los dentículos, orientadas principalmente a funciones de defensa en el caso de los Rajiformes. Existe una mayor densidad denticular en la zona malar (*P. planiceps* y *S. brevicaudata*) y alar (*P. planiceps*) (Tabla 3). Esta

característica podría estar asociada a la protección, ya que la zona malar es paralela a los ojos, y de esta manera, evitar el roce de partículas extrañas.

R. velezi y *S. brevicaudata* presentan una cavidad amplia en la *PBv* de la espina, mientras que en los dentículos y tubérculos de Rhinoprístiformes y espinas de Myliobatiformes existen agujeros en *PBv* (Fig. 10B, Fig. 20C), siendo esta característica morfológica de utilidad para diferenciar entre los distintos órdenes.

En el caso de las espinas malares y alares de Rajiformes, son un importante carácter taxonómico para la identificación a nivel de especie (McEachran & Konstantinou 1996). Características como la forma de la base, presencia de surco en *PBv*, orientación de la corona y presencia de estrías y ganchos, permite realizar una identificación a nivel de especie. Tal es el caso de *Sympterygia brevicaudata* y *Sympterygia acuta*, donde las diferencias en la *PBv* y la orientación de la corona permiten realizar identificación a nivel de especie (Orlando *et al.* 2015). Así mismo, las espinas malares y alares de *R. velezi* poseen características que permiten diferenciarlas de otras especies pertenecientes al mismo género (Gravendeel *et al.* 2002), además, a diferencia de otras especies de *Raja*, *R. velezi* no presenta dentículos *myrmecoides*, característicos en las especies de la familia Rajidae (Deynat 2000). Todas estas características permiten el uso de estructuras dérmicas para la identificación taxonómica de condriactos actuales y fósiles (Adnet *et al.* 2019), incluso aplicándolo a estudios sobre fines arqueológicos (Gravendeel *et al.* 2002).

R. velezi posee mayor cantidad de espinas que *S. brevicaudata*, que además están agrupadas en un parche triangular. Este mayor número de espinas, además de la existencia de espinas malares, se presenta como respuesta a la gran cantidad de dentículos que posee la especie, haciendo que la piel de las hembras sea más complicada de enganchar al momento de la cópula. Esta adaptación asegura que los machos puedan sujetar a las hembras de manera más efectiva e incrementar el éxito de la

cópula, pues el apareamiento en batoideos presenta dificultades dada la forma del cuerpo y que copulan mientras nadan (Rangel *et al.* 2016).

Las medidas de dentículos, tubérculos y espinas no presentaron diferencias significativas entre jóvenes y adultos, alcanzando similares tamaños, lo cual indicaría la presencia de estas estructuras desde inicios de la etapa juvenil, a fin cumplir las funciones de protección. Las espinas nucales de *Urotrygon chilensis* presentaron mayor longitud que las espinas nucales de *S. brevicaudata*, a pesar de que esta última suele alcanzar mayor tamaño que *U. chilensis* (Last *et al.* 2016). Estos resultados muestran que probablemente el tamaño de las espinas no siempre está relacionado al tamaño de las especies. Sin embargo, más análisis necesitan ser realizados para corroborar esta hipótesis.

En este estudio, el análisis estadístico demostró que los dentículos malares y alares son los que se diferenciaron del resto de dentículos en cuanto a longitud, ancho y densidad, por lo que son zonas del cuerpo ideales a considerar para futuras comparaciones intraespecíficas. Investigaciones realizadas anteriormente sobre estructuras dérmicas en batoideos no presentan análisis estadísticos que ayuden a discernir la existencia de diferencias intra e interespecíficas, ya que principalmente se usan las características morfológicas para propósitos filogenéticos (Deynat 1997).

Los Myliobatiformes presentan aguijones como estructura desarrollada para la defensa. En muchos casos, existen un aguijón secundario que crece por debajo del aguijón principal, como sucede con *U. chilensis*. En el caso de la raya águila *Myliobatis peruvianus*, no se pudo identificar si el aguijón secundario crece por encima o debajo del principal, debido a que las muestras obtenidas procedían de jóvenes con ambos aguijones muy desarrollados. Se presume que el aguijón secundario de *M. peruvianus* es aquel que se ubica por delante, similar a los aguijones secundarios de *Hypanus say* (Bigelow & Schroeder 1953, citado por Teaf & Lewis 1987), debido a que presenta un menor tamaño y serraciones en crecimiento en la base del aguijón (Fig. 24B), a diferencia del aguijón

inferior que no las presenta. Además, la superficie dorsal del aguijón inferior presenta un surco en la base que podría ser producto de la erosión de la espina en crecimiento (Fig. 24C). Dicho surco también es apreciado en el aguijón analizado de *Myliobatis chilensis* y algunos aguijones de *Hypanus dipterurus*, probablemente también asociado a la erosión por la presencia de otro aguijón. Las descripciones morfológicas de aguijones realizadas por Schwartz (2008) concuerdan con las características de aquellos descritos en la presente investigación, sin embargo, las medidas y métrica de estas estructuras presentan variaciones entre ambas investigaciones, pudiéndose atribuir a la naturaleza variable de los aguijones, ya que al ser estructuras de defensa, suelen estar en constante erosión, presentando incluso resquebrajamiento y roturas.

El crecimiento de aguijones secundarios se puede atribuir a una renovación estacional del aguijón (Teaf & Lewis 1987, Thorson *et al.* 1988, Johansson *et al.* 2004), donde luego de la caída del aguijón principal, el secundario toma su lugar y crece rápidamente hasta alcanzar su tamaño máximo. Esto explicaría las variaciones del tamaño de los aguijones de *U. chilensis*, donde el ejemplar adulto muestreado tiene un menor tamaño de aguijón en comparación a los jóvenes, dado que probablemente sea un aguijón secundario en proceso de alcanzar su máximo tamaño. Sin embargo, existen especies que pueden poseer múltiples aguijones, como es el caso de *Aetobatus narinari*, que puede presentar 5 aguijones a la vez (Teaf & Lewis 1987).

Por otro lado, se muestra que son los ejemplares neonatos quienes presentan un mayor porcentaje de inserción, seguido de los jóvenes, y finalmente los adultos con menor porcentaje (Tabla 4). Este porcentaje de inserción permitiría, de manera incipiente, identificar en qué etapa de desarrollo se encontraba el ejemplar en caso de poseer solo la espina, ya que muchos de estos aguijones pueden ser encontrados como parte del contenido estomacal de algunas especies (Castello 1977), o incrustadas en el cuerpo de otras especies (McFee *et al.* 1997). Sin embargo, el número de

ejemplares con aguijón en esta investigación es reducido, por lo que se sugiere realizar estudios con más ejemplares para corroborar la fiabilidad de esta medida.

En Perú, en los últimos años se han realizado mejoras en el registro de desembarques para condictios debido a la publicación del Plan de Acción Nacional de Tiburones, Rayas y Especies Afines (PRODUCE, 2014), sin embargo, aún existen dificultades, dado que generalmente se registran las especies bajo una denominación comercial y no bajo un criterio técnico de identificación (Grillo & Gozzer 2019), como lo es la identificación a nivel de especie. En este grupo se incluyen varias especies de las rayas que han sido analizadas en este trabajo, como lo son *M. peruvianus*, *M. chilensis* y *P. planiceps*. De las especies analizadas, sólo *Pteroplatytrygon violacea* se encuentra en la categoría de “Menor preocupación” según la IUCN, mientras que el resto de las especies están categorizadas como “Data Deficiente” (IUCN 2020). Las diversas investigaciones sobre el revestimiento dérmico hasta el momento han sido desarrolladas en especies de otras regiones del mundo, por lo que la descripción de la cobertura dérmica de las especies es necesaria para llenar los vacíos de información, como los estudios de Bustamante *et al.* (2012), Orlando *et al.* (2015) y las investigaciones sobre dentículos de la cavidad bucofaríngea realizados por Rangel *et al.* (2015) y Rangel *et al.* (2016).

Esta investigación evidencia que las diferencias de las estructuras dérmicas ligadas a las especies radican en el patrón de cobertura dérmica, así como los morfotipos de dentículos presentes. Otro aspecto resaltante son las características morfológicas de la *PBV* de tubérculos y espinas para discernir entre distintos órdenes. Las zonas malares y alares son las que se destacan en comparación a la cobertura del resto del cuerpo, siendo las más abundantes. Las diferencias en las etapas de desarrollo estuvieron ligadas a las variaciones en la morfología de algunas estructuras dérmicas (ejemplo: espinas caudales de *S. brevicaudata*), sin embargo, existe similitudes en cuanto a la

morfometría, sugiriendo un temprano desarrollo de estructuras dérmicas en los individuos. Las variaciones respecto al sexo radican en el desarrollo de espinas alares y malares en los machos, que a su vez son estructuras clave para la identificación de especies. En cuanto a los aguijones, la forma de la base y ubicación de las serraciones, permitirían discernir entre las distintas familias de Myliobatiformes, pero se requiere evaluar mayor cantidad de ejemplares y especies para conocer si existen características morfológicas que permitan una identificación a nivel específico. Futuras investigaciones en este campo deberán orientarse a las variaciones ontogénicas de las estructuras dérmicas de diferentes especies, evaluar el dimorfismo sexual asociado a estructuras dentarias y analizar la morfología de las estructuras del lado ventral, las cuales están en constante rozamiento con el fondo y pueden presentar variaciones morfológicas acordes al tipo de hábitat en el que la especie se desarrolla.

Agradecimientos

Queremos agradecer a la Universidad Científica del Sur por el uso de sus instalaciones y equipos, además por el financiamiento de este proyecto a través del “Fondo Semilla para la realización de Tesis 2018-1” (R.D. 02-DGIDI-CIENTÍFICA-2018) y “Fondo Semilla de Investigación Docente 2018-1” (R.D. 01-DGIDI-CIENTÍFICA-2018). También agradecer a los profesores Aldo Indacochea, Héctor Aponte y Juan Carlos Francia por el apoyo y las facilidades brindadas para el uso de los equipos y ambientes, así como a los técnicos de laboratorio Edgar López, Fernando Caldas y Henry Obeso. Agradecemos a las personas que nos brindaron algunas de las muestras: Angela Acosta, Bernabé Moreno, Mónica Vitor, Sara Campos y Miguel Valderrama, quien además proporcionó las fotografías del ejemplar de *Pteroplatytrygon violacea*. Al Dr. Pascal Deynat, por su disposición a resolver distintas dudas sobre la terminología y metodología, así como por la bibliografía brindada. A Ana B. Guzmán-Castellanos por su ayuda en la identificación de algunas

de las especies, y a Pablo Dufflocq por brindar su opinión y orientación para la absolución de las dudas generadas en la etapa final de la redacción del presente trabajo. Además, un especial y profundo agradecimiento a todas las personas que de alguna manera u otra apoyaron en la realización de este proyecto a través de sus consejos y aportes, no solo para la realización del manuscrito, también con el apoyo y soporte emocional a lo largo de todo este tiempo (A. S-R). El presente estudio formó parte de la tesis de titulación de A. S-R.

Literatura citada

Adnet S, M Mouana, AL Charruault, EM Essid, HK Ammar, W Marzougui, G Merzeraud, R Tabuce, M Vianey-Liaud & L Marivaux. 2019. Teeth, fossil and evolutionary history of the cowtail stingray *Pastinachus* Rüppell, 1829. *Historical biology* 31(9): 1213-1222.

Bigelow HB & WC Schroeder. 1953. Fishes of the western North Atlantic, Part II. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays. Sears Foundation for Marine Research. (Mem. 1). New Haven, Connecticut. In: Teaf CM & TC Lewis. 1987. Seasonal Occurrence of Multiple Caudal Spines in the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina* (Pisces: Dasyatidae). *Copeia* 1987(1): 224-227.

Bustamante C, J Lamilla, F Concha, DA Ebert & MB Bennett. 2012. Morphological characters of the thickbody skate *Amblyraja freerichsi* (Kreffft 1968) (Rajiformes: Rajidae), with notes on its biology. *PloS one*, 7(6), e39963.

Branco HC. 2009. Dentículos dérmicos de tubarões da Costa Portuguesa: a sua utilização para identificação das diferentes espécies. Tesis de Maestría, Faculdade de Ciências, Universidad de Lisboa, Lisboa, 63pp. <<http://hdl.handle.net/10451/1411>>

Castello H. 1977. Food of a killer whale: Eagle sting-ray, *Myliobatis* found in the stomach of a stranded *Orcinus orca*. Brazil. *Scientific Report of the Whales Research Institute* 29: 107-111.

Chirichigno FN & J Vélez. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú (Segunda edición, revisada y actualizada). Publicación Especial, Instituto del Mar del Perú, Callao.

Colonello JH, EH Christiansen & GJ Macchi. 2007. Escala de madurez sexual para peces cartilagosos de la Plataforma Continental Argentina. Mar del Plata: INIDEP. Informe Técnico (74).

