

Morfología de los denticulos dérmicos del Tiburón dormilón de Galápagos *Heterodontus quoyi* (Elasmobranchii: Heterodontidae), una especie del Pacífico sudoriental

Morphology of dermal denticles of the Galapagos bullhead shark *Heterodontus quoyi* (Elasmobranchii: Heterodontidae), a Southeast Pacific shark

Keny Kanagusuku ^{1*}

¹Laboratorio de Investigación, Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur, Antigua Carretera Panamericana Sur km 19, Villa El Salvador 15067, Lima, Perú

*kanagusuku@cientifica.edu.pe

Abstract. - Dermal denticles, also known as placoid scales, are structures that cover the body of sharks, which functions are diverse and include protection, defense, bioluminescence, and hydrodynamics, among others. These structures have a great variety of shapes and sizes, used in functional and taxonomic studies in chondrichthyans. Despite this, few studies have reported descriptions of dermal denticles from different regions of the body. The objective of the present study was to describe the morphology of dermal denticles of the Galapagos bullhead shark *Heterodontus quoyi*, examining dermal samples from the dorsal, ventral and lateral areas of the body, in addition to the first dorsal fin. To achieve this objective, four adult specimens were collected from the Fishing Terminal of Santa Rosa, Lambayeque, Peru. The denticles were photographed, measured (length and width), quantified (density) and morphologically described. The results showed differences among the four regions in terms of: (1) density, (2) shape of the crown, (3) size of the crown and (4) shape and number of ridges and cusps on the crown. These observed variations could be useful for future taxonomy studies in identification of the species and ecology as the relationship between its function and region of the body.

Key words: Placoid scales, taxonomic tool, functional morphology, Peru

Resumen. - Los denticulos dérmicos, también conocidos como escamas placoides, son estructuras que recubren el cuerpo de los tiburones, cuyas funciones son diversas e incluyen protección, defensa, bioluminiscencia e hidrodinámica, entre otras. Estas estructuras presentan una variedad de formas y tamaños que son utilizadas en estudios funcionales y taxonómicos en condricthios. A pesar de ello, son pocos los estudios que han reportado descripciones de denticulos dérmicos de diferentes regiones del cuerpo. El objetivo del presente estudio fue describir la morfología de los denticulos dérmicos del Tiburón dormilón de Galápagos *Heterodontus quoyi*, examinando muestras dérmicas de las áreas dorsal, ventral y lateral del cuerpo, además de la primera aleta dorsal. Para lograr este objetivo se recolectaron cuatro ejemplares adultos del Terminal Pesquero de Santa Rosa, Lambayeque, Perú. Los denticulos fueron fotografiados, medidos (largo y ancho), cuantificados (densidad) y descritos morfológicamente. Los resultados mostraron que los denticulos de las cuatro regiones presentaban diferencias, las cuales fueron: (1) densidad de los denticulos, (2) forma de la corona, (3) tamaño de la corona y (4) forma y número de crestas y cúspides en la corona. Estas variaciones observadas podrían ser útiles para futuros estudios de taxonomía en la identificación de especie y ecología como la relación entre su función y región del cuerpo.

Palabras clave: Escamas placoides, herramienta taxonómica, morfología funcional, Perú

INTRODUCCIÓN

El cuerpo de los tiburones está cubierto por estructuras diminutas llamadas denticulos dérmicos, que le dan la textura de papel de lija a la piel (Compagno *et al.* 2006, Castro 2011). Cumplen funciones como protección, defensa, bioluminiscencia, hidrodinámica, entre otras (Reif 1978, Raschi & Elsom 1986, Deynat & Séret 1996, Compagno *et al.* 2006, Castro 2011, Chernova & Vorob'eva 2012).

