

Variación Morfológica del Neurocráneo de Ocho Especies de Batoideos (Chondrichthyes)

Morphological Variation of the Neurocranium of Eight Species of Batoids (Chondrichthyes)

Mónica González-Isáis & Héctor M. Montes D.

GONZÁLEZ-ISÁIS, M. & MONTES, D. H. M. Variación morfológica del neurocráneo de ocho especies de batoideos (Chondrichthyes). *Int. J. Morphol.*, 40(1):37-45, 2022.

RESUMEN: Los estudios sobre sistemática y anatomía han revelado que las características del esqueleto de los batoideos muestran gran variabilidad y proporcionan información importante sobre las relaciones de parentesco de este grupo, es por ello que el objetivo de este trabajo fue describir la morfología del neurocráneo de ocho especies de batoideos. Los batoideos estudiados mostraron grandes variaciones principalmente en el rostrum, número de fontanelas, orientación de las cápsulas nasales y en la condición y desarrollo de los procesos pre y postorbitales. Las variaciones presentes en las especies estudiadas nos permitieron agrupar a los cráneos en tres morfotipos. El primero incluye a *Narcine bancroftii*; este morfotipo presenta características únicas, como son un rostrum cuadrado y cartílagos anterorbitarios ramificados; no presentan procesos preorbitales y postorbitales, cresta supraorbital ni apéndice rostral. El segundo morfotipo está formado por *Rostroraja texana* y *Pseudobatus lentiginosus*, los cuales tienen un rostrum bien desarrollado con un apéndice rostral en la región anterior, dos fontanelas, arcos yugales en la región occipital y procesos preorbitales y postorbitales poco desarrollados. El tercer morfotipo incluye a las especies de miliobatoideos los cuales tienen un rostrum reducido o ausente, un apéndice rostral separado del cráneo, con una fontanela y procesos preorbitales y postorbitales desarrollados. La mayoría de las especies presentan variaciones morfológicas a lo largo de su desarrollo, por lo que al llevar a cabo estudios filogenéticos es importante utilizar caracteres de organismos adultos.

PALABRAS CLAVE: Elasmobranchii; Batoideos; Neurocráneo; Esqueleto.

INTRODUCCIÓN

Los primeros condroictios conocidos evolucionaron en el período Silúrico tardío, hace más de 400 millones de años, actualmente, existen aproximadamente 1149 especies que ocupan hábitats dulceacuícolas, pelágicos y bentónicos (Last & Stevens, 1994; Nelson *et al.*, 2016). Su rango latitudinal se extiende desde el Ecuador hasta el cinturón subpolar en ambos hemisferios, abarcando los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. La monofilia de este grupo está comprobada (Aschliman *et al.*, 2012); Nelson *et al.* los ha clasificado en cuatro órdenes: Torpediniformes, Pristiformes, Rajiformes y Myliobatiformes.

El cráneo de los batoideos está compuesto por una estructura cartilaginosa completa denominada neurocráneo, al cual están incorporadas las cápsulas olfatorias y óticas; la región anterior constituye el rostrum y el resto puede ser

dividido en región nasal, región orbital, región ótica y región occipital. Se han realizado diversos trabajos sobre la anatomía del cráneo de batoideos entre los cuales destacan los de Compagno (1973, 1977), McEachran & Compagno (1979), Fechhelm & McEachran (1984), McEachran & Matheson (1985), Miyake (1988), Raschi & McEachran (1991), Yearsley & Last (1992) y Montes & González (2017).

El estudio del esqueleto de los batoideos ha contribuido de manera importante a proponer hipótesis sobre las relaciones de parentesco de este grupo, dentro de estos trabajos se encuentran los de Compagno (1977), Nishida (1990), Lovejoy (1996), Aschliman *et al.*, González-Isáis & Montes (2004), de Carvalho & Lovejoy (2011). El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio comparativo del neurocráneo de ocho especies de batoideos.

MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizaron ocho especies de batoideos, pertenecientes a los órdenes Torpediniformes (*Narcine bancroftii*), Rajiformes (*Rostroraja texana*), Pristiformes (*Pseudobatus lentiginosus*) y Myliobatiformes (*Urotrygon rogersi*, *Urobatis concentricus*, *Hypanus americanus*, *Hypanus sabinus* y *Gymnura lessae*). Los especímenes fueron recolectados en las costas del Golfo de México, Océano Pacífico y Golfo de California como parte de la fauna de acompañamiento de las actividades pesqueras. Posteriormente, fueron fijados con formaldehído salino al 10 %. En el laboratorio fueron identificados de acuerdo con las claves de Compagno (1984), Miyake & McEachran (1988) y McEachran & Di-Sciara (1995).

De cada especie se disectaron 10 organismos, los cuales fueron procesados mediante la técnica de transparentación (modificada de Dingerkus & Ulher, 1977), para posteriormente obtener los cráneos. Para las descripciones se utilizó la terminología empleada por Miyake, González-Isáis & Montes y Montes & González.

RESULTADOS

Los cráneos de los batoideos estudiados mostraron grandes variaciones; sin embargo, de acuerdo con sus características anatómicas se pueden agrupar en tres morfotipos. El primer morfotipo incluye solamente a la especie *Narcine bancroftii* (Fig. 1). Este cráneo presenta un

