

Caracterización morfológica preliminar de las estructuras dérmicas de tres especies de batoideos (Chondrichthyes: Batoidea) en el litoral peruano

Preliminary morphological characterization of dermal structures from three batoids species (Chondrichthyes: Batoidea) on Peruvian littoral

Angie Sánchez-Rea¹ y Keny Kanagusuku^{1*}

¹Laboratorio de Investigación, Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur, km 19, Lima, Perú

*Autor corresponsal: kkanagusuku@cientifica.edu.pe

Abstract. - Some species of 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. Three species were analyzed: *Pseudobatos planiceps*, *Rostroraja velezi* and *Sympterygia brevicaudata* acquired from artisanal fisheries from the north to the south of the country. Three types of structures were identified: Dermal denticles, cutaneous tubercles and thorns. Diverse dermal structures are present since the birth of batoids. In Rajiformes, differences between sexes were the existence of malar and alar thorns in males. The presence of pores on the ventral side of tubercles and spines from Rhinoprístiformes, differs from Rajiformes, which have a cavity where the skin will be attached and will extend to the pulp cavity of the spine. 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 determination at the species level.

Key words: Denticles, description, thorns, tubercles, Peru

Resumen. - Algunas especies de batoideos poseen una cobertura dérmica con variaciones morfológicas utilizadas para taxonomía. Esta investigación caracteriza morfológicamente las estructuras dérmicas de batoideos desembarcados en el litoral peruano, de acuerdo a las especies, zonas del cuerpo, etapa de desarrollo y sexo. Se analizaron 3 especies: *Pseudobatos planiceps*, *Rostroraja velezi* y *Sympterygia brevicaudata*, adquiridas de la pesca artesanal desde el norte al sur del país. Se identificaron tres tipos de estructuras: denticulos dérmicos, tubérculos cutáneos y espinas. Diversas estructuras dérmicas están presentes desde el nacimiento de los individuos. En Rajiformes, las diferencias entre sexos radicaron en la existencia de espinas malares y alares en machos. La presencia de poros en el lado ventral de la base de tubérculos y espinas de Rhinoprístiformes, 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 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 determinación a nivel de especie.

Palabras clave: Denticulos, descripción, espinas, tubérculos, Perú

INTRODUCCIÓN

Se denominan “batoideos” a los peces cartilaginosos aplanados cuyas hendiduras branquiales están localizadas en la superficie ventral de la cabeza (Last *et al.* 2016), y forman parte de la División Batomorphi (Chondrichthyes: Elasmobranchii) (Nelson *et al.* 2016). Este grupo está 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), lo que representa alrededor del 50% del total de condriictios actuales.

Algunas especies de batoideos poseen escamas placoideas modificadas, con una cavidad pulpar y cubiertas de dentina y esmaltoide (Deynat & Séret 1996). Se constituyen de tres partes: una placa basal insertada en la piel; el pedúnculo, que forma una conexión con la parte expuesta, y la corona (Branco 2009). Pueden estar hipertrofiadas y presentarse en forma de denticulos dérmicos, tubérculos cutáneos, espinas, bucles, agujones y dientes rostrales. Estas estructuras están asociadas a 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 determinación 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), o 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). Son pocas las investigaciones sobre revestimiento dérmico de batoideos en el Pacífico sudoriental (Mejía-Mercado 2007, Bustamante *et al.* 2012), mientras que en el Perú están investigaciones son nulas, a pesar de que se tiene un registro de 37 especies de batoideos (Cornejo *et al.* 2015, González-Pestana *et al.* 2020). Algunas de estas especies son de importancia comercial, sobre todo en las regiones costeras del norte del país, dónde existe una alta demanda por la carne de raya fresca y seca para la preparación de platos locales y tradicionales como “sudado de raya”, “tortilla de raya” y “chinguirito” (Bradley 2012, Rojas 2016, PRODUCE 2018, Valderrama 2019).

Es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue caracterizar morfológicamente las estructuras dérmicas de 3 especies de batoideos (Chondrichthyes: Batoidea): *Pseudobatos planiceps* (Garman, 1880), *Rostroraja velezi* (Chirichigno, 1973) y *Sympterygia brevicaudata* (Cope, 1877) desembarcadas en el litoral peruano, comparando estas características de acuerdo con las especies, zonas del cuerpo, etapa de desarrollo y sexo. Se espera que esta investigación

sea precedente y base para futuros trabajos relacionados con los caracteres morfológicos en batoideos, y utilizado con fines taxonómicos, lo que conlleva al conocimiento de los aspectos biológicos a favor de la conservación de estas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre el 2014 y 2019 se adquirieron 27 ejemplares de batoideos enteros en los siguientes puertos y terminales pesqueros a lo largo del litoral peruano: Los Órganos (04°10'19"S; 81°08'00"O), Talara (04°34'13"S; 81°16'47"O), Colán (04°55'50"S; 81°04'15"O), Santa Rosa (06°53'48"S; 79°56'30"O), Pacasmayo (07°23'13"S; 79°35'18"O), Callao (12°03'27"S; 77°09'11"O), Chorrillos (12°09'23"S; 77°01'55"O), Pucusana (12°28'41"S; 76°48'08"O), San Andrés (13°43'54"S; 76°13'24"O), Paracas (13°50'6"S; 76°14'59"O) y Quilca (16°42'42"S; 72°26'00"O) (Fig. 1). Se realizaron medidas de longitud total (LT) y ancho de disco (AD) que fueron tomadas *in situ*, al igual que la determinación del sexo. Posteriormente fueron transportados en contenedores con alcohol etílico al 96% hasta el Laboratorio de Investigación de la Carrera de Biología Marina de la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú, donde se realizó la identificación utilizando la guía taxonómica de Chirichigno & Vélez (1998) y de Last *et al.* (2016). Los individuos fueron clasificados en tres etapas de desarrollo: neonato (ejemplares obtenidos de la eclosión de cápsula ovígeras en cautiverio), 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, Last *et al.* 2016).