Los denticulos dérmicos tienen mucha similitud con los dientes, ya que presentan coronas cubiertas por un esmalte fuerte y una base de dentina con la que se fijan a la piel (Castro 2011, Dillon *et al.* 2017). Además, presentan una capacidad

de crecimiento limitado durante la vida de un individuo, creciendo hasta alcanzar un tamaño definitivo y, a partir de entonces, son reemplazados por denticulos de mayor tamaño. Este proceso de renovación se repite continuamente pero no hay un patrón de sincronización de muda (Kemp 1999, Compagno *et al.* 2006). Pueden presentar diversas formas y tamaños a lo largo de su desarrollo ontogénico, en diferentes regiones del cuerpo y en algunos casos dimorfismo sexual (Crooks & Waring 2012, Soares 2019). Poseen tres elementos estructurales: una placa basal que conecta el denticulo con la dermis, la corona que es la parte visible y el pedículo que es la conexión entre la placa basal y la corona (Applegate 1967, Reif 1978, Raschi & Elsom 1986, Bargar & Thorson 1995, Kemp 1999, Compagno *et al.* 2006).



La morfología de los dentículos ha sido utilizada como una herramienta importante para la determinación taxonómica (e.g., Tanaka *et al.* 2002, Valenzuela *et al.* 2008, Marshall 2011), reconstrucción de comunidades de tiburones, especialmente relacionada con los registros fósiles (e.g., Kriwet & Benton 2004, Dillon *et al.* 2017, Rangel *et al.* 2019) y para reconocer patrones morfológicos asociados a su ecología (e.g., Reif 1982, Muñoz-Chápuli 1985, Ferrón & Botella 2017, Rangel *et al.* 2019).

La caracterización morfológica mediante dentículos se presenta como una herramienta taxonómica sencilla, rápida y económica, que ayuda a validar los resultados de la identificación molecular (Friedheim 2016, Marino *et al.* 2017, Grasa-Vásquez 2018). Esta herramienta puede ser de gran utilidad a la hora de corroborar la determinación de especies de tiburones que se desembarcan de manera incompleta (sin cabeza y vísceras) o en la exportación de productos de tiburón (troncos y aletas) (González-Pestana *et al.* 2014). Una incorrecta determinación puede conllevar a registrar de manera inexacta la información biológica y pesquera de las especies de condriktos desembarcadas y exportadas lo que implica alteración en su conservación y aprovechamiento sostenible.

El Tiburón dormilón de Galápagos *Heterodontus quoyi* (Fréminville, 1840) es una de las 31 especies de importancia comercial en el Perú (IMARPE 2015, Romero *et al.* 2015). Esta especie pertenece a la familia Heterodontidae (Compagno *et al.* 2006), la cual se puede encontrar en regiones tropicales y templadas del océano Pacífico Oriental en las plataformas continentales e insulares a profundidades entre 3 y 30 m (Compagno 2001, Kyne *et al.* 2020). *H. quoyi* se distribuye en el Pacífico sudoriental, desde Ecuador hasta el Perú, tal como se menciona en diferentes publicaciones (e.g., Compagno 2001, Compagno *et al.* 2006, IMARPE 2015), es considerada una especie nativa de ambos países (Kyne *et al.* 2020). Es una especie ovípara (Compagno *et al.* 2006, IMARPE 2015), que puede llegar a medir 105 cm de longitud total (LT) y se alimenta principalmente de crustáceos (IMARPE 2015). Se encuentra evaluada como Preocupación menor (*Least Concern* -LC) de acuerdo a la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN (Kyne *et al.* 2020). El objetivo del presente estudio fue describir y caracterizar la morfología de los dentículos dérmicos del Tiburón dormilón de Galápagos *Heterodontus quoyi* teniendo en consideración cuatro regiones del cuerpo, para que sea utilizada en futuros trabajos de taxonomía y ecología, que contribuyan en las decisiones, planteamientos de estudios y programas que propongan un mejor manejo, aprovechamiento y conservación de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

TOMA DE MUESTRAS Y RECOPIACIÓN DE DATOS

El 6 de junio de 2019 en el terminal pesquero ECOPHINSA (6°52'21.597"S, 79°55'34.289"O) en el Distrito de Santa Rosa en la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú. Se adquirieron cuatro ejemplares adultos de *H. quoyi*, un macho y tres hembras, presentando una talla entre los 49,3 y 53,6 cm de LT y entre los 1,350 y 1,520 g de peso (Tabla 1). Los ejemplares fueron fotografiados, medidos y sexados *in situ*. 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 de Chirichigno & Vélez (1998) y la guía de campo de Romero *et al.* (2015). Se determinó su estado de madurez sexual mediante observación de la gónada en ambos sexos. Además, en el caso de los machos se verificó el grado de calcificación de los claspers (Colonello *et al.* 2007).