Cornejo R, X Vélez-Zuazo, A González-Pestana, C Kouri & G Mucientes. 2015. An updated checklist of Chondrichthyes from the southeast Pacific off Peru. Check List 11(6): 1809.

Crooks N, L Babey, WJ Haddon, AC Love & CP Waring. 2013. Sexual dimorphisms in the dermal denticles of the lesser-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758). PLoS one 8(10): e76887.

Deynat PP. 1996. Application de l'étude du revêtement cutané des Chondrichthyes à la systématique phylogénétique des Pristiformes et des Rajiformes sensu Compagno, 1973 (Elasmobranchii, Batoidea) (Résumé). Tesis Doctoral, Universidad de Paris, 669 pp.

Deynat PP. 1998. Le revêtement cutané des raies (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Batoidea). II. Morphologie et arrangement des tubercules cutanés. Annales des Sciences Naturelles - Zoologie et Biologie Animale 19(3): 155-172.

Deynat PP. 1999. Dermal denticle morphology within Batoid rays: a review. In: Proceedings of the 3rd Meeting of the European Elasmobranch Association, Boulognesur-Mer (pp. 15-27).

Deynat PP. 2000. Les denticules myrmécoïdes, un nouveau caractère diagnostique pour les Rajidae (Chondrichthyes, Batoidea). Annales des Sciences Naturelles - Zoologie et Biologie Animale 21(2): 65-80.

Deynat PP. 2005. Characteristics of the dermal covering in Platyrrhinidae (Chondrichthyes, Rhinobatiformes). Brazil. *Biociências* 13(1) :75-84.

Deynat PP & B Séret. 1996. Le revêtement cutané des raies (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Batoidea). I-Morphologie et arrangement des denticules cutanés. *Annales des Sciences Naturelles - Zoologie et Biologie Animale* 17(2): 65-83.

Dillon EM, RD Norris & AO Dea. 2017. Dermal denticles as a tool to reconstruct shark communities. *Marine Ecology Progress Series* 566: 117-134.

Ferrón HG, JL Herráiz, H Botella & C Martínez-Pérez. 2019. Pre-Messinian ecological diversity of Mediterranean sharks revealed by the study of their dermal denticles. *Spanish Journal of Palaeontology* 34(2): 289-298.

Fricke R, W Eschmeyer & JD Fong. 2020. Species by Family/Subfamily in Eschmeyer's Catalog of Fishes. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>

Friedheim S. 2016. Comparison of Species Identification Methods: DNA Barcoding versus Morphological Taxonomy. United States. *Mānoa Horizons*, 1, pp. 74-86.

Gravendeel R, W Van Neer & D Brinkhuizen. 2002. An identification key for dermal denticles of Rajidae from the North Sea. *International Journal of Osteoarchaeology* 12(6): 420-441.

Grillo J & R Gozzer. 2019. La cadena de valor de la pesquería de tiburones en el Perú. Informe Técnico. OCEANA.

IBM Corp. 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1.

Johansson PK, TG Douglass & CG Lowe. 2004. Caudal spine replacement and histogenesis in the round stingray, *Urobatis halleri*. Bulletin of the Southern California Academy of Sciences 103(3): 115-124.

Kruskal WH & WA Wallis. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association 47(260): 583-621.

Last P, G Naylor, W White, M de Carvalho, B Séret & M Stehmann. 2016. Rays of the World. CSIRO publishing.

Leible MD. 1988. Revisión de métodos para estudios taxonómicos de rayas (Rajiformes: Rajidae), Gayana Zoología 52(1-2): 15-93.

Mann HB & DR Whitney. 1947. On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. Annals of Mathematical Statistics 18(1): 50-60.

McEachran JD & H Konstantinou. 1996. Survey of the variation in alar and malar thorns in skates: Phylogenetic implications (Chondrichthyes: Rajoidei). Journal of Morphology 228(2): 165-178.

McFee W, H Root, R Friedman & E Zolman. 1997. A stingray spine in the scapula of a bottlenose dolphin. Journal of Wildlife Diseases 33(4): 921-924.

Mejía-Mercado B. 2007. Aspectos taxonómicos y biológicos de las rayas espinosas del género *Urotrygon* en el Pacífico Vallecaucano, Colombia. Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 109 pp. <<http://hdl.handle.net/20.500.12010/1166>>

Muñoz-Chápuli R. 1985. Sobre la clasificación tipológica del esqueleto dérmico de escualos (Chondrichtyes). *Miscelània Zoológica* 9: 396-400.

Nelson JS, TC Grande & MVH Wilson. 2016. *Fishes of the World*. 5° ed. John Wiley & Sons. New Jersey.

Orlando P, M González-Castro & E Mabragaña. 2015. New insights to discriminate between *Sympterygia acuta* Garman 1877 and *Sympterygia bonapartii* Müller & Henle, 1841 (Rajidae) of the Southwest Atlantic Ocean: on the use of geometric morphometrics and spinulation patterns. *Journal of Applied Ichthyology* 31(2): 381-389.

PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2014. Decreto Supremo N°002-2014. Plan de Acción Nacional para la conservación y ordenamiento de tiburones, rayas y especies afines en el Perú (PAN-Tiburón Perú).

Rangel BS, JV Marinho, CE Malavasi-Bruno, AF Amorim, JR Kfoury Junior & REG Rici. 2015. Dimorfismo sexual da raia-santa *Atlantoraja cyclophora*: Aspectos morfológicos. Brazil. *Revista Ceciliana* Dez 7(2): 9-12.

Rangel BS., N Wosnick, RM Leandro, AF Amorim, JR Kfoury Junior & REG Rici. 2016. Thorns and dermal denticles of skates *Atlantoraja cyclophora* and *A. castelnaui*: Microscopic features and functional implications. *Microscopy Research and Technique* 79(12): 1133-1138.

Raschi W & C Tabit. 1992. Functional aspects of placoid scales: a review and update. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43(1): 123–147.

Reif WE 1982. Morphogenesis and function of the squamation in sharks. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 164: 172-184. En: Muñoz-Chápuli R. 1985. Sobre la clasificación tipológica del esqueleto dérmico de escualos (Chondrichtyes). *Miscelània Zoológica* 9: 396-400.

Schindelin J, I Arganda-Carreras, E Frise, V Kaynig, M. Longair, T Pietzsch, S PREIBISCH, C Rueden, S Saalfeld, B Schmid, JY Tinevez, DJ White, V Hartenstein, K Eliceiri, P Tomancak & A Cardona. 2012. " Fiji: an open-source platform for biological-image analysis", Nature Methods 9(7): 676-682.

Schwartz FJ. 2005. Tail spine characteristics of stingrays (order Myliobatiformes) found in the Northeast Atlantic, Mediterranean, and Black seas. Electronic Journal of Ichthyology 1(1): 1-9.

Schwartz FJ. 2007a. A survey of tail spine characteristics of stingrays frequenting African, Arabian to Chagos-Maldives Archipelago waters. Smithiana Bulletin. South Africa 8: 41-52.

Schwartz FJ. 2007b. Tail spine characteristics of stingrays (Order Myliobatiformes) frequenting the FAO Fishing Area 61 (20°N 120 E-50°N 150 E) of the Northwest Pacific Ocean. The Raffles Bulletin of Zoology 14: 121-130.

Schwartz FJ. 2008a. A survey of the tail spine characteristics of stingrays frequenting Indo-Pacific Ocean areas between the International Date Line and the Chagos Archipelago-Maldives Islands. Journal of the North Carolina Academy of Science 124(2): 27-45.

Schwartz FJ. 2008b. A survey of tail spine characteristics of stingrays species (Order Myliobatiformes) frequenting the Eastern Pacific Ocean from the International Dateline to the Americas. Journal of the North Carolina Academy of Science 124(3): 72-81.

Schwartz FJ. 2009a. A survey of tail spine characteristics of stingrays frequenting Western Atlantic Ocean and South American Freshwater Rivers. Journal of the North Carolina Academy of Science 125(2): 47-60.

Schwartz FJ. 2009b. Ways to identify stingrays of the world possessing or lacking serrated stinging tail spines. Journal of the North Carolina Academy of Science 125(3): 107–109.

Shapiro S & M Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591-611.

Smith WD, GM Cailliet & EM Melendez. 2007. Maturity and growth characteristics of a commercially exploited stingray, *Dasyatis dipterura*. *Marine and Freshwater Research* 58(1): 54-66.

Student. 1908. The probable error of a mean. *Biometrika* 6(1): 1-25.

Teaf, CM & TC Lewis. 1987. Seasonal Occurrence of Multiple Caudal Spines in the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina* (Pisces: Dasyatidae). *Copeia* 1987(1): 224-227.

Thorson TB, JK Langhammer & MI Oetinger. 1988. Periodic shedding and replacement of venomous caudal spines, with special reference to South American freshwater stingrays, *Potamotrygon* spp. *Environmental Biology of Fishes* 23(4): 299-314.

Valderrama M. 2019. Biología reproductiva de *Myliobatis peruvianus* “raya águila” (Garman, 1913) proveniente del Puerto Salaverry, La Libertad, Perú. Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad, 140 pp.
< <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11374>>

Van der Laan R, R Fricke & WN Eschmeyer (eds). 2019. Eschmeyer's Catalog of Fishes: Classification. < <https://www.calacademy.org/scientists/catalog-of-fishes-classification>>

Véras DP, IS Branco, FH Hazin C Wor & MT Tolotti. 2009. Preliminary analysis of the reproductive biology of pelagic stingray (*Pteroplatytrygon violacea*) in the southwestern Atlantic. *Collective Volumes of Scientific Papers. ICCAT* 64: 1755-1764.

Tabla 1. Especies y número de rayas analizadas en este estudio. Se muestran los valores promedios de las medidas tomadas a los ejemplares / Species and number of rays analyzed in this study. Average values of the measurements taken on the specimens are shown

Orden / Familia/ Especie	n, sexo	Etapa	Longitud Total (mm)	Ancho de Disco (mm)	DD		E/T		Ag
					D	V	D	V	
<i>Rhinopristiformes</i>									
Rhinobatidae									
<i>Pseudobatos planiceps</i>	6H, 6M	8J, 4A	514,92 ± 288,02	274,3 ± 134,65	x	x	x		
<i>Rajiformes</i>									
Rajidae									
<i>Rostroraja velezi</i>	2H, 1M	3A	745,33 ± 66,16	561 ± 56,11	x	x	x		
Arhynchobatidae									
<i>Sympterygia brevicaudata</i>	4H, 8M	4N, 3J, 5A	426,43 ± 270,91	270,13 ± 150,26	x	x	x		
<i>Myliobatiformes</i>									
Urotrygonidae									
<i>Urotrygon chilensis</i>	13H, 7M	2N, 8J, 10A	483,51 ± 290,99	264,14 ± 134,56	x		x		x
Dasyatidae									
<i>Hypanus dipterurus</i>	1H, 4M	4J, 1A	476,81 ± 329,41	302,52 ± 180,28	x		x		x
<i>Pteroplatytrygon violaceal</i>	1H	1A	1240	650	x		x		x
Myliobatidae									
<i>Myliobatis chilensis</i>	1H	1J	700	460					x
<i>Myliobatis peruvianus</i>	1H, 3M	4J	541,92 ± 373,13	347,64 ± 217,04	x				x

Promedio ± Desviación Estándar. n: Número de ejemplares, Etapa: Etapa de desarrollo ontogénico, H: Hembra, M: Macho, N: Neonato, J: Joven, A: Adulto. Se detalla el lado del cuerpo que presenta estructuras dérmicas. DD: Dentículos dérmicos, E: Espinas, T: Tubérculos, Ag: Aguijón, D: Lado dorsal, V: Lado ventral.