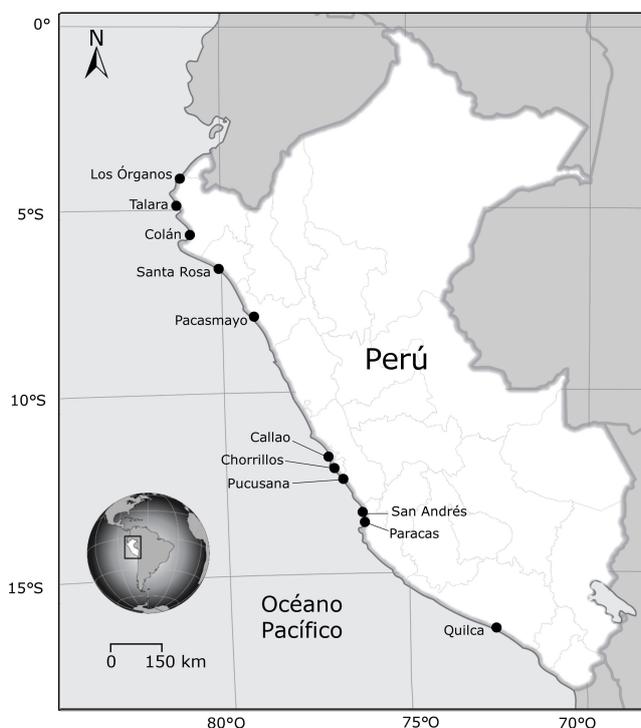


Figura 1. Puertos de desembarque y terminales pesqueros donde fueron adquiridas las diferentes especies de batoideos para el estudio en el litoral peruano / Landing sites and fishing terminals where the different species of batoids were acquired for the study on the Peruvian coast

OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

Se identificaron las áreas del cuerpo de los batoideos que poseían estructuras dérmicas por medio del tacto y observaciones al estereoscopio (Modelo ZEISS® Stemi 305), y se tomaron muestras de piel de 2 cm². Para los dentículos, se extrajeron muestras de la zona interorbital, malar, alar y media (Leible 1988, Deynat 1998) (Fig. 2A). Las muestras de piel se preservaron en microtubos de 1,5 ml con alcohol etílico al 96%, previa remoción de restos de tejido muscular mediante la utilización de bisturí.

Para la liberación de estructuras dérmicas de la piel, se modificó la metodología utilizada por McEachran & Konstantinou (1996), introduciendo las muestras en hipoclorito de sodio al 4,63% hasta que el tejido se disolvió y las estructuras estuvieron libres. 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. Este procedimiento no fue realizado con las muestras de “pez guitarra” *Pseudobatos planiceps*, debido a la dificultad de manipulación de sus estructuras libres.

Se realizaron fotografías con la cámara incorporada en el teléfono móvil, en diferentes ángulos, utilizando papel milimetrado como escala de referencia. Para las fotografías en vista lateral y ventral, las estructuras fueron colocadas sobre plastilina color negro hasta obtener el ángulo deseado.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DÉRMICAS

Se utilizó la metodología y terminología de Deynat & Séret (1996) y Deynat (1998, 1999, 2000). Las depresiones presentes en la placa basal (Fig. 2B) se denominaron surcos (Fig. 2C), mientras que los abultamientos fueron llamados crestas (Fig. 2C). 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). Se utilizó el software de análisis de imágenes Fiji ImajeJ® (Schindelin *et al.* 2012), para realizar las mediciones de longitud máxima (mm) y ancho máximo (mm) de la base de los dentículos. Las medidas de los dentículos y tubérculos de *Pseudobatos planiceps* fueron realizadas en la corona debido a las complicaciones de manipulación. En el caso de las espinas, además se realizaron mediciones de la altura (mm). Se contabilizaron las espinas ubicadas en distintas zonas del cuerpo. 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.

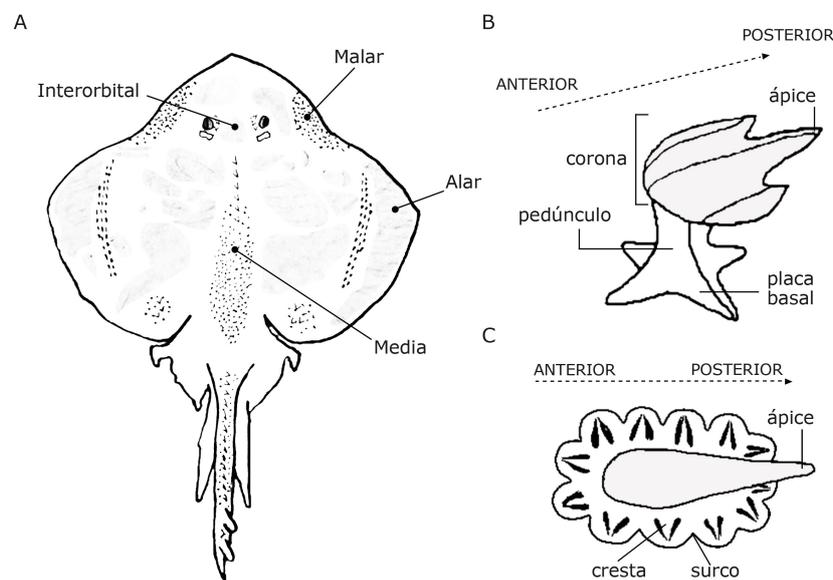


Figura 2. A) Vista dorsal del esquema de la cobertura dérmica de *Sympterygia brevicaudata*, señalando las zonas del cuerpo muestreadas para las tres especies estudiadas. B) Vista anterolateral de un dentículo dérmico. C) Características de una espina en vista dorsal. Inicio de flecha punteada indica lado anterior. Modificado de Branco (2009) (B) y Gravendeel *et al.* 2002 (C) / A) Dorsal view of the dermal coverage scheme of *Sympterygia brevicaudata*, indicating the body areas sampled for the three species analyzed. B) Anterolateral view of a dermal denticle. C) Characteristic of a thorn in dorsal view. Start of dotted arrow indicates anterior side. Modified from Branco (2009) (B) and Gravendeel *et al.* 2002 (C)

ANÁLISIS DE DATOS

Se calculó el promedio y desviación estándar de las medidas. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk 1965) para evaluar la distribución normal de los datos. La prueba de Mann-Whitney (Mann & Whitney 1947) fue utilizada en aquellos casos donde se tuvieron dos categorías, mientras que en los casos con tres categorías a más 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 v.24 (SPSS® Statistics, IBM© Corporation 1994, 2020).

RESULTADOS

Se analizaron un total de 27 ejemplares de 3 especies de batoideos pertenecientes a los órdenes Rhinopristiformes y Rajiformes:

Orden: Rhinopristiformes

Familia: Rhinobatidae

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

Orden: Rajiformes

Familia: Rajidae

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

Familia: Arhynchobatidae

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

Del total de ejemplares, 4 fueron neonatos, 11 juveniles y 12 adultos (Tabla 1).

Se identificaron tres tipos de estructuras dérmicas: dentículos dérmicos, tubérculos cutáneos y espinas. En *P. planiceps* se presentaron dentículos dérmicos y tubérculos cutáneos, mientras que en *R. velezi* y *S. brevicaudata* se presentaron dentículos dérmicos y espinas. En los Rajiformes se caracterizaron cuatro morfotipos de dentículos:

Morfotipo I: dentículos en forma de garra con 3 a 4 crestas basales (2 laterales, 1 a 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. Insertados en la piel de manera oblicua (Fig. 3A).

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. 3B).

Morfotipo III: dentículos de forma estrellada, con 5 a más crestas poco definidas (en comparación a Morfotipo II), cortas y de base ancha (Fig. 3C).

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, y la parte posterior de la corona con varios vértices marcados. (Fig. 3D-E).

Todos estos morfotipos no presentan un foramen marcado en la parte ventral de la placa basal (PBv); en lugar de ello presentan una cavidad totalmente abierta desde el inicio de la corona hasta el extremo de las crestas.