Se obtuvieron muestras de piel de 1 cm² en cuatro regiones del cuerpo: (1) región dorsal, delante de la primera aleta dorsal, (2) región ventral, entre las aletas pectorales, (3) región aleta dorsal, centro de la primera aleta dorsal y (4) región lateral, lado izquierdo a la altura de la primera aleta dorsal (Fig. 1A). Las muestras se preservaron en microtubos de 1,5 mL con etanol al 96%. Luego se limpiaron con un cepillo de cerdas finas y suaves con etanol al 70% y se dejaron sobre papel toalla para que evapore el etanol y luego ser observadas al estereoscopio Zeiss®, modelo Stereo Discovery V12 y microscopio Nikon®, modelo Eclipse i50, a un aumento de 100X. Se fotografiaron los dentículos dérmicos con una cámara incorporada al estereoscopio Zeiss®, modelo AxioCam Icc 5 y al microscopio (con cámara incorporada en el teléfono móvil). Las mediciones de longitud y ancho máximo de la corona se realizaron con el programa AxioVision v.4.8.2 (Carl Zeiss Microscopy, Jena, Alemania), al igual que la obtención de la densidad de los dentículos. Las mediciones fueron realizadas en 20 dentículos de manera aleatoria, al igual que la densidad que se realizó en 10 cuadrantes de 1 mm².

Tabla 1. Información sobre sexo, estado de madurez, longitud total (cm) y peso (kg) de los ejemplares adquiridos de *Heterodontus quoyi* / Information on the sex, maturity stage, total length (cm) and weight (kg) of the *Heterodontus quoyi* specimens

Código del ejemplar	Sexo	Estado de madurez	Longitud total (cm)	Peso (kg)
HQ01-2019	Hembra	Adulto	50,3	1.350
HQ02-2019	Hembra	Adulto	53,3	1.500
HQ03-2019	Macho	Adulto	49,3	1.450
HG04-2019	Hembra	Adulto	53,6	1.520