¹Se conoce de la existencia de tubérculos a través de la bibliografía consultada (Last et al. 2016)

Tabla 2. Medidas de dentículos, tubérculos y espinas según sexo y etapa de desarrollo / Measurements of denticles, tubercles and thorns according to sex and stage of development

Especie			n	Dentículos			n	Tubérculos/Espinas		
				Longitud (mm)	Ancho (mm)	Densidad (DD/cm ²)		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
<i>Pseudobatos planiceps</i> ^{1,2}	Sexo	Hembra	7	0,150 ± 0,063	0,140 ± 0,045	4024,80 ± 2248,37	7	0,911 ± 0,276	0,412 ± 0,197	0,751 ± 0,347
		Macho	5	0,161 ± 0,070	0,144 ± 0,045	4472,00 ± 2561,51	5	0,764 ± 0,258	0,391 ± 0,089	0,695 ± 0,398
	Etapa	Juvenil	8	0,159 ± 0,068	0,146 ± 0,046	4111,03 ± 2500,96	8	0,933 ± 0,227	0,391 ± 0,125	0,714 ± 0,411
		Adulto	4	0,148 ± 0,061	0,134 ± 0,043	4427,50 ± 2191,56	4	0,663 ± 0,265	0,417 ± 0,185	0,735 ± 0,300
<i>Rostroraja velezi</i> ³	Sexo	Hembra	2	0,977 ± 0,388	0,805 ± 0,368	30,750 ± 5,965	2	3,545 ± 2,336	1,899 ± 1,078	2,356 ± 0,992
		Macho	1	1,109 ± 0,065	1,049 ± 0,075	38,000 ± 7,071	1	5,428 ± 2,977	3,081 ± 1,430	2,609 ± 1,104
	Etapa	Juvenil	-	-	-	-	-	-	-	-
		Adulto	3	1,003 ± 0,348	0,853 ± 0,342	33,167 ± 6,735	3	4,258 ± 2,735	2,465 ± 1,671	2,524 ± 1,245
<i>Sympterygia brevicaudata</i> ³	Sexo	Hembra	4	0,644 ± 0,261	0,581 ± 0,185	40,500 ± 16,882	4	4,394 ± 2,443	2,941 ± 1,122	1,799 ± 0,484
		Macho	4	0,519 ± 0,116	0,498 ± 0,136	43,636 ± 16,305	8	2,951 ± 1,712	1,803 ± 1,059	1,527 ± 0,625
	Etapa	Neonato	-	-	-	-	4	1,087 ± 0,547	0,811 ± 0,535	0,700 ± 0,220
		Juvenil	3	0,631 ± 0,246	0,591 ± 0,208	42,250 ± 22,147	3	3,144 ± 1,462	1,916 ± 0,879	1,576 ± 0,451
		Adulto	5	0,560 ± 0,194	0,515 ± 0,139	41,867 ± 13,136	5	4,184 ± 2,106	2,663 ± 1,174	1,919 ± 0,424
<i>Urotrygon chilensis</i> ³	Sexo	Hembra	4	0,461 ± 0,040	0,425 ± 0,109	3,250 ± 2,217	11	4,511 ± 0,852	3,507 ± 0,549	1,886 ± 0,554
		Macho	4	0,420 ± 0,155	0,382 ± 0,126	5,750 ± 1,500	7	4,347 ± 0,674	2,930 ± 0,353	1,368 ± 0,372
	Etapa	Juvenil	4	0,413 ± 0,091	0,365 ± 0,128	5,000 ± 2,550	8	4,556 ± 0,578	3,261 ± 0,535	1,912 ± 0,585
		Adulto	4	0,487 ± 0,135	0,467 ± 0,031	3,667 ± 1,528	10	4,366 ± 0,919	3,314 ± 0,587	1,530 ± 0,470
<i>Hypanus dipterus</i> ²	Sexo	Hembra	1	0,833 ± 0,270	0,865 ± 0,185	18,5 ± 7,071				
	Etapa	Adulto								
<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	Sexo	Hembra	1	1,066 ± 1,043	0,187 ± 0,170	20				
	Etapa	Adulto								

Promedio ± Desviación Estándar. n: Número de individuos. Etapa: Etapa de desarrollo ontogénico.

¹En *Pseudobatos planiceps* las medidas fueron realizadas en la corona de los dentículos y tubérculos.

²Solo presentaron dentículos y tubérculos.

³Solo presentaron dentículos y espinas

Tabla 3. Medidas de denticulos, tubérculos y espinas según zona del cuerpo / Measurements of denticles, tubercles and thorns according to region of the body

Especie	Zona	n	Dentículos			Tubérculos/Espinas					
			Longitud (mm)	Ancho (mm)	Densidad (DD cm-2)	Zona	n	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	N°
<i>Pseudobatos planiceps</i> ^{1,2}	IO	12	0,201 ± 0,072	0,165 ± 0,050	2492,73 ± 949,45	Orbital	12	0,330 ± 0,314	0,201 ± 0,194	0,303 ± 0,380	Indeterminado
	Medio	12	0,209 ± 0,049	0,178 ± 0,380	1900,00 ± 314,26	Medio	12	0,990 ± 0,181	0,476 ± 0,106	0,925 ± 0,302	Indeterminado
	Malar	12	0,117 ± 0,009	0,128 ± 0,017	5159,09 ± 291,56	Malar	12	-	-	-	-
	Alar	12	0,097 ± 0,010	0,098 ± 0,008	7553,64 ± 889,30	Alar	12	-	-	-	-
						Caudal	12	0,741 ± 0,372	0,404 ± 0,218	0,466 ± 0,340	Indeterminado
<i>Rostroraja velezi</i> ³	IO	3	1,117 ± 0,050	0,926 ± 0,090	33,667 ± 2,082	Orbital	3	2,138 ± 0,934	1,668 ± 0,660	1,924 ± 0,724	8-10 ♀, 7 ♂
	Medio	3	0,536 ± 0,582	0,498 ± 0,528	24,000 ± 2,828	Medio	3	4,897 ± 2,689	2,334 ± 1,477	1,992 ± 1,015	35-50 ♀, 30 ♂
	Malar	3	1,197 ± 0,221	1,075 ± 0,339	37,333 ± 4,933	Malar	1	5,744 ± 1,076	1,947 ± 1,563	3,729 ± 0,610	10 filas, 4 columnas
	Alar	3	1,012 ± 0,240	0,768 ± 0,307	28,500 ± 0,707	Alar	1	5,447 ± 4,309	2,916 ± 1,692	4,842 ± 0,565	22 filas, 5-6 columnas
<i>Sympterygia breviaudata</i> ³						Caudal	3	6,423 ± 2,319	4,201 ± 2,140	2,740 ± 1,309	40 ♀, 25 ♂
	IO	8	0,567 ± 0,259	0,522 ± 0,193	37,125 ± 5,194	Orbital	8	3,411 ± 0,720	2,729 ± 0,538	1,600 ± 0,465	1-4 ♀, 1-3 ♂
	Medio	8	0,528 ± 0,141	0,563 ± 0,144	26,714 ± 11,658	Nucal	8	2,084 ± 1,015	2,084 ± 1,015	1,756 ± 0,598	3-6 ♀, 3-7 ♂
	Malar	8	0,653 ± 0,216	0,541 ± 0,174	60,250 ± 7,126	Malar	-	-	-	-	-
	Alar	-	-	-	-	Alar	4	2,779 ± 1,770	0,933 ± 0,586	1,539 ± 0,113	17-20 filas, 2 columnas
<i>Urotrygon chilensis</i> ³						Caudal	12	4,044 ± 2,776	1,990 ± 1,342	1,606 ± 0,771	11-12 ♀, 9-13 ♂
	IO	8	0,441 ± 0,107	0,403 ± 0,111	4,500 ± 2,204	Orbital	-	-	-	-	-
	Medio	-	-	-	-	Nucal	18	4,678 ± 0,734	3,293 ± 0,557	1,596 ± 0,417	1-7 ♀, 2-7 ♂
	Malar	-	-	-	-	Malar	-	-	-	-	-
	Alar	-	-	-	-	Alar	-	-	-	-	-
<i>Hypanus dipterurus</i> ²						Caudal	14	4,156 ± 0,769	3,288 ± 0,577	1,832 ± 0,674	1-5 ♀, 2-8 ♂
	IO	1	0,801 ± 0,274	0,832 ± 0,204	23	Orbital	-	-	-	-	-
	Medio	1	0,889 ± 0,246	0,916 ± 0,145	13	Nucal	1	2,74 ± 0,34	2,36 ± 0,56	1,39 ± 0,14	13-20 central, 6-8 laterales
	Malar	-	-	-	-	Malar	-	-	-	-	-
	Alar	-	-	-	-	Alar	-	-	-	-	-

Promedio ± Desviación Estándar. IO: Interorbital. n: Número de individuos. N°: Número de tubérculos (Rango). ♀: Hembra. ♂: Macho.

¹En *Pseudobatos planiceps* las medidas fueron realizadas en la corona de los dentículos y tubérculos.

²Solo presentaron dentículos y tubérculos.

³Solo presentaron dentículos y espinas

Tabla 4. Características morfométricas de los aguijones / Morphometrical characteristics of stings

Familia / Especie	n, Sexo	n, Etapa	Serraciones (N°)		Serraciones base (N°)		LTE (mm)	Lbe (mm)	Lbe/ LTE (%)	Aguijones Secundarios (N°)
			Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda				
Dasyatidae										
<i>Hypanus dipterurus</i> ¹	1H, 2M	3J	23 (22-24)	26 (25-27)	-	-	50 (42-66)	18 (16-21)	34 (31-38)	-
<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	1H	1A	70	73	22	15	91	17	19	-
Myliobatidae										
<i>Myliobatis chilensis</i>	1H	1J	35	35	16	13	40	10	25	-
<i>Myliobatis peruvianus</i>	1H, 2M	3J	15 (14-20)	16 (16-22)	5 (0-5)	4 (0-5)	33 (21-42)	10 (5-15)	34 (24-42)	1
Urotrygonidae										
<i>Urotrygon chilensis</i> ¹	3H, 5M	2N	10 (9-11)	11 (10-12)	-	-	18	8 (7-9)	44 (39-50)	-
		5J	13 (6-22)	13 (4-22)	-	-	43 (33-53)	20 (11-38)	44 (29-72)	1
		1A	8	7	-	-	36	6	17	-

Promedio seguido del valor mínimo y máximo. n: Número de individuos, Etapa: Etapa de desarrollo, H: Hembra, M: Macho, N: Neonato, J: Juvenil, A: Adulto, LTE: Longitud total del aguijón, Lbe: Longitud de la base del aguijón, Lbe/ LTE: Base del aguijón en relación del tamaño total del aguijón.

¹Solo se obtuvieron esa cantidad de aguijones del total de ejemplares indicados en Tabla 1

Tabla 5. Comparación entre pares según sexo y etapa de desarrollo (Comparación intraespecífica) de denticulos, tubérculos y espinas. Se presenta los *p*-valores de la prueba de Mann-Whitney / Comparison between pairs according to sex and stage of development (Intra-specific comparison) of denticles, tubercles and thorns. The *p*-values of the Mann-Whitney test are presented

Especie		Denticulos				Tubérculos/Espinas			
		n	Longitud	Ancho	Densidad	n	Longitud	Ancho	Altura
<i>Pseudobatos planiceps</i>	Sexo	7H 5M	0,451	0,706	0,472	7H 5M	0,547	0,226	0,446
	Etapa	8J 4A	0,529	0,369	0,569	8J 4A	0,251	0,934	0,908
<i>Sympterygia brevicaudata</i>	Sexo	4H 4M	0,295	0,218	0,460	4H 8M	0,217	0,045*	0,374
	Etapa	3J 5A	0,366	0,439	0,948	4N N-J 3J N-A 5A J-A	0,031* 0,008* 0,208	0,045* 0,011* 0,101	0,007* 0,005* 0,060
<i>Urotrygon chilensis</i>	Sexo	4H 4M	0,343	0,886	0,114	11H 7M	0,508	0,001*	0,009*
	Etapa	4J 4A	0,786	0,250	0,393	8J 10A	0,621	0,414	0,081

Etapa: Etapa de desarrollo ontogénico. H: Hembras. M: Machos. N: Neonatos. J: Jóvenes. A: Adultos.

*Indica diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 6. Comparación entre pares según zona del cuerpo (Comparación intraespecífica) de denticulos. Se presenta los *p*-valores de la prueba de Kruskal-Wallis (K-W) y post hoc Mann-Whitney (M-W) / Comparison between pairs according to region of the body (Intra-specific comparison) of denticles. The *p*-values of the Kruskal-Wallis test (K-W) and Mann-Whitney (M-W) post hoc are presented

Especie	Prueba estadística	Zonas	<i>n</i>	Denticulos		
				Longitud	Ancho	Densidad
<i>Pseudobatos planiceps</i>	K-W (<i>p</i> -valor)			0,001*†	0,001*†	0,001*†
		IO – Medio		0,735	0,389	0,096
	M-W (<i>p</i> -valor)	IO – Malar		0,007*	0,031*	0,001*†
		IO – Alar	12	0,001*†	0,001*†	0,001*†
		Medio – Malar		0,001*†	0,001*†	0,001*†
		Medio – Alar		0,001*†	0,001*†	0,001*†
		Malar – Alar		0,001*†	0,001*†	0,001*†
<i>Sympterygia brevicaudata</i>	K-W (<i>p</i> -valor)			0,350	0,649	0,001*†
	M-W (<i>p</i> -valor)	IO – Medio				0,072
		IO – Malar	8			0,001*†
		Medio – Malar				0,001*†

H: Hembras. M: Machos. N: Neonatos. J: Jóvenes. A: Adultos

*Indica diferencias significativas ($P < 0,05$)

† Indica valores menores a 0,001

Tabla 7. Comparación entre pares según zona del cuerpo (Comparación intraespecífica) de tubérculos y espinas. Se presenta los *p*-valores de la prueba de Kruskal-Wallis (K-W) y post hoc Mann-Whitney (M-W) / Comparison between pairs according to region of the body (Intra-specific comparison) of tubercles and thorns. The *p*-values of the Kruskal-Wallis (K-W) test and Mann-Whitney (M-W) post hoc are presented.