Tabla 1. Detalle de las especies y número de batoideos analizados en este estudio. Se muestran los valores promedios de las medidas tomadas a los ejemplares y se especifica el lado del cuerpo que presenta estructuras dérmicas / Detail of the species and number of batoids analyzed in this study. Average values of measurements taken on the specimens are shown and the side of the body with dermal structures is specified

Especie	n, sexo	Etapa de desarrollo ontogénico	Longitud total (mm)	Ancho de disco (mm)	DD		E/T	
					D	V	D	V
<i>Pseudobatos planiceps</i>	6H, 6M	8J, 4A	514,923 ± 288,020	274,500 ± 134,656	x	x	x	
<i>Rostroraja velezi</i>	2H, 1M	3A	745,333 ± 66,161	561,000 ± 56,107	x	x	x	
<i>Sympterygia brevicaudata</i>	4H, 8M	4N, 3J, 5A	299,000 ± 161,283	218,750 ± 122,252	x	x	x	

Promedio ± Desviación estándar. n: Número de ejemplares, H: Hembra, M: Macho, N: Neonato, J: Juvenil, A: Adulto
DD: dentículos dérmicos, E: espinas, T: tubérculos, D: Lado dorsal, V: Lado ventral

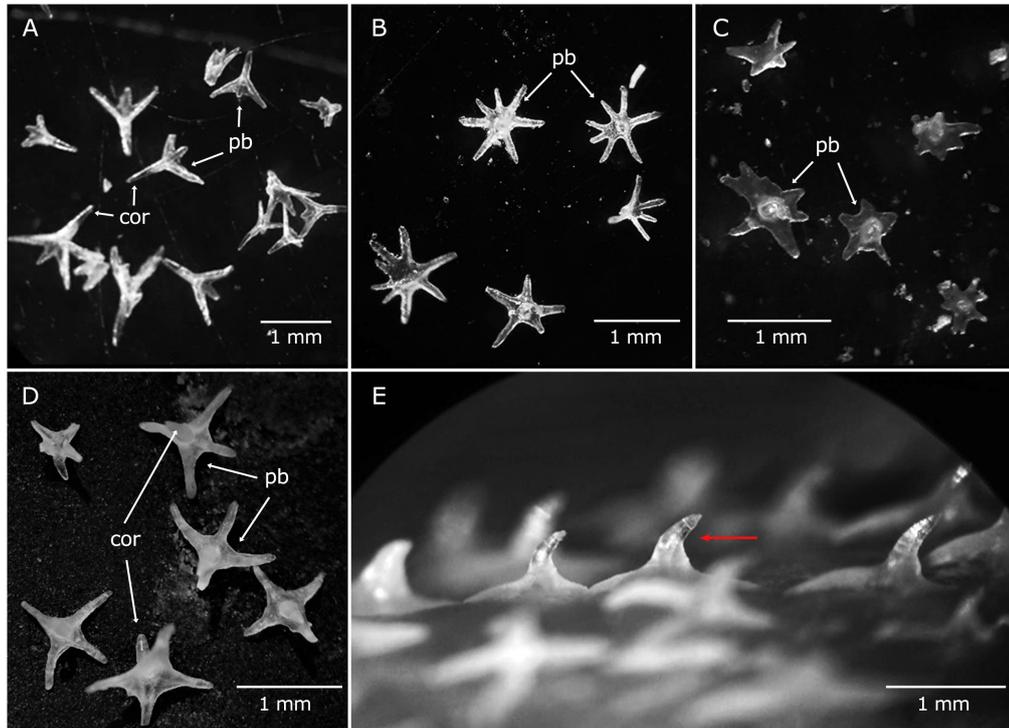


Figura 3. Morfotipos de los dentículos de las especies de Rajiformes analizadas. A) Vista lateral de Morfotipo I. B) Vista dorsal de Morfotipo II. C) Vista dorsal de Morfotipo III. D) Vista dorsal de Morfotipo IV y E) Vista lateral de Morfotipo IV. cor: corona, pb: placa basal. Flecha roja indica parte posterior de la corona con vértices marcados / Morphotypes of the denticles of the Rajiformes species analyzed. A) Lateral view of Morphotype I. B) Dorsal view of Morphotype II. C) Dorsal view of Morphotype III. D) Dorsal view of Morphotype IV and E) Lateral view of Morphotype IV. cor: crown, pb: basal plate. Red arrow indicates back of crown with marked vertices

COBERTURA DÉRMICA DE LAS ESPECIES

PSEUDOBATOS PLANICEPS

Presenta cobertura dérmica total en ambas caras del cuerpo (dorsal y ventral), 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 Serie orbital (*Sorb*) se extienden hasta el final del espiráculo. Los tubérculos de la Serie nucal (*Snuc*), la Serie medio dorsal troncal (*Smdt*) y la Serie medio dorsal caudal (*Smdc*) son continuas. Además, presenta una hilera de tubérculos en la Serie inter dorsal (*Sint*). La Serie escapular (*Sscp*) posee tubérculos distribuidos en dos “rosetas” a cada lado de la *Smdt*, siendo la roseta externa más pequeña que la interior (Fig. 4A-B).

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. 4C). Se distribuyen a manera de mosaico, con la corona adaptándose a cubrir los espacios disponibles (Fig. 4E). Poseen mayor tamaño y espaciado entre sí a medida que se acercan a los tubérculos. Los dentículos malares y alares poseen corona semicircular ensanchada en la zona anterior, ápice poco marcado y distribución superpuesta. El pedúnculo es engrosado y la placa basal circular está insertada totalmente en la piel (Fig. 4D, F y G). Los dentículos alcanzan en promedio $0,150 \pm 0,063$ mm de longitud de corona en hembras y $0,161 \pm 0,070$ mm en machos (Tabla 2). 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).