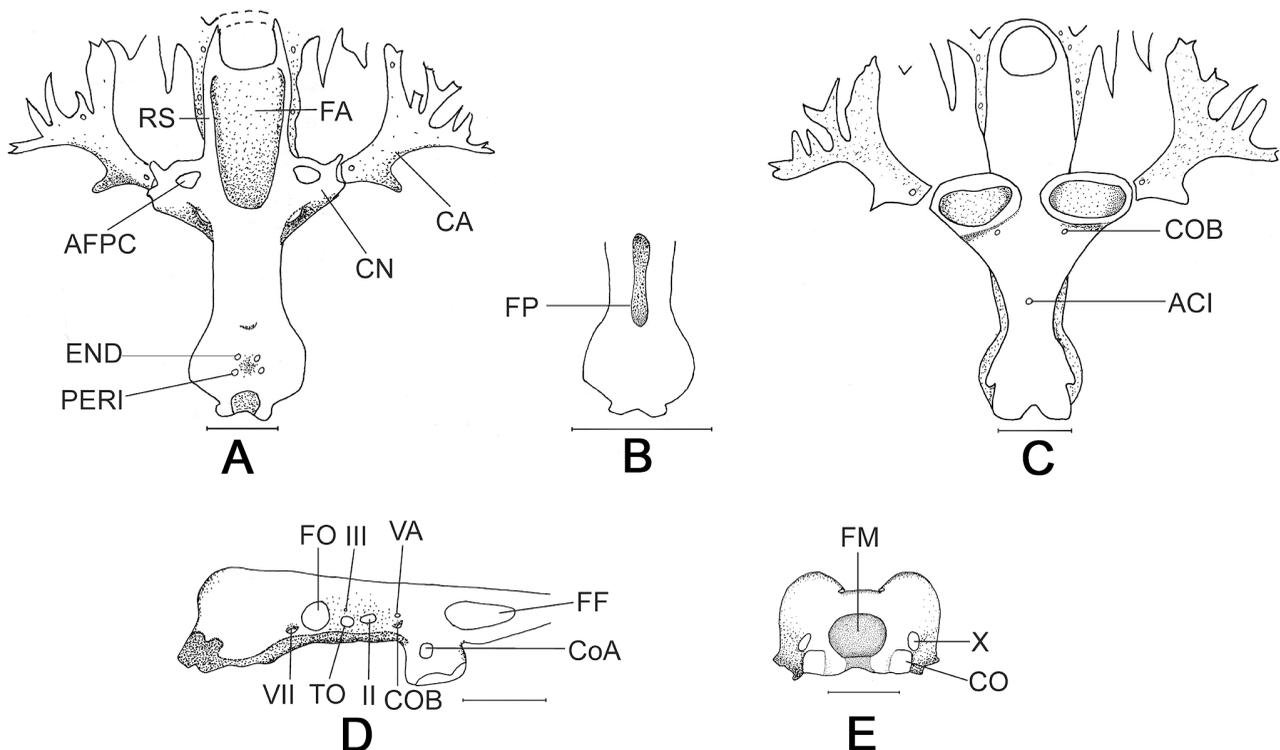


Fig. 1. Neurocráneo de *Narcine bancroftii*: A) vista dorsal de adulto, B) vista dorsal del organismo juvenil (LT = 151 mm), C) vista ventral, D) vista lateral, E) vista occipital. ACI, foramen de la arteria carótida interna; AFPC, foramen del canal preorbital anterior; AJ, arco yugal; AP, apéndice rostral; BEP, barra epifisial; CA, cartílago anterorbital; CL, comisura lateral; CN, cápsulas nasales; CO, cóndilo occipital; CoA, cóndilo anterorbital; COB, foramen del canal orbitonasal; END, foramen endolinfático; F, fontanela; FA, fontanela anterior; FAE, foramen de la arteria eferente espiracular; FL, foramen linfático; FM, foramen magnum; FO, fisura orbital; FOS, forámenes orbitales superficiales; FP, fontanela posterior; FROF, foramen de la rama ótica del nervio facial; LbX, rama lateral del foramen del nervio vago; PERI, foramen perilinfático; POP, procesos postorbitales; PP, proceso preorbital; TO, tallo óptico; VA, foramen de la vena cerebral anterior; RS, rostrum; II, foramen del nervio óptico; III, foramen del nervio oculomotor; IV, foramen del nervio troclear; VII, foramen de la rama hiomandibular del nervio facial; IX, foramen del nervio glossofaríngeo; X, foramen del nervio vago. Escala = 10 mm.

rostrum largo, ancho y de forma cuadrangular, sin apéndice rostral. Con dos fontanelas, la anterior se localiza desde la punta del rostrum hasta la parte caudal de las cápsulas nasales y la posterior se encuentra a la altura de la región orbital, sin embargo, ésta solo se observa en organismos pequeños (L.T. menor de 151 mm; Fig 1B). En la región lateral de las cápsulas nasales se articulan los cartílagos anterorbitarios, los cuales son muy grandes y se ramifican en la parte anterior. No presentan procesos preorbitales ni postorbitales, tampoco se observa una cresta supraorbital. En la región ótica en la fosa endolinfática hay un par de forámenes endolinfáticos y un par de forámenes perilinfáticos.

En vista ventral se encuentra la placa basal la cual es extremadamente angosta, en particular a nivel de las órbitas; hay un par de forámenes del canal orbitonasal debajo de las cápsulas nasales. El foramen de la arteria carótida interna se localiza en la parte media de la región orbital (Fig. 1C).

En vista lateral se observa que las cápsulas nasales se expanden ventralmente (Fig. 1D). A la altura del rostrum hay una fenestra frontoparietal grande. En las cápsulas nasales está el cóndilo anterorbitario. Detrás de estas cápsulas se encuentra el foramen del canal preorbital y el foramen de