Especie	Prueba estadística	Zonas	<i>n</i>	Tubérculos/Espinas		
				Longitud	Ancho	Altura
<i>Pseudobatos planiceps</i>	K-W (<i>p</i> -valor)			0,001*†	0,005*	0,001*†
	M-W (<i>p</i> -valor)	Orbital-Medio	12	0,001*†	0,001*†	0,001*†
		Orbital-Caudal		0,004*	0,023*	0,119
		Medio-Caudal		0,043*	0,773	0,005*
<i>Sympterygia brevicaudata</i>	K-W (<i>p</i> -valor)			0,250	0,031*	0,959
	M-W (<i>p</i> -valor)	Orbital-Nucal	8		0,610	
		Orbital-Alar			0,007*	
		Orbital-Caudal			0,051	
		Nucal-Alar			0,149	
		Nucal-Caudal			0,296	
Alar-Caudal				0,090		
<i>Urotrygon chilensis</i>	M-W (<i>p</i> -valor)	Nucal-Caudal	14	0,065	0,896	0,173

H: Hembras. M: Machos. N: Neonatos. J: Jóvenes. A: Adultos.

* Indica diferencias significativas ($P < 0,05$).

† Indica valores menores a 0,001

Tabla 8. Comparación interespecífica de los dentículos y espinas comunes entre *S. brevicaudata* y *U. chilensis*. Se presenta los p-valores de la prueba Mann-Whitney para dentículos y prueba t-Student para espinas / Interspecific comparison of the denticles and thorns shared between *S. brevicaudata* and *U. chilensis*. The p-values of the Mann-Whitney test for denticles and the t-Student test for thorns are presented.

Especies	Zona	n				
<i>Sympterygia brevicaudata</i> - <i>Urotrygon chilensis</i>	Dentículos	IO	16	Longitud 0,115	Ancho 0,345	Densidad 0,01*
	Espinas	Nucal Caudal ¹	26	Longitud 0,001* [†] 0,012*	Ancho 0,377 0,116	Altura 0,568 0,297

n: Número de individuos. IO: Interorbital.

*Indica diferencias significativas ($P < 0.05$).

[†]Indica valores menores a 0.001.

¹No se incluyeron a los neonatos de *S. brevicaudata* en el análisis

Figura 1. Puertos de desembarque y terminales pesqueros donde fueron adquiridas las diferentes especies de rayas para el estudio en el litoral peruano / Landing sites and fishing terminals where the different species of rays were acquired for the study on the Peruvian coast

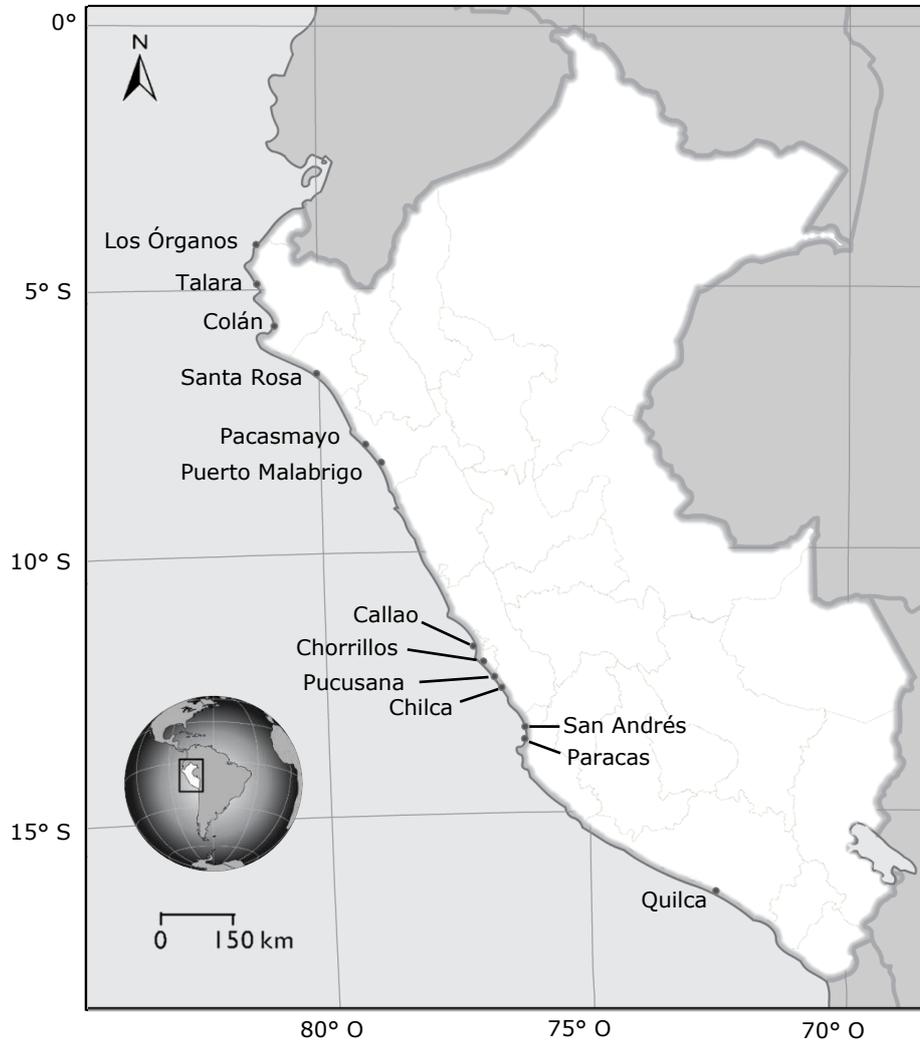


Figura 2. Diagrama general de las zonas muestreadas. Vista dorsal. Modificado de Gravendeel *et al.* 2002 / General diagram of the body regions sampled. Dorsal view. Modified from Gravendeel *et al.* 2002

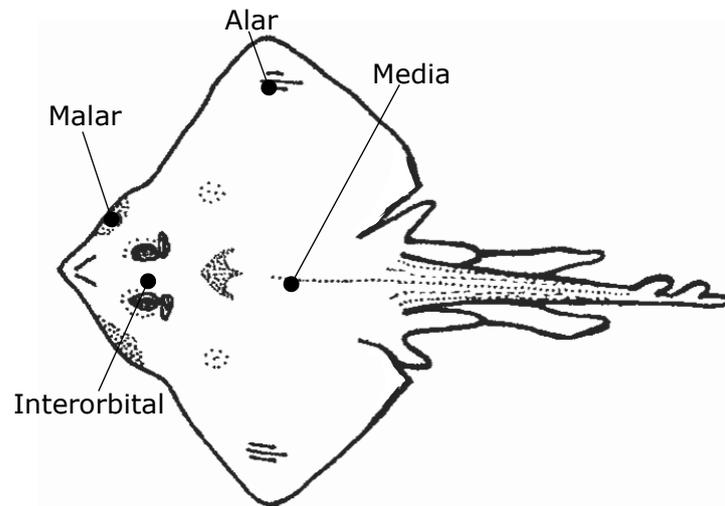


Figura 3. A) Partes de un denticulo dérmico. Vista anterolateral. B) Partes de una espina. Vista lateral. C) Partes de una espina. Vista dorsal. D) Aguijón adherido a la cola. Vista lateral. EDJ: Unión entre esmalte y dentina. LTE: Longitud total de la espina. Lbe: Longitud de la base de la espina. Se señala el lado anterior y posterior de las estructuras dérmicas. Modificado de Branco 2009 (A), Gravendeel *et al.* 2002 (B y C) y Schwartz (2007a) / A) Parts of a dermal denticle. Anterolateral view. B) Parts of a thorn. Lateral view. C) Parts of a thorn. Dorsal view. D) Sting attached to the tail. Lateral view. EDJ: Enamel-dentine junction. LTE: Total length of the spine. Lbe: Length of the base of the spine. The anterior and posterior sides of the dermal structures are marked. Modified from Branco 2009 (A), Gravendeel *et al.* 2002 (B and C) and Schwartz (2007a)

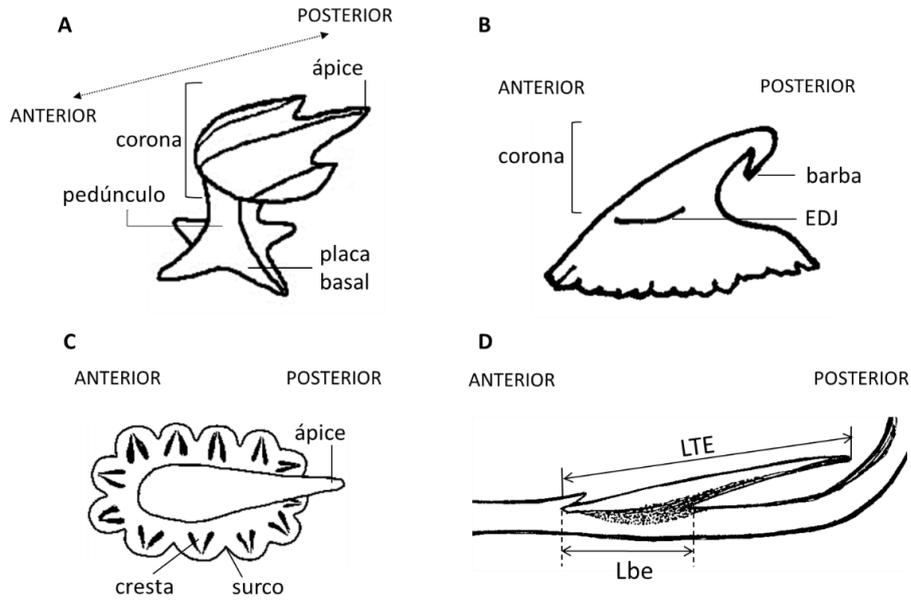


Figura 4. Morfotipos de denticulos comunes entre las especies analizadas. A) Morfotipo I. B) Morfotipo II. C) Morfotipo III. D) Morfotipo IV. E) Vista lateral de morfotipo IV. cor: corona, pb: placa basal. Flecha indica parte posterior de la corona con vértices marcados. Barra = 1 mm / Morphotypes of denticles common among the species analyzed. A) Morphotype I. B) Morphotype II. C) Morphotype III. D) Morphotype IV. E) Side view of morphotype IV. cor: crown, pb: basal plate. Arrow indicates back of crown with marked vertices. Scale bar = 1 mm

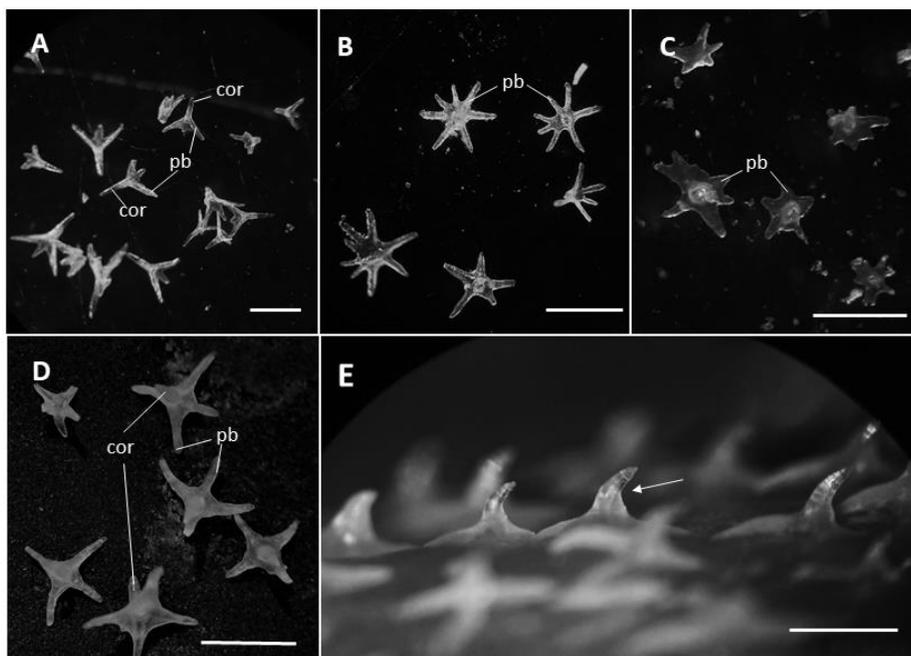


Figura 5. Cobertura dérmica dorsal de *Pseudobatos planiceps* (Rhinopristiformes) “Pez guitarra”. Sorb: Serie orbital, Snuc: Serie nucal, Smdt: Serie medio dorsal troncal, Sscp: Serie escapular, Smdc: Serie medio dorsal caudal / Dorsal dermal covering of *Pseudobatos planiceps* (Rhinopristiformes) "Pacific guitarfish". Sorb: Orbital series, Snuc: Nuchal series, Smdt: Middorsal truncal series, Sscp: Scapular series, Smdc: Middorsal caudal series