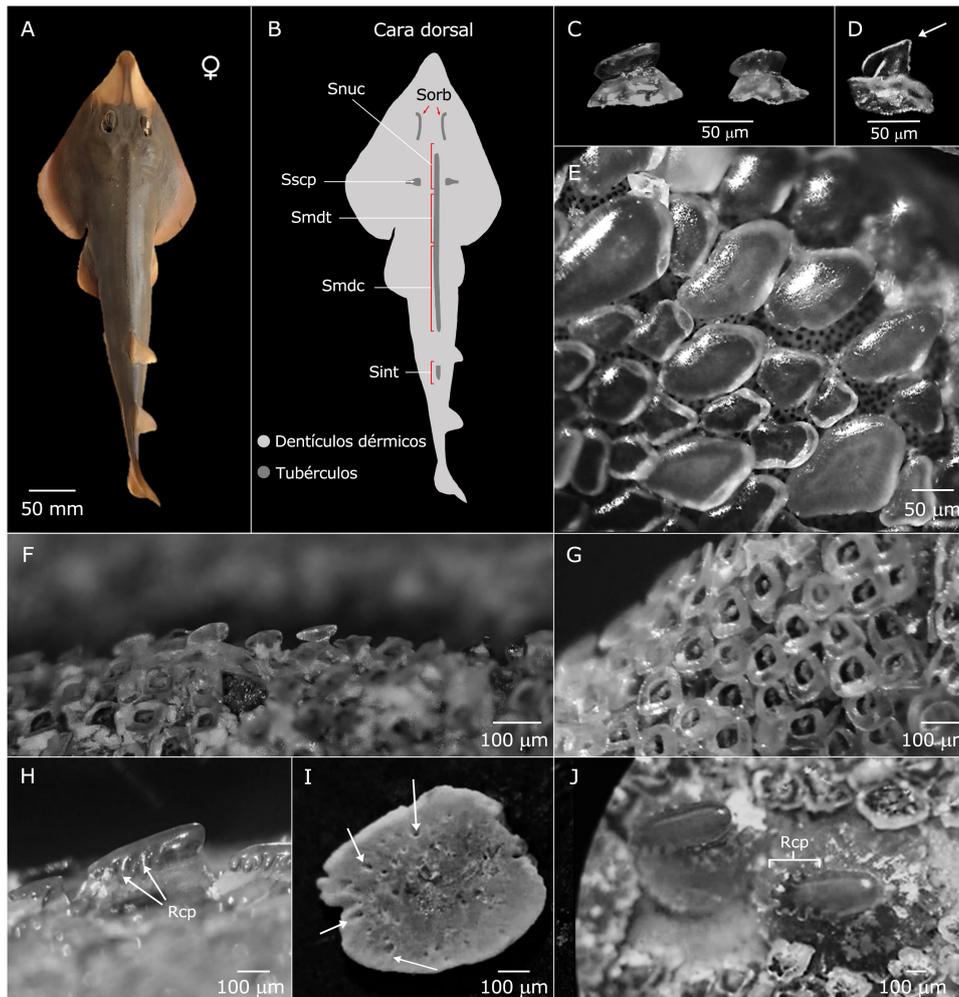


Figura 4. *Pseudobatos planiceps*. A) Especimen adquirido en terminal pesquero de Chorrillos, hembra juvenil, 510 mm de longitud total. B) Cobertura dérmica dorsal. C) Dentículos interorbitales y medios aislados en vista lateral. D) Dentículo malar y alar aislado visto desde abajo (flecha indica ápice de la corona). E) Dentículos interorbitales y medios insertados en la piel, vista dorsal. F-G) Dentículos malares y alares insertados en la piel en vista lateral (F) y vista dorsal (G). H-J) Tubérculos orbitales y medios, en vista lateral (H), vista ventral (I), flechas indican los poros en la base y vista dorsal (J). Rcp: relieve corono-peduncular, Sorb: Serie orbital, Snuc: Serie nucal, Sscp: Serie escapular, Smdt: Serie medio dorsal troncal, Smdc: Serie medio dorsal caudal, Sint: Serie interdorsal / *Pseudobatos planiceps*. A) Specimen acquired at Chorrillos fishing terminal, juvenile female, 510 mm of total length. B) Dorsal dermal covering. C) Isolated interorbital and middle denticles, in lateral view. D) Isolated malar and alar denticle seen from below (arrow indicate apex of the crown). E) Interorbital and middle denticles embedded in the skin, dorsal view. F-G) Malar and Alar denticles embedded in the skin, in lateral view (F) and dorsal view (G). H-J) Orbital and middle tubercles, in lateral view (H), ventral view (I), arrows show pores in the base and in dorsal view (J). Rcp: crown-peduncular relief, Sorb: Orbital series, Snuc: Nuchal series, Sscp: Scapular series, Smdt: Middorsal truncal series, Smdc: Middorsal caudal series. Sint: Interdorsal series

Tabla 2. Medidas de denticulos, tubérculos y espinas según sexo y etapa de desarrollo de los tres batoideos analizados
/ Measurements of denticles, tubercles and thorns according to sex and stage of development of the three batooids analyzed

Especie	Denticulos				Tubérculos/Espinas					
	<i>n</i>	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Densidad (DD cm ⁻²)	<i>n</i>	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	

Promedio ± Desviación estándar. *n*: Número de individuos. Etapa: Etapa de desarrollo ontogénico
¹En *Pseudobatos planiceps* las medidas fueron realizadas en la corona de los denticulos y tubérculos
²Solo presentaron denticulos y tubérculos
³Solo presentaron denticulos y espinas

Tabla 3. Medidas de denticulos, tubérculos y espinas según zona del cuerpo de los tres batoideos analizados
/ Measurements of denticles, tubercles and thorns according to body area of the three batooids analyzed

Especie	Denticulos				Tubérculos/Espinas				N°		
	Zona	<i>n</i>	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Densidad (DD cm ⁻²)	Zona	<i>n</i>	Longitud (mm)		Ancho (mm)	Altura (mm)
<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
					Caudal	3	6,423 ± 2,319	4,201 ± 2,140	2,740 ± 1,309	40 ♀, 25 ♂	
<i>Sympterygia brevicaudata</i> ³	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
					Caudal	12	4,044 ± 2,776	1,990 ± 1,342	1,606 ± 0,771	11-12 ♀, 9-13 ♂	

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 denticulos y tubérculos
²Solo presentaron denticulos y tubérculos
³Solo presentaron denticulos y espinas

Los tubérculos son similares a los denticulos 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, las cuales se extienden hacia abajo (Fig. 4H). Están adheridos a la piel

a través de pequeños poros ubicados en la parte ventral de la placa basal (*Pbv*) (Fig. 4I). Estas características están presentes en los tubérculos de ambos sexos. Los tubérculos dérmicos en hembras tienen una longitud de corona de 0,911 ± 0,276 mm, mayor a la longitud de tubérculos en machos 0,764 ± 0,258 mm (Tabla 2). Los tubérculos de la zona media poseen mayor longitud de corona (0,990 ± 0,181 mm) y altura (0,925 ± 0,302) (Tabla 3).

ROSTRORAJA VELEZI

Presenta cobertura total de dentículos y espinas en la cara dorsal (excepto en aletas pélvicas). Posee espinas fuertemente desarrolladas. En la zona caudal existen además espinas distribuidas en la Serie paralela (*Spar*) y la Serie lateral (*Slat*). La Serie anterolateral (*Sant*) tiene aproximadamente 1 a 2 cm de ancho y se extiende hasta el inicio de la boca (Fig. 5B). Se aprecian dentículos dispersos de Morfotipo IV en todas las zonas evaluadas, con longitud de $1,003 \pm 0,348$ mm y densidad de $33,167 \pm 6,735$ DD cm^{-2} (Tabla 2).

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 borde hendido o crenado, y presencia de crestas en la base (Fig. 5C). Además, se presenta un foramen marcado en la *PBV* (Fig. 5F). Las espinas de la *Snuc* y *Smdt* presentan más erosión que el resto de las espinas observadas, con corona reducida y redondeada. 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. 5D).