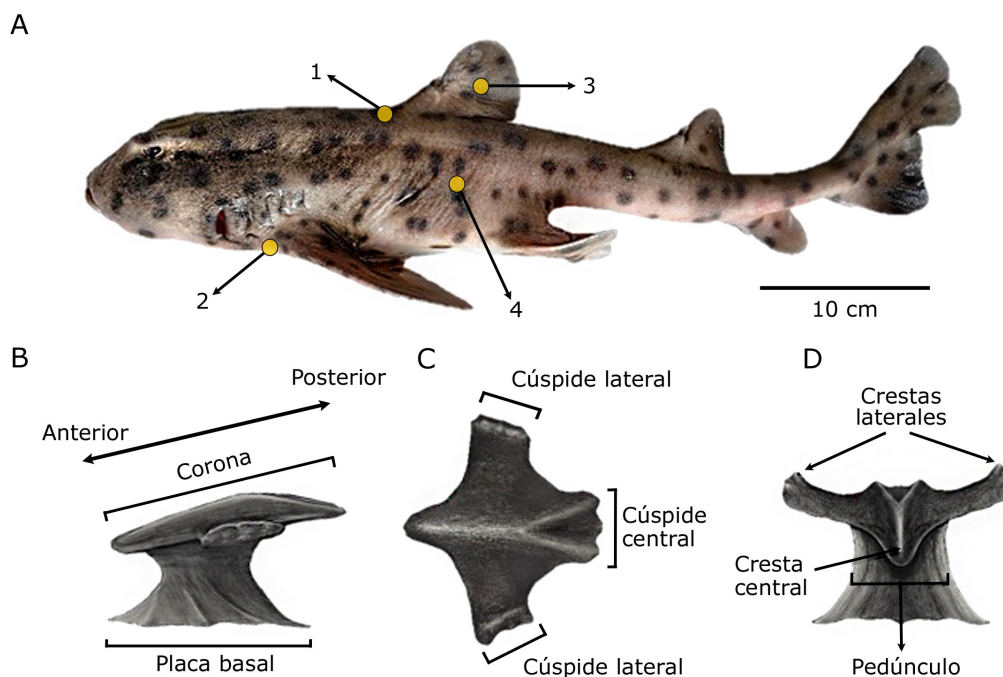


Figura 1. A) Ejemplar adulto de *Heterodontus quoyi* señalando las cuatro regiones de donde se obtuvieron muestras de piel, (1) región dorsal (delante de la primera aleta dorsal), (2) región ventral (entre las aletas pectorales), (3) región aleta dorsal (centro de la primera aleta dorsal) y (4) región lateral (lado izquierdo a la altura de la primera aleta dorsal). B) Vista lateral de un dentículo dérmico. C) Vista dorsal de la corona del dentículo. D) Vista lateral de la corona de un dentículo / A) Adult specimen of *Heterodontus quoyi* indicating the four regions from which skin samples were obtained, (1) dorsal region (in front of the first dorsal fin), (2) ventral region (between the pectoral fins), (3) dorsal fin region (center of the first dorsal fin) and (4) lateral region (left side at the height of the first dorsal fin). B) Lateral view of a dermal denticle. C) Dorsal view of the crown of the denticle. D) Lateral view of the crown of a denticle

CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LOS DENTÍCULOS

La cuantificación y análisis morfológico de los dentículos se realizó teniendo en cuenta las metodologías de Reif (1982), Muñoz-Chápuli (1985), Tanaka *et al.* (2002), Branco (2009), Gilligan & Otway (2011), Marshall (2011), Ankhelyi *et al.* (2018), Grasa-Vásquez (2018) y Kanagusuku *et al.* (2021). Se determinó la densidad de los dentículos, expresada como número de dentículos en un milímetro cuadrado ($DD\ mm^{-2}$) y el porcentaje de cobertura, expresado en porcentaje (%). Además, se describieron características morfológicas de la corona (forma, número de crestas y cúspides), visibilidad y forma de la unión entre el pedúnculo y la corona (Fig. 1 B-D). Las medidas de longitud y ancho máximo de los dentículos de cada región se expresaron como promedio $\pm$ desviación estándar, y se calcularon los valores mínimos y máximos de su densidad numérica.

RESULTADOS

No se observó dimorfismo sexual en la morfología de los dentículos dérmicos, pero sí hubo diferencias entre dentículos observados en las cuatro regiones del cuerpo estudiadas.

DENTÍCULOS DÉRMICOS DE LA REGIÓN DORSAL

Los dentículos que se observaron delante de la primera aleta dorsal, están separados entre sí y presentaron una densidad baja de 1 a 2 $DD\ mm^{-2}$ con un porcentaje de cobertura del 89,6% (Tabla 2). La corona presentó una forma de cruz grande en comparación con las de otras regiones, con 3 cúspides festoneadas (2 laterales y 1 central con 2-3 festones por cúspide). También presentó de 3 a 6 crestas (de 1 a 2 crestas laterales cortas y de 3 a 2 crestas centrales que salen de cada festón de la cúspide, dirigiéndose al centro de la corona para formar una punta). No se observó la unión del pedúnculo con la corona mediante el método utilizado (Fig. 2). La longitud máxima de la corona fue de $0,965 \pm 0,264\ mm$ y el ancho fue de $0,929 \pm 0,254\ mm$ respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Información sobre la densidad (DD mm⁻²) y porcentaje de cobertura de los denticulos dérmicos y medidas de longitud y ancho máximo (cm) de la corona de los denticulos dérmicos según la región del cuerpo de *Heterodontus quoyi* / Information on the density (DD mm⁻²) and percentage of coverage of the dermal denticles and measurements of length and maximum width (cm) of the crown of the dermal denticles according to the region of the body of *Heterodontus quoyi*

Región del cuerpo	Densidad (DD mm ⁻²)	Porcentaje de cobertura (%)	Promedio longitud máxima (cm)	Promedio ancho máximo (cm)
Dorsal	1 - 2	89,6	0,965 ± 0,264	0,929 ± 0,254
Ventral	3 - 7	55,0	0,651 ± 0,112	0,611 ± 0,099
Aleta dorsal	3 - 10	20,45	0,487 ± 0,094	0,420 ± 0,081
Lateral	3 - 7	41,4	0,670 ± 0,149	0,618 ± 0,160