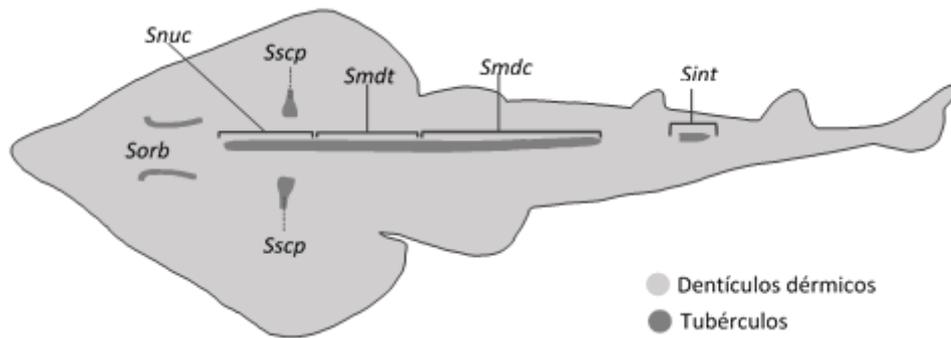


Figura 6. A) Dentículos malar y alares de *P. planiceps* insertados en la piel. Vista dorsal. B) Vista lateral. C) Corona. Vista dorsal. *cor*: corona, *ped*: pedúnculo, *pb*: placa basal. Barra = 100 μm / A) Malar and alar denticles *P. planiceps* inserted into the skin. Dorsal view. B) Lateral view. C) Crown. Dorsal view. *cor*: crown, *ped*: peduncle, *pb*: basal plate. Scale bar = 100 μm

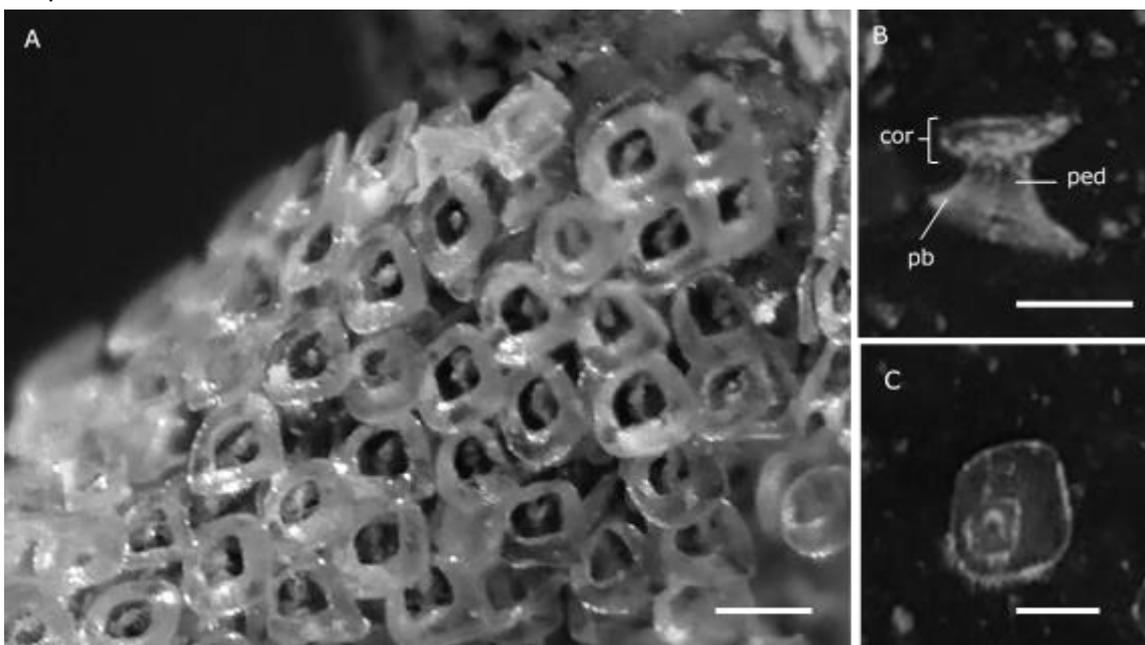


Figura 7. A) Dentículos interorbitales y medios. Vista dorsal. B) Vista lateral. *cor*: corona, *pb*: placa basal. Barra = 100 μm / A) Interorbital and middle denticles. Dorsal view. B) Lateral view. *cor*: crown, *pb*: basal plate. Scale bar = 100 μm

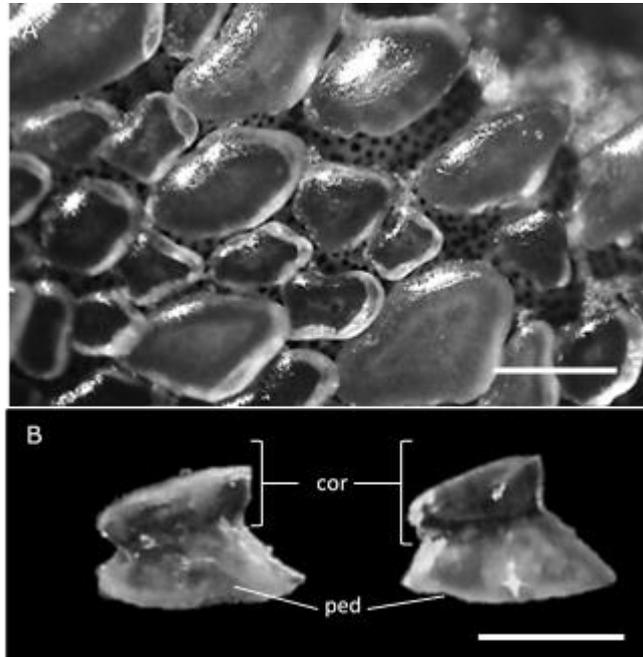


Figura 8. Tubérculos espinosos de *P. planiceps*. A) Vista lateral. B) Vista ventral. Flechas indican poros en el lado ventral. C) Vista dorsal. *Rcp*: Relieve corono-peduncular. Barra = 500 μm / Spiny tubercles of *P. planiceps*. A) Lateral view. B) Ventral view. Arrows indicate pores on the ventral side. C) Dorsal view. *Rcp*: Corono-peduncular relief. Scale bar = 500 μm

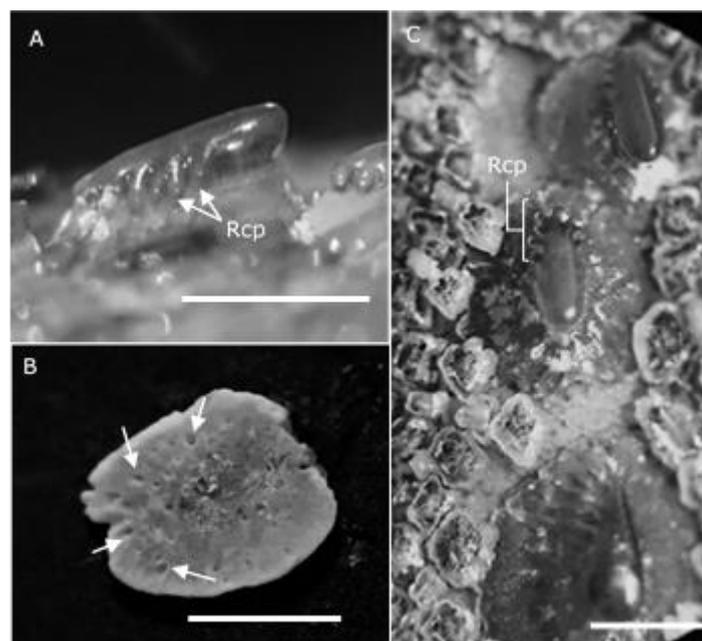


Figura 9. Cobertura dérmica dorsal (izquierda) y ventral (derecha) de Rajiformes: A) *Rostroraja velezi* “raya bruja” y B) *Sympterygia brevicaudata* “Raya espinosa”. IO: Interorbital, *Smal*: Serie malar, *Sorb*: Serie orbital, *Salr*: Serie alar, *Snuc*: Serie nuchal, *Smdt*: Serie medio dorsal troncal, *Sscp*: Serie escapular, *Mdent*: Mancha de dentículos, *Smdc*: Serie medio dorsal caudal. *Spar*: Serie paralela, *Slat*: Serie lateral, *Sint*: Serie interdorsal, *Sant*: Serie anterolateral / Dorsal (left) and ventral (right) dermal covering of Rajiformes: A) *Rostroraja velezi* "Velez ray" and B) *Sympterygia brevicaudata* "Shorttail fanskate". IO: Interorbital, *Smal*: Malar series, *Sorb*: Orbital series, *Salr*: Alar series, *Snuc*: Nuchal series, *Smdt*: Middorsal truncal series, *Sscp*: Scapular series, *Mdent*: Dentition spot, *Smdc*: Middorsal caudal series. *Spar*: Parallel series, *Slat*: Lateral series, *Sint*: Interdorsal series, *Sant*: Anterolateral series

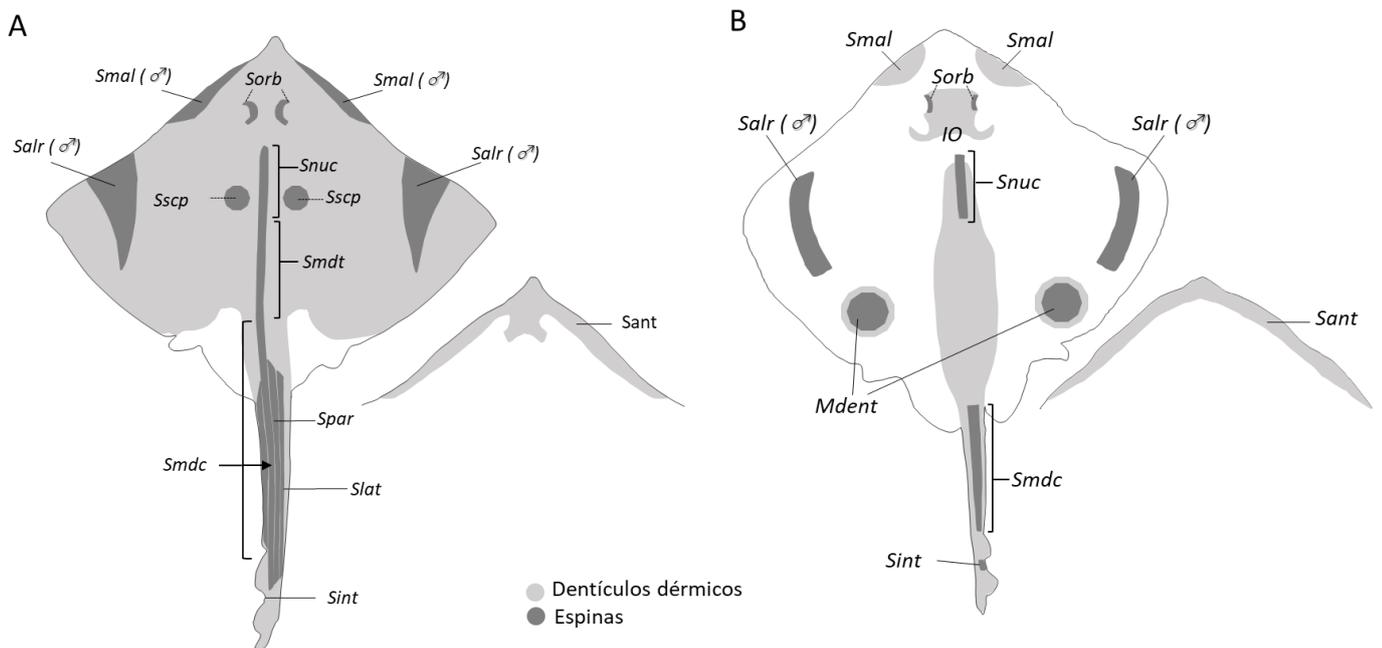


Figura 10. A) Espinas del disco de *R. velezi*. Vista dorsal. B) Estrías presentes en la corona. Vista lateral. C) Flecha indica la piel dentro del foramen central, para la adhesión de la espina. Vista lateral. Barra = 1 mm / A) Thorns from the disc of *R. velezi*. Dorsal view. B) Striations on the crown. Lateral view. C) Arrow indicates the skin inside the central foramen, for the adhesion of the spine. Lateral view. Scale bar = 1 mm