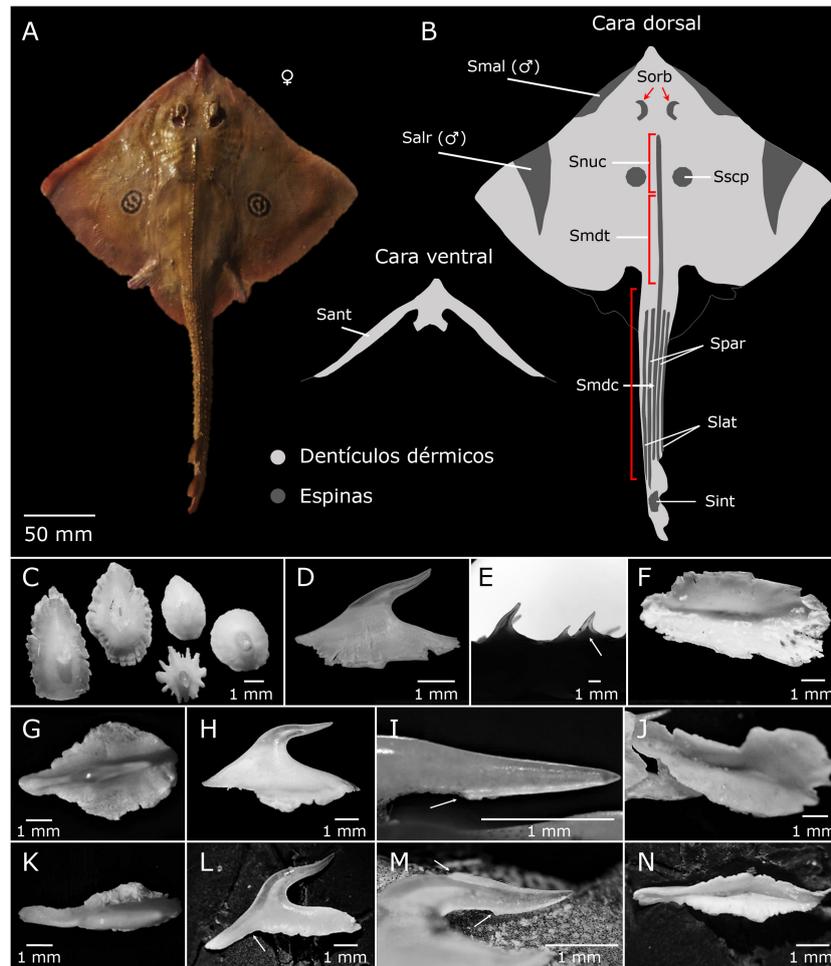


Figura 5. *Rostroraja velezi*. A) Especimen adquirido en el muelle pesquero de Los Órganos, hembra adulta, 772 mm de longitud total. B) Cobertura dérmica. C-F) Espinas medio dorsales, vista dorsal (C), vista lateral (D), flecha indica base de la pulpa, hasta donde se introduce la piel (E) y vista ventral (F). G-J) Espinas malaras, vista dorsal (G), vista lateral (H), flecha indica barba en la parte inferior del ápice (I) y vista ventral (J). K-N) Espinas alares, vista dorsal (K), vista lateral y flecha indica escotadura en la base (L), flechas indican barbas en la parte inferior y superior del ápice (M) y vista ventral (N). Smal: Serie malar, Sorb: Serie orbital, Salr: Serie alar, Snuc: Serie nuchal, Sscp: Serie escapular, Smdt: Serie medio dorsal troncal, Smdc: Serie medio dorsal caudal. Spar: Serie paralela, Slat: Serie lateral, Sint: Serie interdorsal, Sant: Serie anterolateral / *Rostroraja velezi*. A) Specimen acquired at the fishing pier of Los Órganos, adult female, 772 mm of total length. B) Dermal covering. C-F) Middorsal thorns, dorsal view (C), lateral view (D), arrow indicates base of the pulp, to where the skin is inserted (E) and ventral view (F). G-J) Malar thorns, dorsal view (G), lateral view (H), arrow indicates barb at the lower part of the apex (I) and ventral view (J). K-N) Alar thorns, dorsal view (K), lateral view and arrow indicates presence of a notch in the base (L), arrows indicate barbs in the lower and upper part of the apex (M) and ventral view (N). Smal: Malar series, Sorb: Orbital series, Salr: Alar series, Snuc: Nuchal series, Smdt: Middorsal truncal series, Sscp: Scapular series, Smdc: Middorsal caudal series. Spar: Parallel series, Slat: Lateral series, Sint: Interdorsal series, Sant: Anterolateral series

Las espinas de *Smdc* presentan la corona muy desarrollada y alta con $2,740 \pm 1,309$ mm de altura, además de poseer mayor longitud y ancho que las espinas de la *Sorb* y *Smdt* (Tabla 3). La corona es oblicua, observándose en algunos casos coronas en dirección vertical. Las hembras presentan mayor cantidad de espinas caudales (35 a 50) (Tabla 3). La *PBV* de las espinas de *Snuc*, *Smdt* y *Smdc* poseen un foramen que se extiende hasta el centro de la corona (zona de la pulpa), por lo cual la piel ingresa hasta la base del foramen y la espina queda así adherida (Fig. 5E).

Las espinas malaras (Serie malar, *Smal*) 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 malaras crecen de manera colindante y a veces sobrepuestas, insertadas en la piel de manera reclinada, con la base totalmente cubierta, de forma oval y angosta en la parte anterior, con bordes ligeramente hendidos (Fig. 5G). La corona está insertada en la parte anterior de la base y es paralela al eje, es decir, en posición horizontal con respecto a la base (Fig. 5H). En la parte inferior del ápice se presenta una barba, es decir, una protuberancia alargada que se extiende hasta la mitad de la corona (Fig. 5I). Posee asimismo un surco de la *PBV* desde la parte anterior hasta el foramen de la corona (Fig. 5J).

Las espinas de la Serie alar (*Salr*) (Fig. 5K-N) están insertadas de la misma forma que las malaras: 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. La corona erguida en el centro y paralela al eje, con barba superior que se extiende desde la mitad de la corona hasta el ápice, y la barba inferior abarcando un tercio de la corona desde el ápice. Al igual que las espinas malaras, poseen un surco en la *PBV*, pero en 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. 5L). Al igual que el resto de las espinas de esta especie, la pulpa se extiende hasta el interior de la corona.

SYMPTERYGIA BREVICAUDATA

Posee cobertura parcial en el dorso (Fig. 6A-B), con una característica zona de dentículos denominada Mancha de dentículos (*Mdent*), ubicada en la parte posterior de las aletas pectorales. La cobertura de la cara 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. 6C). En la zona interorbital de jóvenes y adultos se aprecian los tres primeros morfotipos de dentículos, siendo el Morfotipo III el predominante. 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 al lado posterior del individuo. Sólo 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. En algunos casos se presenta por debajo de la cintura escapular una banda diferenciada de dentículos del Morfotipo II que llega hasta el límite posterior del disco. En la zona caudal existen dentículos de Morfotipo III dispersos, diferenciándose en algunos casos dentículos *Slat*, tal como en *R. velezi*.