REGIÓN VENTRAL

Los denticulos que se observaron entre las aletas pectorales, están separados entre sí, con una densidad baja de 3 a 7 DD mm⁻² con un porcentaje de cobertura de 55% (Tabla 2). La corona presentó una forma de hoja ovalada, con una cúspide en el centro y de 2-4 crestas pequeñas tenues en la parte anterior de la corona. Se observa la unión que forma el pedúnculo con la corona que tiene una forma similar a la de la corona (hoja ovalada) (Fig. 2). La longitud máxima corona fue de 0,651 ± 0,112 mm y el ancho fue de 0,611 ± 0,099 mm (Tabla 2).

REGIÓN ALETA DORSAL

Los denticulos que se observan en el centro de la primera aleta dorsal, están separados entre sí, con densidad baja de 3 a 7 DD mm⁻² con un porcentaje de cobertura de 20,45% (Tabla 2). La corona presentó una forma de cruz con 3 cúspides (2 laterales y 1 central, esta última puede terminar festoneada con 2-3 festones o en punta) y 2-4 crestas (1 pequeña en cada cúspide lateral y de 1-2 que van desde la parte anterior hasta el centro donde desaparecen). Algunas veces se puede observar la unión que forma el pedúnculo con la corona que no presenta una forma definida (Fig. 2). La longitud máxima de la corona fue de 0,487 ± 0,094 mm y de ancho fue de 0,420 ± 0,081 (Tabla 2).

REGIÓN LATERAL

Los denticulos que se observaron en la parte lateral, a la altura de la primera aleta dorsal, están separados entre sí, con densidad baja de 3 a 7 DD mm⁻² con un porcentaje de cobertura de 41,4% (Tabla 2). La corona presentó una forma de cruz con 3 cúspides (2 laterales y una central, esta última puede terminar festoneada con 2-3 festones o en punta) y 3-4 crestas (1 pequeña en cada cúspide lateral y de 1-2 que van desde la parte anterior hasta la parte posterior; cuando son 2, estas se unen a la altura del centro para formar 1) (Fig. 2). La longitud máxima de la corona fue de 0,670 ± 0,149 mm y el ancho fue de 0,618 ± 0,160 mm (Tabla 2).