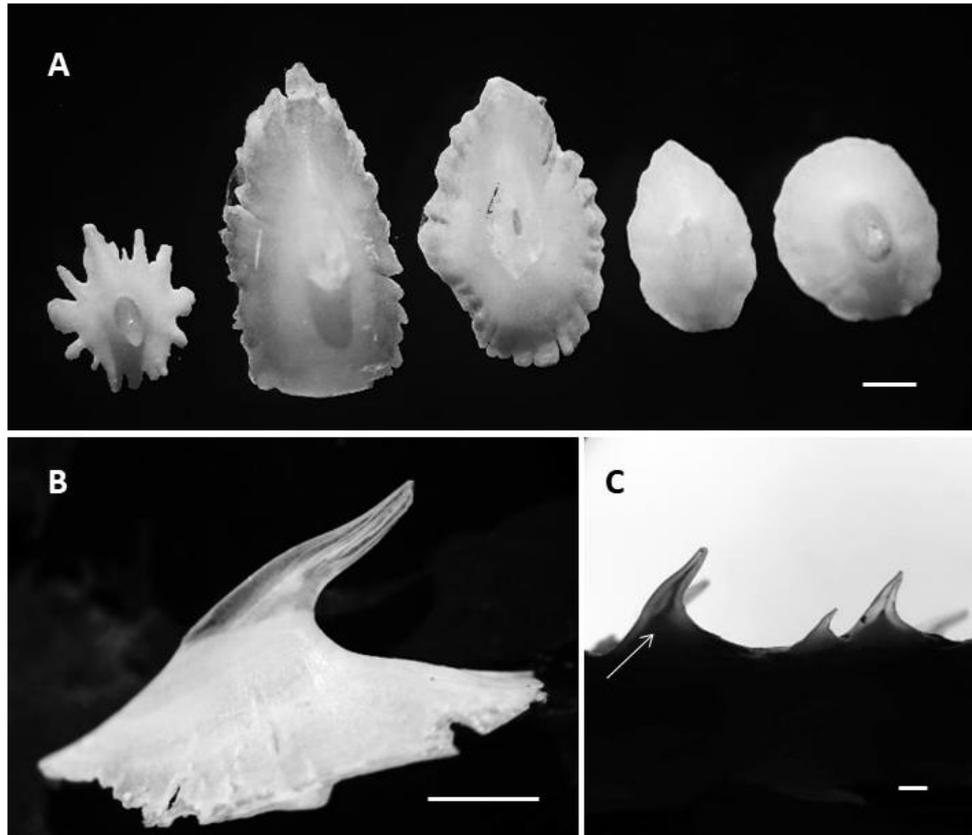


Figura 11. Espinas malaras de *R. velezi*. A) Vista lateral. B) Ápice de espina. Flecha indica barba inferior. C) Vista dorsal. D) Vista ventral, se observa surco desde zona anterior hasta el foramen. Barra: 1mm / Malar thorns of *R. velezi*. A) Lateral view. B) Apex of the thorn. Arrow indicates lower barb. C) Dorsal view. D) Ventral view, a furrow is observed from the anterior zone to the foramen. Scale bar = 1mm

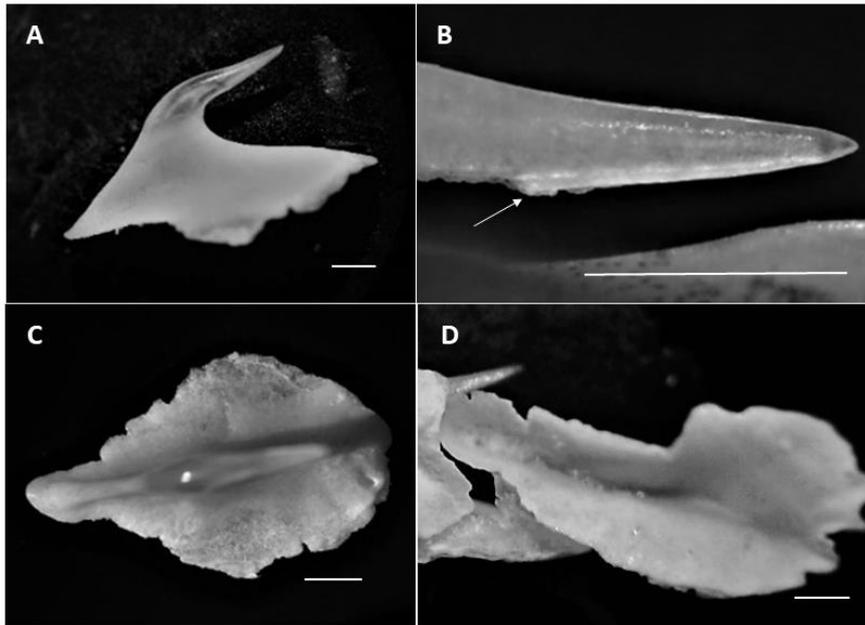


Figura 12. Espinas alares de *R. velezi*. A) Vista dorsal. B) Ápice de espina con barbas superior e inferior. C) Vista ventral. D) Vista lateral. Flecha indica escotadura en base. Barra = 1mm / Alar thorns of *R. velezi*. A) Dorsal view. Apex of thorn with upper and lower barbs. C) Ventral view. D) Lateral view. Arrow indicates notch in base. Scale bar = 1mm

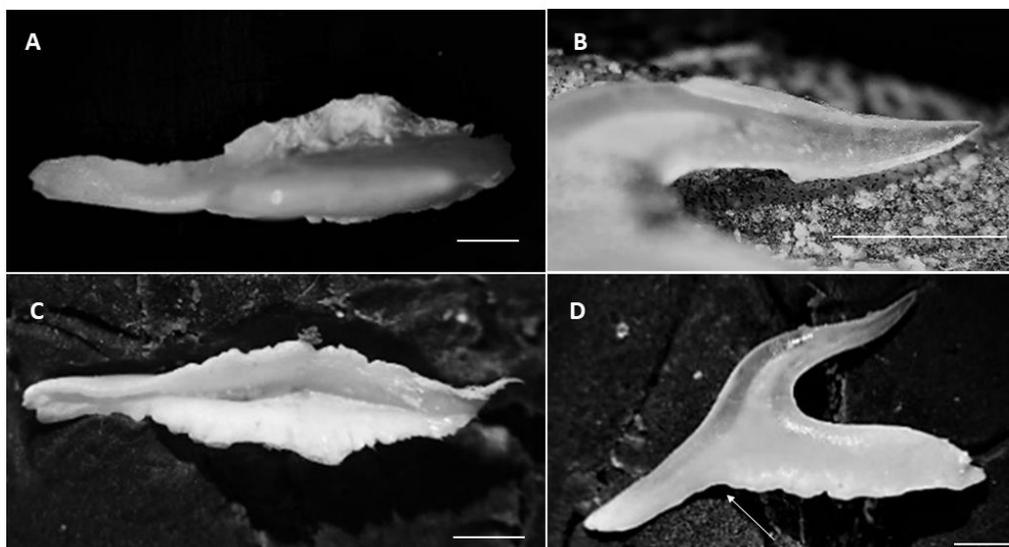


Figura 13. Neonato de *S. brevicaudata*, con dentículos distribuidos en toda la zona anterior del disco. Vista dorsal. *esp*: espiráculo. Barra = 1 mm / Neonate of *S. brevicaudata*, with denticles on the anterior part of the disc. Dorsal view. *esp*: Spiracle. Scale bar = 1mm

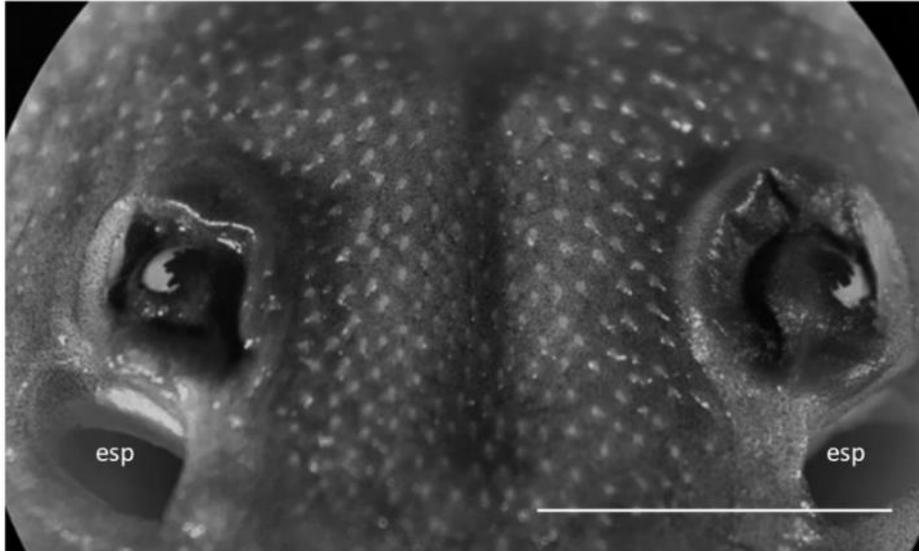


Figura 14. Espinas de *S. brevicaudata*. A) Espinas caudales de neonatos. Vista lateral. B) Espinas del disco medio dorsales. Arriba: vista lateral. Abajo: vista dorsal. C) Espinas caudales de adultos. Izq.: vista lateral. Centro: vista dorsal. Der: vista ventral. Flecha indica foramen. Barra = 1mm / Thorns of *S. brevicaudata*. A) Caudal thorns of neonates. Lateral view. B) Middorsal thorns. Up: Lateral view. Down: Dorsal view. C) Caudal thorns of adults. Izq.: Lateral view. Centre: Dorsal view. Der.: Ventral view. Arrow indicates foramen. Scale bar = 1mm

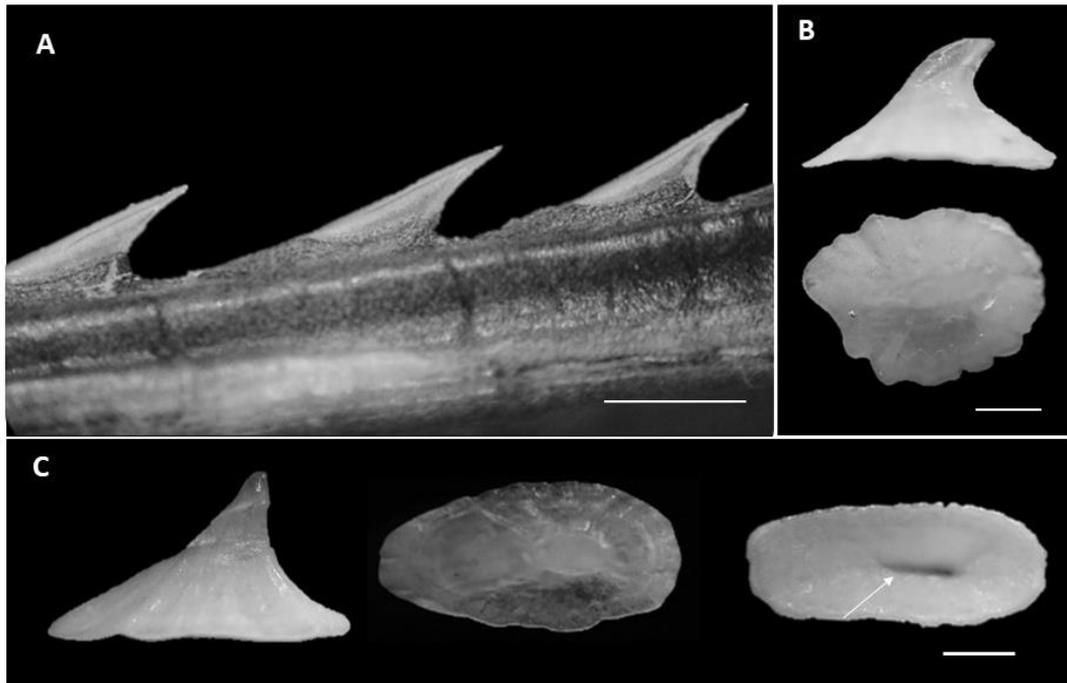


Figura 15. Espinas alares de *S. brevicaudata*. Arriba: Vista dorsal. Centro: Vista ventral. Abajo: Vista lateral. Barra = 1mm / Alar thorns of *S. brevicaudata*. Up: Dorsal view. Centre: Ventral view. Down: Lateral view. Scale bar =1mm