Las espinas caudales están presentes desde el nacimiento (Fig. 6D). En adultos, las espinas caudales son ovales, con borde generalmente lobulado y/o crenado (Fig. 6E-G), excepto en los neonatos que poseen espinas con bordes lisos. Las espinas de los adultos poseen crestas desde el pedúnculo que se extienden 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 nucas presentan la parte anterior más angosta. La corona está erguida en el centro de la base, presentando una curvatura en el ápice (Fig. 6H-I). Todas las espinas observadas poseen un foramen en la *PBV*, por el cual la piel ingresa y permite la adhesión.

Los machos adultos poseen espinas alares de $2,779 \pm 1,770$ mm de longitud, cerca de la parte exterior de la aleta pectoral, y distribuidas en 2 a 3 hileras perpendiculares a los radios de la aleta. Estas espinas 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, orientada de manera horizontal, y el ápice curvado hacia arriba. La corona no sobresale del área de la placa basal (Fig. 6J-L).

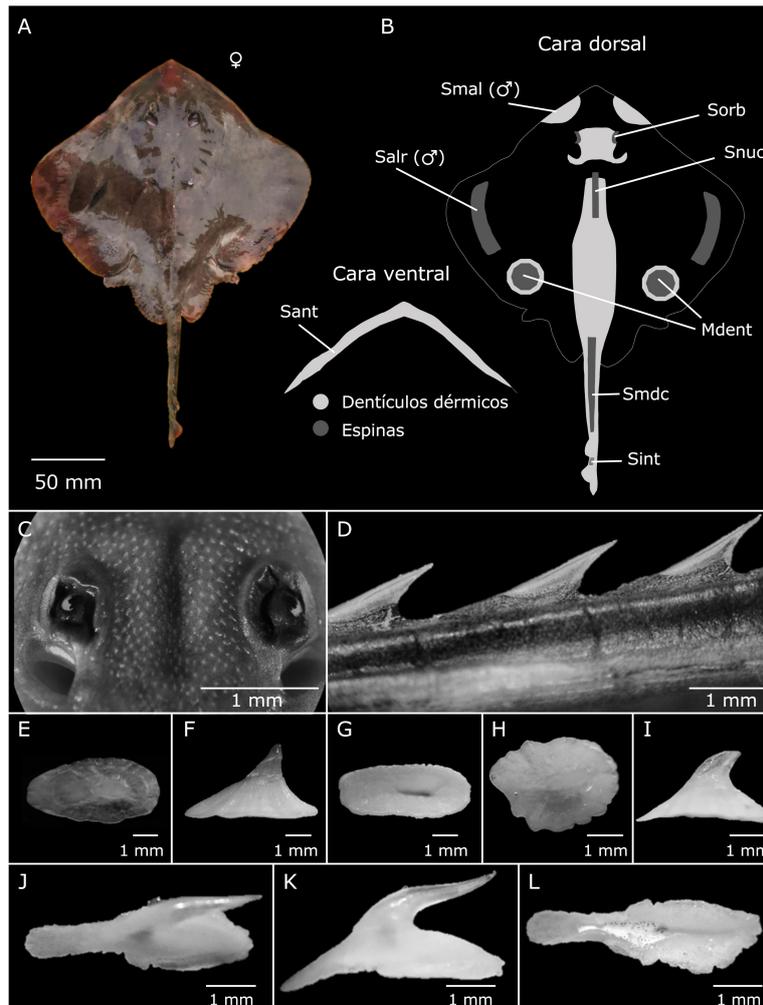


Figura 6. *Sympterygia brevicaudata*. A) Especimen adquirido en terminal pesquero de Pacasmayo, hembra adulta, 475 mm de longitud total. B) Cobertura dérmica. C) Denticulos en el rostro de neonatos. D) Espinas caudales de neonatos. E-F) Espinas orbitales y medio dorsales, vista dorsal (E) y vista lateral (F). G-I) Espinas caudales de adultos, vista ventral (G), vista dorsal (H) y vista lateral (I). J-L) Espinas alares, vista dorsal (J), vista lateral (K) y vista ventral (L). Smal: Serie malar, Sorb: Serie orbital, Salr: Serie alar, Snuc: Serie nuchal, Mdent: Mancha de denticulos, Smdc: Serie medio dorsal caudal, Sint: Serie interdorsal, Sant: Serie anterolateral / *Sympterygia brevicaudata*. A) Specimen acquired at Pacasmayo fishing terminal, adult female, 475 mm of total length. B) Dermal covering. C) Rostral denticles of neonates. D) Caudal thorns of neonates. E-F) Orbital and middorsal thorns, dorsal view (E) and lateral view (F). G-I) Caudal thorns of adults, ventral view (G), dorsal view (H), and lateral view (I). J-L) Alar thorns, dorsal view (J), lateral view (K) and ventral view (L). Smal: Malar series, Sorb: Orbital series, Salr: Alar series, Snuc: Nuchal series, Mdent: Spot of denticles, Smdc: Middorsal caudal series, Sint: Interdorsal series, Sant: Anterolateral series

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico fue realizado para las muestras de *P. planiceps* y *S. brevicaudata* dado que para *R. vezei* no se obtuvieron muestras suficientes (Tablas 4, 5 y 6). Para el análisis estadístico de denticulos de *S. brevicaudata*, sólo se evaluaron las muestras de juveniles y adultos ya que no se contaban con las medidas de denticulos de los ejemplares neonatos. Las medidas de espinas de *S. brevicaudata* se evaluaron en las muestras de ejemplares neonatos, juveniles y adultos. (Tabla 4). En el análisis intraespecífico para las

variables de sexo y etapas de desarrollo, las medidas de las espinas caudales de neonatos de *S. brevicaudata* presentaron diferencias significativas con respecto a juveniles 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 ($P = 0,005$). No se obtuvieron diferencias significativas ($P > 0,05$) en las medidas de los denticulos de *P. planiceps* (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación entre pares según sexo y etapa de desarrollo (comparación intraespecífica) de denticulos, tubérculos y espinas. Se presentan 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 (mm)	Ancho (mm)	Densidad (DD cm ⁻²)	n	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
<i>Pseudobatos planiceps</i>	Sexo	7H	0,451	0,706	0,472	7H	0,547	0,226	0,446
		5M				5M			
	Etapa	8J	0,529	0,369	0,569	8J	0,251	0,934	0,908
		4A				4A			
<i>Sympterygia brevicaudata</i> ^{1,2}	Sexo	4H	0,295	0,218	0,460	4H	0,217	0,045*	0,374
		4M				8M			
	Etapa	4N				4N	N-J	0,031*	0,045*
		3J	0,366	0,439	0,948	3J	N-A	0,008*	0,011*
		5A				5A	J-A	0,208	0,101

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

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

¹Las medidas de denticulos de *S. brevicaudata* fueron evaluadas sólo en ejemplares juveniles y adultos

²Las muestras de espinas de *S. brevicaudata* fueron evaluadas en ejemplares neonatos, juveniles y adultos

Con respecto a las diferentes zonas del cuerpo, los denticulos malares y alares de *P. planiceps* presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) de longitud, ancho y densidad en comparación con las otras zonas del cuerpo (Tabla 5). Los denticulos malares de *S. brevicaudata* presentaron mayor densidad, mostrando diferencias significativas ($P < 0,05$) en comparación a los denticulos interorbitales y medios. Los tubérculos de la zona media de *P. planiceps* se diferenciaron significativamente ($P < 0,05$) de los tubérculos orbitales y caudales, y las espinas alares de *S. brevicaudata* presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en las medidas de ancho de espina con respecto a las espinas orbitales ($P = 0,007$) (Tabla 6).