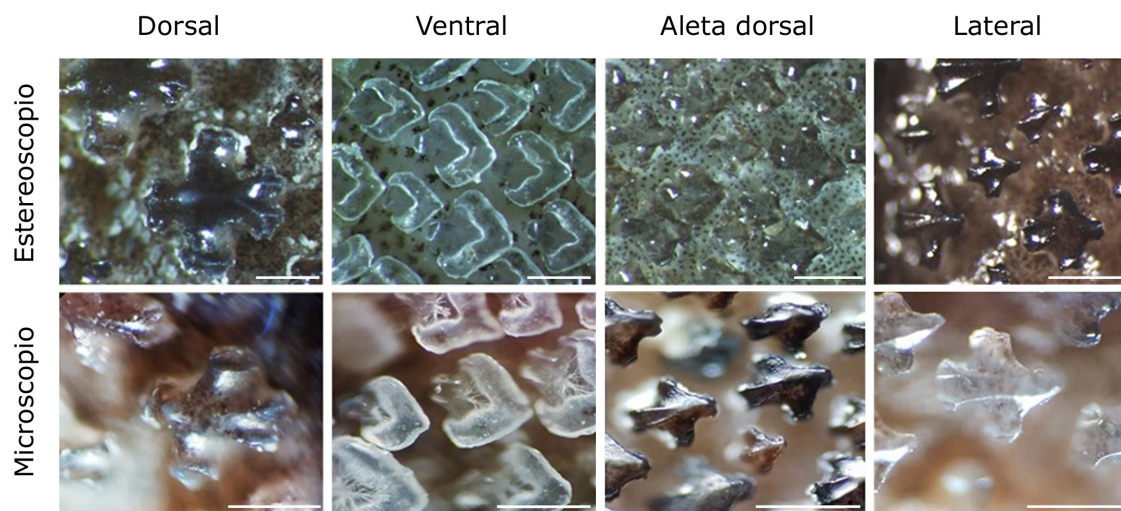


Figura 2. Denticulos dérmicos de *Heterodontus quoyi* de las cuatro regiones del cuerpo (dorsal, ventral, aleta dorsal y lateral), con estereoscopio y microscopio, con aumento de 100X (barra de escala= 0,1 mm) / Dermal denticles of *Heterodontus quoyi* from the four body regions (dorsal, ventral, dorsal fin and lateral), with stereoscope and microscope, with 100X magnification (scale bar= 0.1 mm)

DISCUSIÓN

Según la información obtenida, se puede confirmar que entre las cuatro regiones escogidas existe una clara variabilidad en el tamaño y la morfología de los dentículos dérmicos examinados, resaltando la importancia de estudios comparativos que incluyan diversas regiones del cuerpo, como lo mencionado por Raschi & Elsom (1986), Ankhelyi *et al.* (2018) y Rangel *et al.* (2019). Aunque la densidad fue relativamente baja en las cuatro regiones, se observó variación entre ellas (Tabla 2).

Los dentículos de la región dorsal, aleta dorsal y lateral son consistentes con el morfotipo de tipo 2 descrito por Reif (1982), que se caracteriza por presentar una corona en forma de cruz que se asocia a especies de tiburones que se encuentran en sustratos duros y que son útiles frente a la abrasión. También son consistentes al morfotipo del grupo 2 descrito por Muñoz-Chápuli (1985), que presentan dentículos con densidad baja ($2-6 \text{ DD mm}^{-2}$), longitud alta ($0,5-1,2 \text{ mm}$), con o sin crestas, al igual que un pedúnculo fuertemente engrosado, que les sirven de protección contra la abrasión mecánica (Tabla 2). Raschi & Elsom (1986), Raschi & Tabit (1992), Dillon *et al.* (2017) y Rangel *et al.* (2019) mencionan que la forma de los dentículos tiene relación con la función que cumplen en cada parte del cuerpo y que pueden presentar diversos morfotipos.

Castro (2011) describió los dentículos de la región lateral de dos especies del género *Heterodontus* y menciona que los dentículos de *H. francisci* presentan una forma de cruz y en *H. mexicanus* la misma forma con dentículos grandes ($1-1,5 \text{ mm}$ de ancho), de bordes festoneados. En este trabajo, la descripción de los dentículos de la región lateral de *H. quoyi* se presentan en forma de cruz, aunque no se asemejan a lo descrito para *H. mexicanus*, ya que *H. quoyi* presenta unos dentículos de menor tamaño, con $0,618 \pm 0,160 \text{ mm}$ de ancho. Además, sólo la cúspide central presentó de 2-3 festones.

El uso de los dentículos dérmicos para la determinación de especies, siguiendo la metodología utilizada en este estudio (análisis macroscópico), se presenta como herramienta sencilla en comparación a las usuales observaciones realizadas con microscopía electrónica de barrido (MEB). Es evidente que la MEB ofrece mayor calidad de detalle de los dentículos observados, permitiendo identificar características únicas en la especie, pero existen limitantes tales como la preparación de muestras y acceso a equipos. Sin embargo, la metodología usada en el presente estudio, permite de manera simple y accesible, observar características diferenciales para la determinación a nivel de especie.