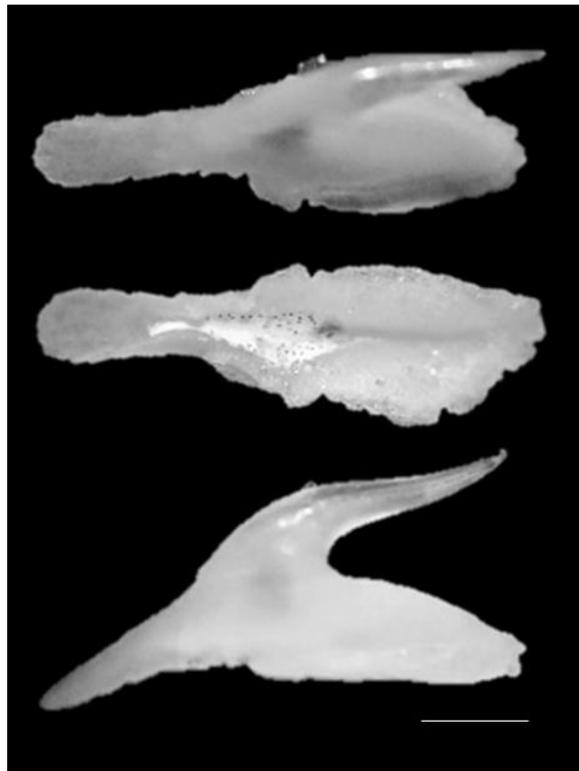


Figura 16. Cobertura dérmica dorsal de Myliobatiformes: A) *Hypanus dipterurus* “batana”, B) *Urotrygon chilensis* “raya pastelillo”, C) *Pteroplatytrygon violacea* “raya pelágica violacea”. Sorb: Serie orbital, Snuc: Serie nugal, Smdt: Serie medio dorsal troncal, Smdc: Serie medio dorsal caudal. El patrón de cobertura de *P. violacea* fue completado con la información de Last *et al.* 2016 / Dorsal dermal covering of Myliobatiformes: A) *Hypanus dipterurus* “diamond stingray”, B) *Urotrygon chilensis* “chilean round ray”, C) *Pteroplatytrygon violacea* “pelagic stingray”. Sorb: Orbital series, Snuc: Nuchal series, Smdt: Middorsal truncal series, Smdc: Middorsal caudal series. Covering pattern of *P. violacea* was completed with information from Last *et al.* 2016

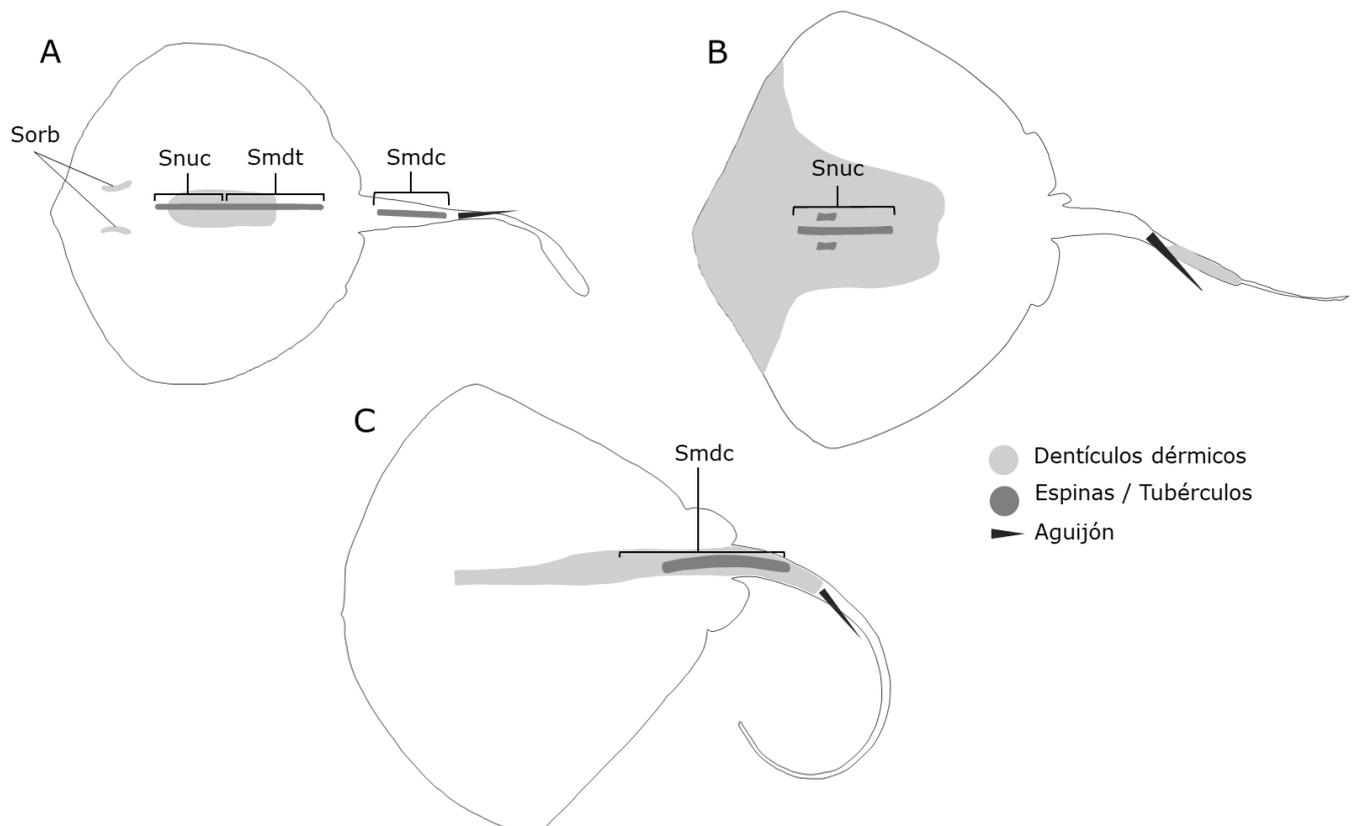


Figura 17. Denticulos de *U. chilensis*. Denticulo orbital en vista A) lateral y B) dorsal. C) Denticulo del disco insertado en piel, vista dorsal. Barra = 500 μ m / Denticles of *U. chilensis*. Orbital denticle in A) lateral and B) dorsal view. C) Middorsal denticles inserted into the skin, dorsal view. Scale bar = 500 μ m

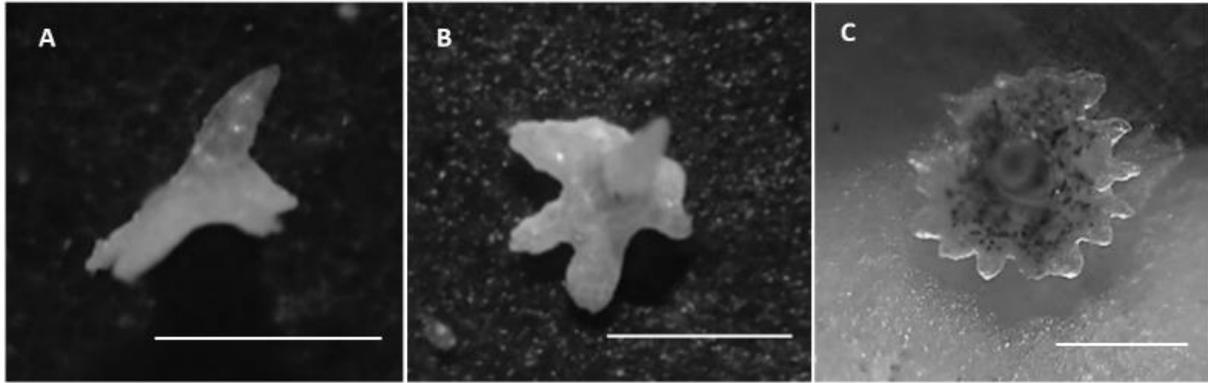


Figura 18. Espinas de *U. chilensis* en vista A) lateral, B) dorsal y C) ventral. D) Espinas con corona erosionada. EDJ: Unión esmalte-dentina. Barra = 1mm / Thorns of *U. chilensis* in A) lateral, B) dorsal and C) ventral view. D) Thorns with eroded crown. EDJ: Enamel-dentine junction. Scale bar = 1mm

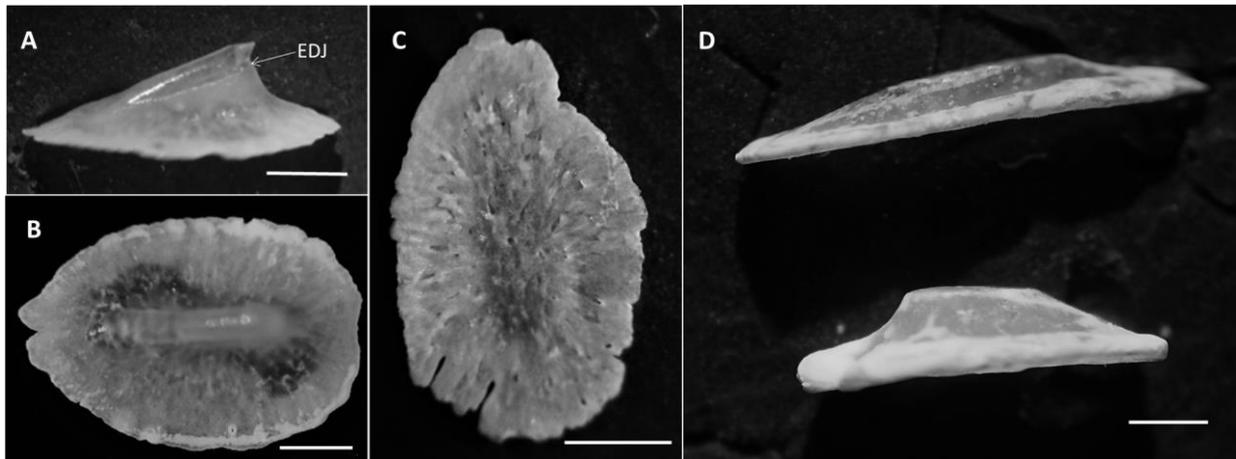


Figura 19. Aguijón de *U. chilensis*. A) Aguijón de neonato. B) Aguijones encontrados en jóvenes y adultos. C) Aguijones secundarios. Barra = 5mm / Sting of *U. chilensis*. A) Sting of a neonate. B) Stings present in juveniles and adults. C) Secondary stings. Scale bar = 5mm

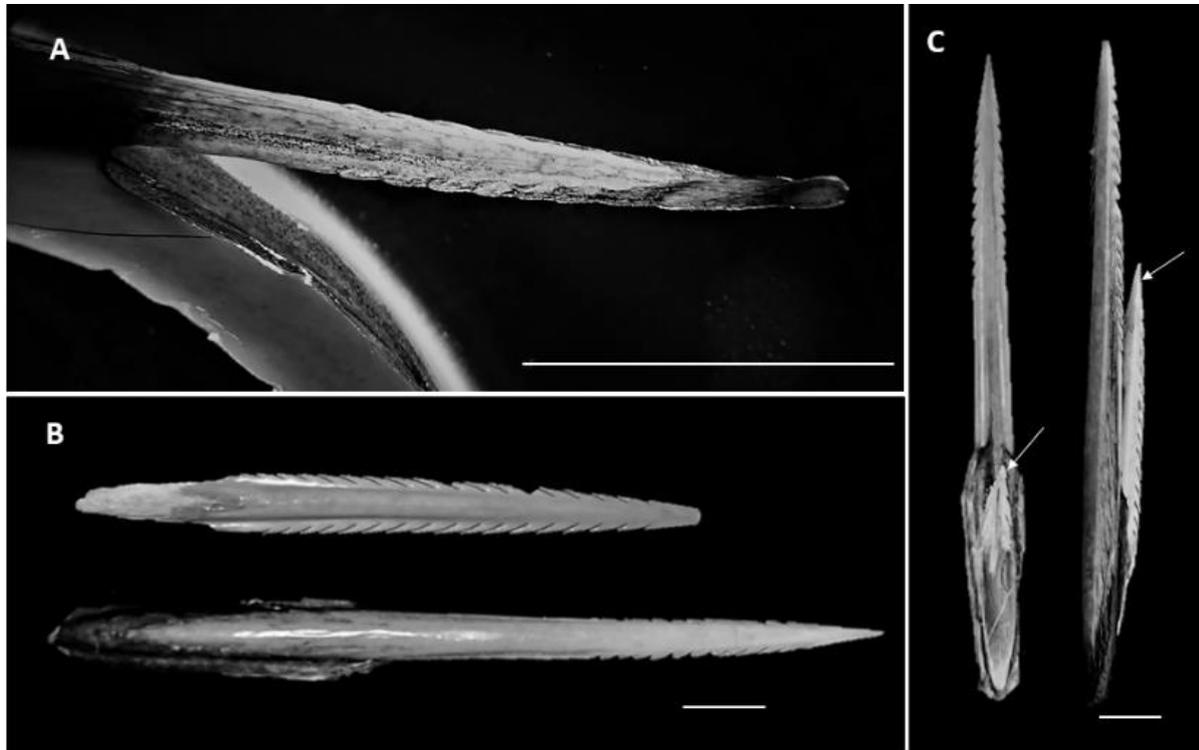


Figura 20. Denticulos de *H. dipterurus*. Denticulos en superficie dorsal del disco en vista A) dorsal y B) lateral. C) Vista lateral de denticulos en pliegues caudales. D) Cola con los denticulos adheridos. cor: corona, pb: placa basal. Barra = 500 μ m / Denticles of *H. dipterurus*. Denticles on the dorsal surface of the disc in A) dorsal and B) lateral view. C) Lateral view of denticles in caudal folds. D) Tail with denticles attached. cor: crown, pb: basal plate. Scale bar = 500 μ m.