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 y determinar en qué especies son válidas estas variaciones. Según Leible (1988), el revestimiento dérmico deberá ser relativamente estable y seguir ciertos patrones, para ser utilizado como herramienta taxonómica, y así poder determinar en cuáles especies la espinulación es un carácter confiable o poco variable.

El uso de estructuras dérmicas para la determinación de especies, siguiendo la metodología utilizada en este trabajo, se presenta como una herramienta sencilla en comparación a las usuales observaciones realizadas con microscopía electrónica de barrido (MEB). Si bien es cierto que la MEB ofrece mayor calidad y detalle de las estructuras, permitiendo identificar características únicas en cada especie, existen limitantes tales como la preparación de muestras y el acceso a equipos. Ante ello, se considera que la metodología usada en la presente investigación permite observar características diferenciadas para la determinación taxonómica a nivel de especie, de manera simple y accesible.

Tabla 5. Comparación entre pares según zona del cuerpo (comparación intraespecífica) de denticulos. Se presentan 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	n	Denticulos		
				Longitud (mm)	Ancho (mm)	Densidad (DD cm ⁻²)
<i>Pseudobatos planiceps</i>	K-W (P-valor)			0,001*†	0,001*†	0,001*†
	M-W (P-valor)	IO - Medio	12	0,735	0,389	0,096
		IO - Malar		0,007*	0,031*	0,001*†
		IO - Alar		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 (P-valor)			0,350	0,649	0,001*†
	M-W (P-valor)	IO - Medio	8			0,072
		IO - Malar				0,001*†
		Medio - Malar				0,001*†

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

†Indica valores menores a 0,001

Tabla 6. Comparación entre pares según zona del cuerpo (comparación intraespecífica) de tubérculos y espinas. Se presentan 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	n	Tubérculos/Espinas		
				Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
<i>Pseudobatos planiceps</i>	K-W (P-valor)			0,001*†	0,005*	0,001*†
	M-W (P-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 (P-valor)			0,250	0,031*	0,959
	M-W (P-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		

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

† Indica valores menores a 0,001

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. El pez guitarra *P. planiceps* posee cobertura dérmica total, con dentículos similares a los descritos por Reif (1982) *vide* Muñoz-Chápulí (1985) para especies bentónicas demersales que no son nadadores veloces. 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).

La raya *R. velezi* presentó una aparente isomorfia denticular dorsal, definida como la existencia de dentículos con iguales características morfológicas en el lado dorsal. Por el contrario, la raya *S. brevicaudata* presentó heteromorfia denticular, ya que posee diferentes morfotipos de dentículos en su superficie (Deynat & Séret 1996).

Se observó 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. Además, la forma de unión a la piel de las espinas y tubérculos permite diferenciar el orden al que pertenecen las especies, ya que mientras la raya *R. velezi* y *S. brevicaudata* presentan espinas con una cavidad amplia en la *PBv*, los dentículos y tubérculos del pez guitarra *P. planiceps* presenta poros en la *PBv*. También existen otras variaciones no atribuibles a diferencias entre órdenes de batoideos: una mayor densidad denticular en la zona malar (*P. planiceps* y *S. brevicaudata*) y alar (*P. planiceps*) (Tabla 3). Estas características podrían estar asociadas a la protección, ya que la zona malar es paralela a los ojos, y de esta manera, se evitaría el roce de partículas extrañas.

La variedad de caracteres morfológicos de las estructuras dérmicas de batoideos permite que estas seas utilizadas para la determinación taxonómica de condriictios actuales y fósiles (Adnet *et al.* 2019), incluso aplicándose a estudios arqueológicos (Gravendeel *et al.* 2002). Se ha postulado que las espinas malares y alares, son un importante carácter taxonómico para la determinación a nivel de especie (McEachran & Konstantinou 1996). Características como la forma de la base, presencia de surco en la *PBv*, orientación de la corona y presencia de estrías y barbas, permiten realizar una determinación a nivel de especie. Tal es el caso de *S. brevicaudata* y *Sympterygia acuta*, donde las diferencias en la *PBv* y la orientación de la corona permiten realizar la diferenciación entre ambas especies (Orlando *et al.* 2015).

Asimismo, las espinas malares y alares de *R. velezi* poseen características que permiten diferenciarla de otras especies pertenecientes a la misma familia (Gravendeel *et al.* 2002). Finalmente, en base a la morfología de los dentículos, *R. velezi* se puede diferenciar de otras especies de *Raja* por la ausencia total de dentículos mirmecoides, los cuáles poseen una corona anteriormente alargada hacia ambos lados, dando la apariencia de una hormiga, y que suelen ser característicos en las especies de la familia Rajidae (Deynat 2000).

Con respecto al análisis de distribución y densidades de las espinas, *R. velezi* posee mayor cantidad de espinas alares que *S. brevicaudata*, y además están agrupadas en un parche triangular. Este mayor número de espinas, además de la presencia de espinas malares, se presentaría probablemente como respuesta a la gran cantidad de dentículos que posee la especie, que hacen que la piel de las hembras sea más complicada de enganchar al momento de la cópula. Esta adaptación aseguraría que los machos puedan retener a las hembras de manera más efectiva (McEachran & Konstantinou 1996) e incrementar el éxito de la cópula, pues el apareamiento en batoideos presenta dificultades dada la forma del cuerpo ya que copulan mientras nadan (Rangel *et al.* 2016).

Las investigaciones realizadas sobre estructuras dérmicas en batoideos no presentan análisis estadísticos de los datos morfométricos que ayuden a discernir la existencia de diferencias intra e interespecíficas, ya que principalmente se usan sólo las características morfológicas para propósitos filogenéticos (McEachran & Miyake 1990, McEachran & Konstantinou 1996, Deynat 1997, Underwood *et al.* 2015). En este estudio, el análisis estadístico ha permitido demostrar 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. Además, la inexistencia de diferencias significativas entre las medidas de juveniles y adultos sugiere un temprano desarrollo de estructuras dérmicas.