Este estudio evidenció que hay diferencia en el tamaño y morfología de los dentículos dérmicos en cuatro regiones del cuerpo de *H. quoyi*, determinando que los caracteres de identificación para cada región de esta especie están relacionados con la forma, número de cúspides y crestas y la visibilidad de la unión del pedículo con la corona, lo que implica que es útil para una correcta identificación de la especie cuando el ejemplar se encuentre incompleto. Para futuras investigaciones en este campo, se recomienda aumentar el número de muestras de diferentes sexos para poder determinar si existe dimorfismo sexual en los dentículos dérmicos de esta especie y para evaluar si existen variaciones ontogénicas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado parcialmente, mediante el Fondo Semilla 2018 (RDN° 01-DGIDI-CIENTÍFICA-2018) de la Universidad Científica del Sur, la cual también facilitó el uso de instalaciones, equipos y materiales. Se agradece a los profesores H. Aponte, A. Indacochea y F. Francia, por el apoyo y las facilidades brindadas para el uso de materiales y ambientes, así como a los técnicos de laboratorio E. López, F. Caldas & H. Obeso. También al Banco de Germoplasma de Organismos Acuáticos del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) por las facilidades para el uso del estereoscopio y microscopio (C. Aguilar, C. Tenorio, H. Hernández, P.P.A. Sánchez, N. Arakaki & M. Aguirre). A M. Vitor por la colecta de los ejemplares de *H. quoyi*, a A. Sánchez-Rea por el apoyo brindado en el procesamiento de las muestras y a L. Sánchez-Laguna por la edición de la fotografía de *H. quoyi* y la elaboración de los dibujos de dentículos dérmicos. Además a P. Dufflocq y H. Hernández por el apoyo brindado en la revisión del inglés y por sus aportes. El presente estudio es parte del trabajo de investigación CRN° 002-2018-PRO5 y de la tesis de maestría del autor.

LITERATURA CITADA

- Ankhelyi MV, DK Wainwright & GV Lauder. 2018. Diversity of dermal denticle structure in sharks: Skin surface roughness and three-dimensional morphology. *Journal of Morphology* 279(8): 1132-1154. <<http://dx.doi.org/10.1002/jmor.20836>>
- Applegate SP. 1967. A survey of shark hard parts. In: Gilbert PW, RF Mathewson & DP Rall (eds). *Sharks, skates and rays*, pp. 36-67. Johns Hopkins, Baltimore.
- Bargar TW & TB Thorson. 1995. A scanning electron microscopy study of the dermal denticles of the bull shark, *Carcharhinus leucas*. *Journal of Aquaculture & Aquatic Sciences* 7: 120-137.