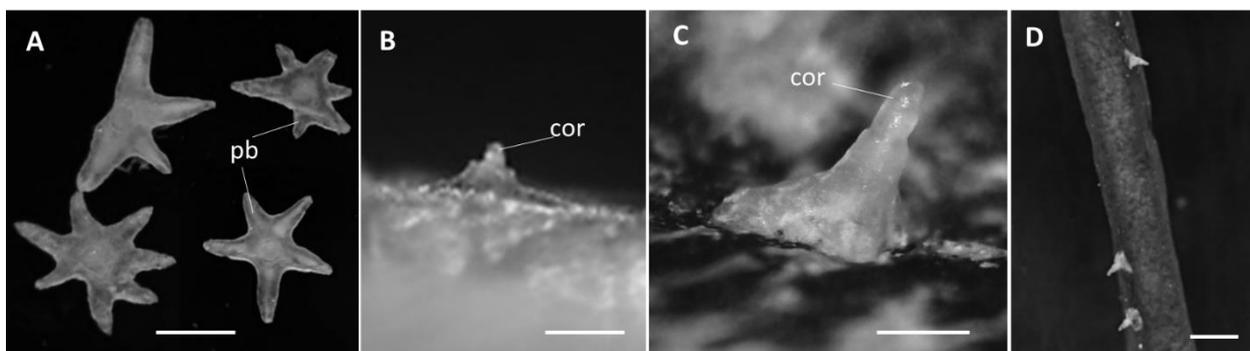


Figura 21. Tubérculos globosos de *H. dipterurus*. A) Vista dorsal. B) Vista lateral. Barra = 1 mm / Globular tubercles of *H. dipterurus*. A) Dorsal view. B) Lateral view. Scale bar = 1mm

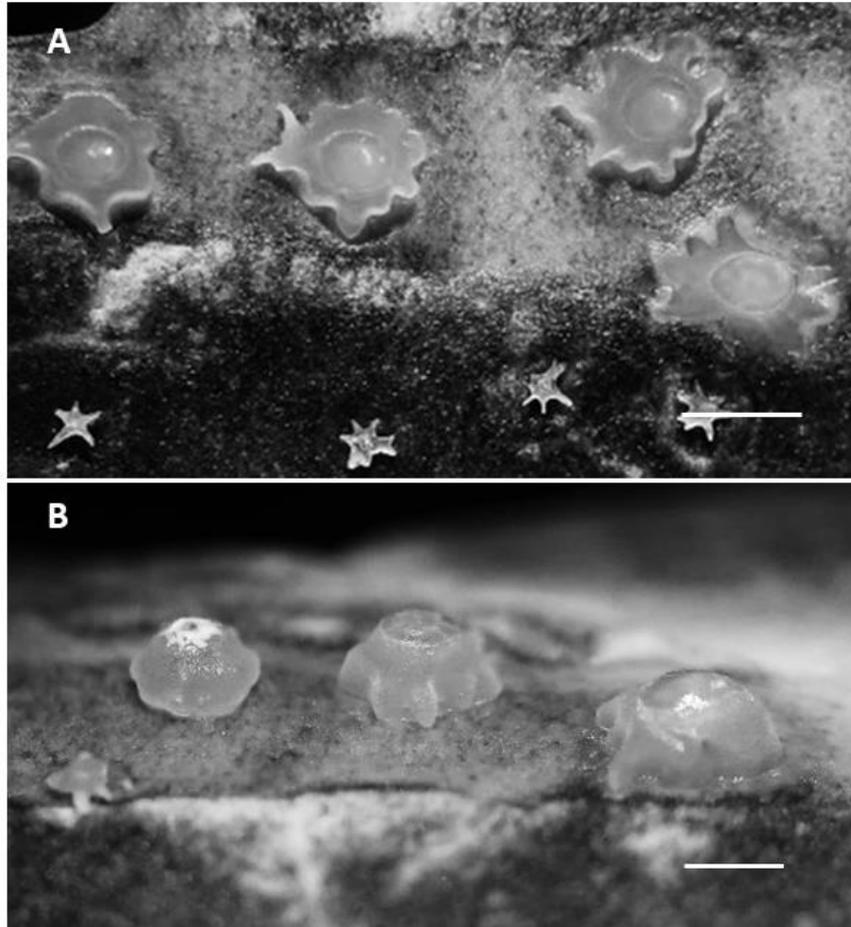


Figura 22. Aguijón de *H. dipterurus*. A) Vista dorsal. B) Vista lateral. C) Detalles de las estrías cruzadas del dorso del aguijón. Lbe: Longitud de la base del aguijón. Barra = 5mm / Sting of *H. dipterurus*. A) Dorsal view. B) Lateral view. C) Striations across dorsal side of the sting. Lbe: Length of the base of the sting. Scale bar = 5mm



Figura 23. A) Dentículos caudales de *P. violacea* en vista lateral. B) Dentículos insertados en la piel. cor: corona, pb: placa basal. Barra = 1 mm / A) Caudal denticles of *P. violacea* in lateral view. B) Denticles attached to the skin. cor: crown, pb: basal plate. Scale bar = 1mm

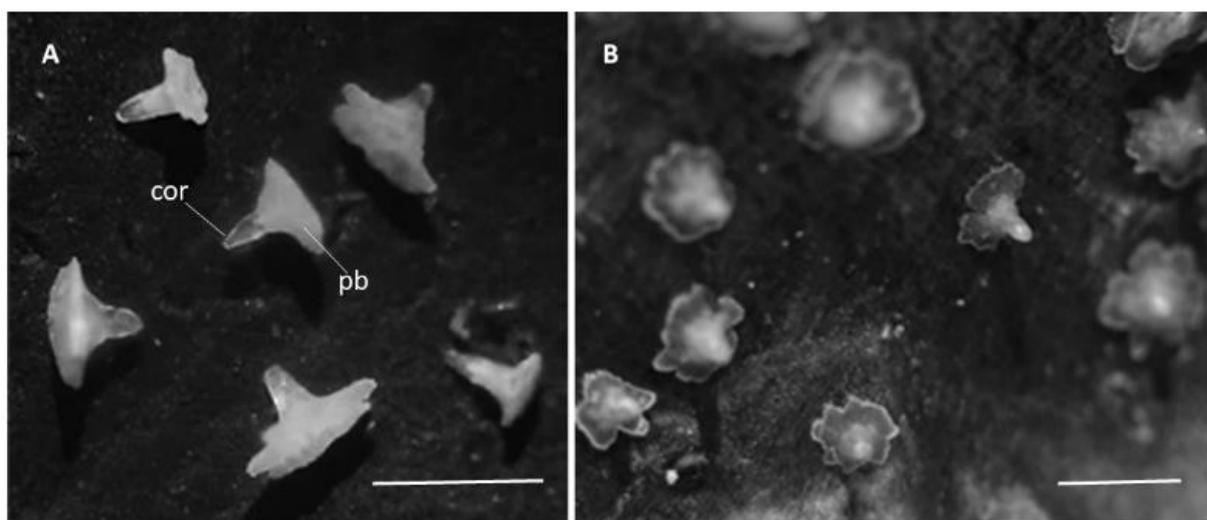


Figura 24. Aguijón de *P. violacea*. A) Vista dorsal. B) Vista lateral. C) Flechas indican *cul-de-sac* entre serraciones. Barra = 10mm / Sting of *P. violacea*. A) Dorsal view. B) Lateral view. C) Arrows indicates *cul-de-sac* between serrations. Scale bar = 10mm

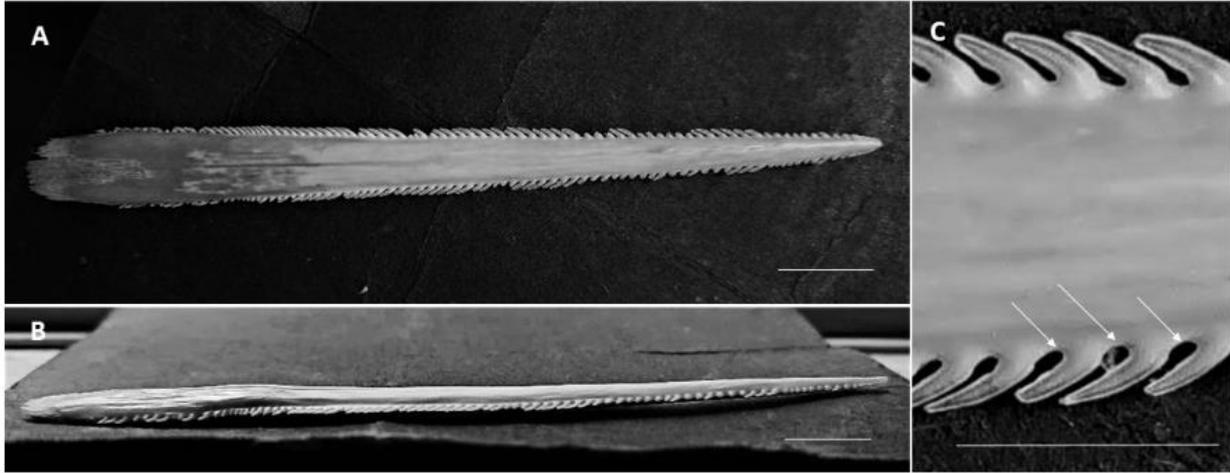


Figura 25. Aguijón de *M. peruvianus*. A) Aguijón principal y secundario insertados. B) Aguijón anterior. Vista dorsal. C) Aguijón posterior. Vista dorsal. Barra = 10mm / Sting of *M. peruvianus*. A) Primary and secondary sting attached. B) Anterior sting. Dorsal view. C) Posterior sting. Dorsal view. Scale bar = 10mm

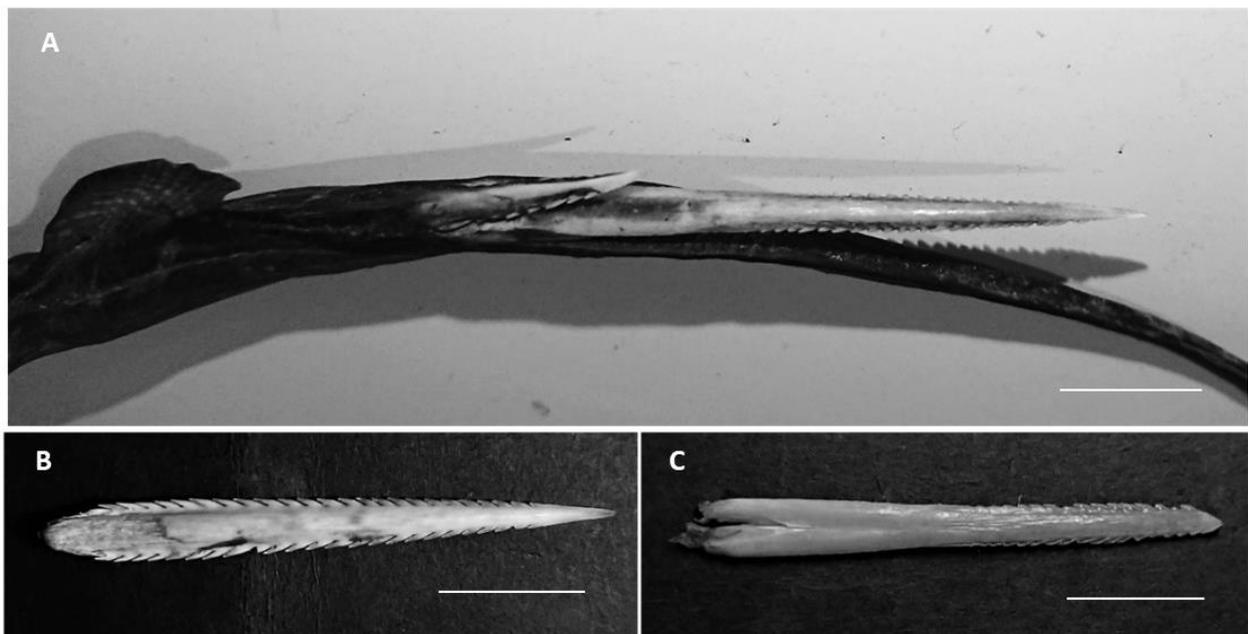


Figura 26. Vista dorsal de aguijón de *M. chilensis*. Barra = 10mm / Dorsal view of sting from *M. chilensis*. Scale bar = 10mm