En Perú, en los últimos años se han realizado mejoras en el registro de desembarques para condriictios debido a la publicación del Plan de Acción Nacional de Tiburones, Rayas y Especies Afines (PRODUCE 2014)¹. Sin embargo, aún existen dificultades, dado que generalmente se registran las especies bajo una denominación comercial y no bajo un criterio técnico de determinación (Grillo & Gozzer 2019), como lo es la determinación a nivel de especie. Además, según la Lista Roja de la IUCN, dos de las especies de batoideos analizados en esta investigación se encuentran categorizadas como “Vulnerables” y una en la categoría de “Casi Amenazada” (IUCN 2022)

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 del Pacífico sudoriental es necesaria para llenar los vacíos de información, complementando 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, 2016).

Esta investigación evidenció que las diferencias de las estructuras dérmicas ligadas a determinación de las especies radicarón en el patrón de cobertura dérmica, así como en los morfotipos de dentículos presentados. Otro aspecto por resaltar fue que las características de la PBv de tubérculos y espinas se pueden utilizar para discernir entre distintos órdenes. Las zonas malares y alares son las que se destacaron en comparación a la cobertura del resto del cuerpo, mientras que las diferencias en las etapas de desarrollo se evidenciaron mayormente ligadas a la morfología de las estructuras (espinas caudales de *S. brevicaudata*). Las variaciones entre sexos radicarón en el desarrollo de espinas alares y malares en los machos, que a su vez son estructuras clave para la determinación de especies. Futuras investigaciones en este campo deberán estar orientadas a complementar la información sobre las variaciones ontogénicas en estructuras dérmicas de diferentes especies, con un mayor número de ejemplares y especies evaluadas. Además, se sugiere evaluar el dimorfismo sexual asociado a estructuras dentarias y analizar la morfología de las estructuras dérmicas presentes en el lado ventral, las cuales están constantemente en rozamiento con el fondo y podrían presentar variaciones dependiendo el tipo de hábitat de la especie.

¹PRODUCE. 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). Ministerio de la Producción, Lima. <<https://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/ds002-2014-produce.pdf>>

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. 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. Un profundo agradecimiento a todas las personas que 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 es parte del trabajo de investigación CRN° 002-2018-PRO5 y 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.
- Bradley R. 2012.** Sudado de Raya: An ancient Peruvian dish. *Gastronomica* 12(4): 68-73. <<https://doi.org/10.1525/GFC.2012.12.4.68>>
- Branco HC. 2009.** Dentículos dérmicos de tubarões da Costa Portuguesa: a sua utilização para identificação das diferentes espécies. *Dissertações de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa*, 63 pp. <<http://hdl.handle.net/10451/1411>>
- Bustamante C, J Lamilla, F Concha, DA Ebert & MB Bennett. 2012.** Morphological characters of the thickbody skate *Amblyraja freyichsi* (Krefft 1968) (Rajiformes: Rajidae), with notes on its biology. *PloS One* 7(6), e39963. <doi: 10.1371/journal.pone.0039963>
- Chirichigno FN & J Vélez. 1998.** Clave para identificar los peces marinos del Perú (Segunda edición, revisada y actualizada), 500 pp. *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. INIDEP, Informe Técnico 74: 1-15.
- 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. <doi: <http://dx.doi.org/10.15560/11.6.1809>>
- 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. <doi.org/10.1371/journal.pone.0076887>
- Deynat PP. 1997.** Application de l'étude du revêtement cutané des Chondrichthyes à la systématique phylogénétique des Pristiformes et des Rajiformes sensu Compagno, 1973 (Elasmobranchii, Batoidea). Cybium 21(3): 331-332 [Résumé de Thèse Doctorat, Université Paris].
- 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: Séret B & J-Y Sire (eds). Proceedings of the 3rd Meeting of the European Elasmobranch Association, Boulogne-Sur-Mer, 27-29 May 1999, pp. 15-27.
- Deynat PP. 2000.** Les denticules myrmécoides, 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 Platyrhinidae (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. <<https://doi.org/10.3354/meps12018>>
- 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. Eschmeyer's Catalog of Fishes. Institute for Biodiversity Science and Sustainability, California Academy of Sciences. <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>
- Friedheim S. 2016.** Comparison of species identification methods: DNA Barcoding versus morphological taxonomy. Mãnoa Horizons 1(1): 74-86.
- González-Pestana A, JC Mangel, E Alfaro-Córdova, N Acuña-Perales, F Córdova-Zavaleta, E Segura-Cobeña, D Benites, M Espinoza, J Coasáca-Céspedes, A Jiménez, S Pingo, V Moscoso, J Alfaro-Shigueto & P Espinoza. 2020.** Diet, trophic interactions and possible ecological role of commercial sharks and batoids in northern Peruvian waters. Journal of Fish Biology 98(3): 768-783.
- 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, 100 pp. Informe Técnico, OCEANA, Lima.
- IUCN. 2022.** The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-1. International Union for Conservation of Nature. <<https://www.iucnredlist.org/>>
- 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, WT White, MR de Carvalho, B Séret, MFW Stehmann & GJP Naylor. 2016.** Rays of the world, 832 pp. CSIRO Publishing, Clayton South.
- 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.
- McEachran JD & T Miyake. 1990.** Phylogenetic interrelationships of skates: A working hypothesis (Chondrichthyes, Rajoidei). In: Pratt HL, SH Gruber & T Taniuchi (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Technical Report 90: 285-304. <<http://aquaticcommons.org/2725/1/tr90opt.pdf>>
- 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 (Chondrichthyes). Miscelánea Zoológica 9: 396-400.
- Nelson JS, TC Grande & MVH Wilson. 2016.** Fishes of the world, 752 pp. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Orlando P, M González-Castro & E Mabrugaña. 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. 2018.** Anuario estadístico pesquero y acuícola 2017. Ministerio de la Producción, Lima. <<https://ogeie.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeo-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/825-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2017>>
- Rangel BS, JV Marinho, CE Malavasi-Bruno, AF Amorim, JR Kfoury Jr & REG Rici. 2015.** Dimorfismo sexual da raia-santa *Atlantoraja cyclophora*: Aspectos morfológicos. Brazil. Revista Ceciliania 7(2): 9-12.

- Rangel BS, N Wosnick, RM Leandro, AF Amorim, JR Kfoury Jr & REG Ricci. 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.
- Rojas S. 2016.** Estudio morfológico de batoideos del género *Mobula* (Myliobatiformes: Myliobatidae) del mar peruano. Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima, 58 pp. <<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/916>>
- 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.
- Shapiro S & M Wilk. 1965.** An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591-611.
- Underwood CJ, Z Johanson, M Welten, B Metscher, LJ Rasch, GJ Fraser & MM Smith. 2015.** Development and evolution of dentition pattern and tooth order in the skates and rays (Batoidea; Chondrichthyes). *PLoS ONE* 10(4): e0122553. <[doi:10.1371/journal.pone.0122553](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122553)>
- 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. 2019.** Eschmeyer’s Catalog of Fishes: Classification. <<https://www.calacademy.org/scientists/catalog-of-fishes-classification>>

Editor: Francisco Concha
 Recibido el 19 de agosto 2020
 Aceptado el 3 de octubre 2021