- Branco CH. 2009.** Denticulos dérmicos de tubarões da Costa Portuguesa: a sua utilização para identificação das diferentes espécies. Doctoral Dissertation, Universidad de Lisboa, Portugal, 63 pp. <<https://core.ac.uk/download/pdf/12421744.pdf>>
- Castro JI. 2011.** The sharks of North America, 613 pp. Oxford University Press, New York.
- Chernova OF & EI Vorob'eva. 2012.** Polymorphism of the surface sculpture of placoid scales of sharks (Selachomorpha, Elasmobranchii). Doklady Biological Sciences 446(1): 316-319.
- 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. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3327>>
- Colonello JH, EH Christiansen & GJ Macchi. 2007.** Escala de madurez sexual para peces cartilaginosos de la Plataforma Continental Argentina. INIDEP, Informe Técnico 74: 1-15.
- Compagno LJV. 2001.** Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO Species Catalogue for Fishery Purposes 1(2): 1-269. FAO, Rome.
- Compagno L, M Dando & S Fowler. 2006.** Guía de campo de los tiburones del mundo, 357 pp. Ediciones Omega, Barcelona.
- Crooks N & CP Waring. 2012.** Sexual dimorphisms in the dermal structure of the lesser-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758). Acta Zoologica 94(3): 331-334.
- 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 & A O'Dea. 2017.** Dermal denticles as a tool to reconstruct shark communities. Marine Ecology Progress Series 566: 117-134.
- Ferrón HG & H Botella. 2017.** Squamation and ecology of thelodonts. PLOS ONE 12(2): e0172781. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172781>>
- Friedheim S. 2016.** Comparison of species identification methods: DNA Barcoding versus morphological taxonomy. Mānoa Horizons 1: 74-86. <<https://kahualike.manoa.hawaii.edu/horizons/vol1/iss1/13>>
- Gilligan JJ & NM Otway. 2011.** Comparison of dorsal and pectoral fin denticles for grey nurse, great white, and six whaler sharks from east Australian waters. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales 144: 66-82.
- González-Pestana A, JC Kouri & X Velez-Zuazo. 2014.** Shark fisheries in the Southeast Pacific: A 61-year analysis from Peru. F1000Research 3: 164. <<https://doi.org/10.12688/f1000research.4412.2>>
- Grasa-Vásquez I. 2018.** Caracterización morfológica y molecular de la especie *Deania calcea* (Lowe 1839). Tesis Máster de Biología Marina, Instituto Español de Oceanografía, Universidade da Coruña, Santander, 33 pp. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21532/GrasaVazquez_Irene_TFM_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- IMARPE. 2015.** Guía para la determinación de tiburones de importancia comercial del Perú. Serie de Divulgación Científica, IMARPE 1(2): 14-15. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3007>>
- Kanagusuku K, P Dufflocq, A Sánchez-Rea, AA Huamantínco & S Ramírez-Amaro. 2021.** Morphological characterization of dermal denticles of the Broadnose Sevengill Shark *Notorynchus cepedianus* (Elasmobranchii: Hexanchidae). Universitas Scientiarum 26(3): 261-279. <<https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC26-3.mcod>>
- Kemp NE. 1999.** Integumentary system and teeth. In: Hamlett WC (ed). Sharks, skates and rays, pp. 43-68. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Kriwet J & MJ Benton. 2004.** Neoselachian (Chondrichthyes: Elasmobranchii) diversity across the cretaceous-tertiary boundary. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 214: 181-194.
- Kyne PM, P Charvet, EM Areano, A Cevallos, M Espinoza, A González, K Herman, PA Mejía-Falla, JM Morales-Saldaña, AF Navia & X Velez-Zuazo. 2020.** *Heterodontus quoyi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T44579A124433617. <<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T44579A124433617.en>>
- Marino IAM, L Finotto, F Colloca, M Di Lorenzo, M Gristina, ED Farrell, L Zane & C Mazzoldi. 2017.** Resolving the ambiguities in the identification of two smooth-hound sharks (*Mustelus mustelus* and *Mustelus punctulatus*) using genetics and morphology. Marine Biodiversity 48: 1551-1562. <<https://doi.org/10.1007/s12526-017-0701-8>>
- Marshall L. 2011.** The fin blue line, quantifying fishing mortality using shark fin morphology. Ph.D. Thesis, University of Tasmania, Hobart, 230 pp. <<https://eprints.utas.edu.au/10721/>>
- Muñoz-Chápuli R. 1985.** Sobre la clasificación tipológica del esqueleto dérmico de escualos (Chondrichthyes). Miscelánea Zoológica 9: 396-400.
- Rangel BDS, AF Amorim, JR Kfoury-Junior & RE Ricci. 2019.** Microstructural morphology of dermal and oral denticles of the sharpnose sevengill shark *Heptanchias perlo* (Elasmobranchii: Hexanchidae), a deep-water species. Microscopy Research and Technique 82(8): 1243-1248. <<https://doi.org/10.1002/jemt.23273>>
- Raschi W & J Elsom. 1986.** Comments on the structure and development of the drag reduction type placoid scale. In: Uyeno T, R Arai, T Taniuchi & K Matsuura (eds). Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes, pp. 408-424. Ichthyological Society of Japan, Tokyo.
- Raschi W & C Tabit. 1992.** Functional aspects of placoid scales: A review and update. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 43: 123-147. <<https://doi.org/10.1071/MF9920123>>
- Reif WE. 1978.** Types of morphogenesis of the dermal skeleton in fossil sharks. Paläontologische Zeitschrift 52(1-2): 110-128.
- Reif WE. 1982.** Morphogenesis and function of the squamation in sharks. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 164: 172-183.

Romero M, P Alcántara & K Verde. 2015. Guía de campo para la determinación de tiburones en la pesca artesanal del Perú, 15 pp. Instituto del Mar del Perú, Lima. <<http://biblioiimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3197>>

Soares KDA. 2019. Sexually dimorphic body proportions in the catshark genus *Scyliorhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae). *Journal of Fish Biology* 95: 683-685. <<https://doi.org/10.1111/jfb.14011>>

Valenzuela A, C Bustamante & J Lamilla. 2008. Morphological characteristics of five bycatch sharks caught by southern Chilean demersal longline fisheries. *Scientia Marina* 72(2): 231-237.

Editor: Francisco Concha

Recibido el 30 de agosto 2020

Aceptado el 3 de octubre 2021