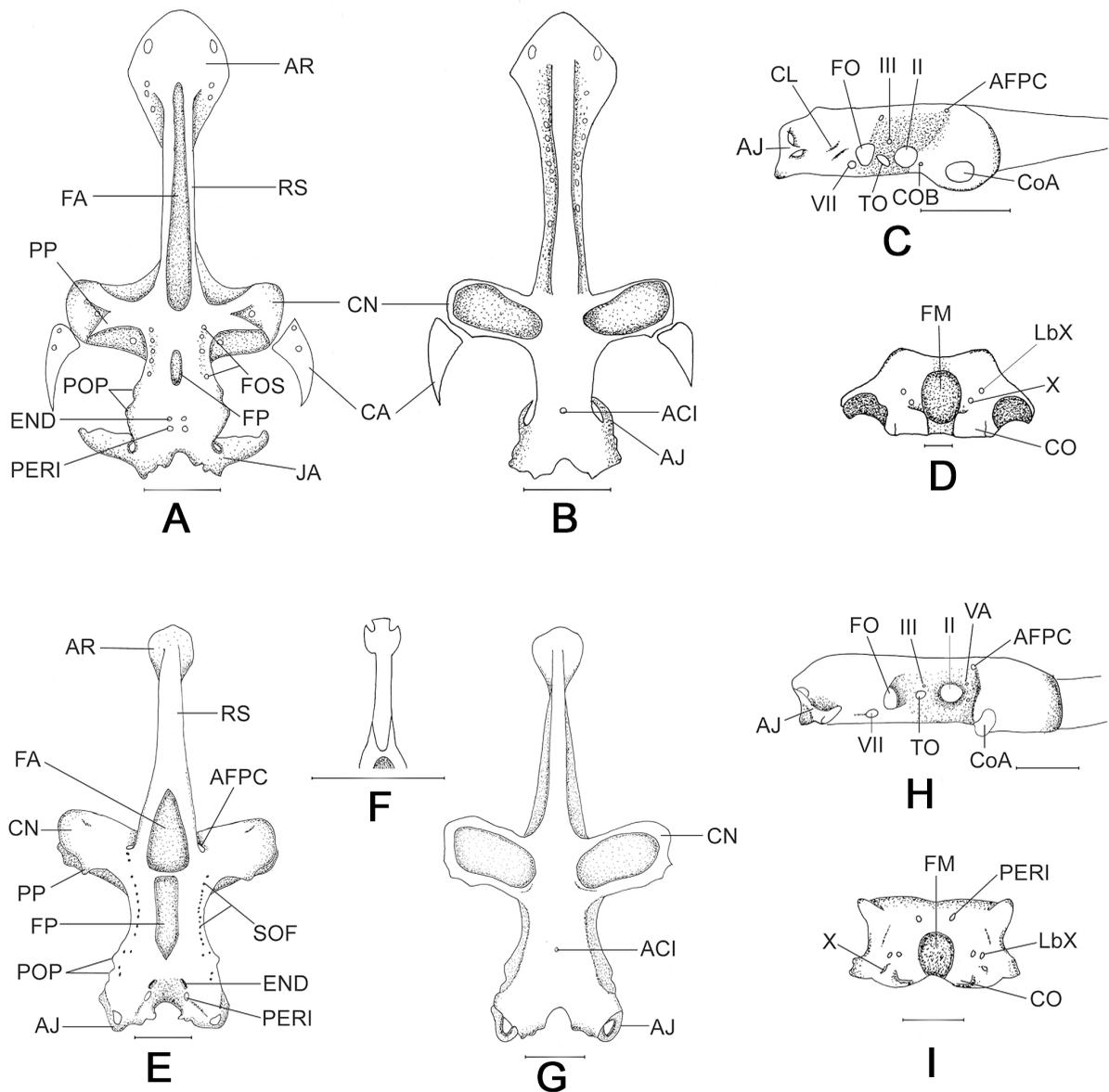


Fig. 2. Neurocráneo. *Pseudobatus lentiginosus*: A) vista dorsal, B) vista ventral, C) vista lateral D) vista occipital. *Rostroraja texana*. E) vista dorsal de adulto, F) vista dorsal del cartílago rostral de un organismo juvenil (LT = 95 mm), G) vista ventral, H) vista lateral I) vista occipital. Ver figura 1 para abreviaciones. Escala = 10 mm.

la vena cerebral anterior. En la región orbital hay dos forámenes: el foramen del nervio óptico y el foramen del nervio oculomotor; en esta región también se encuentra el tallo óptico. Adelante de las cápsulas óticas se observa la fisura orbital y el foramen de la rama hiomandibular del nervio facial. En vista occipital, ubicado en el centro está el foramen magnum y a ambos lados de este se localiza el foramen del nervio vago (Fig. 1E).

El segundo morfotipo incluye a las especies *Rostroraja texana* y *Pseudobatus lentiginosus* (Fig. 2). Este cráneo se caracteriza por presentar un rostrum largo, en cuyo extremo cefálico se encuentra un apéndice rostral. En organismos juveniles de *R. texana* el apéndice rostral presenta un par de forámenes en la parte apical del apéndice (Fig. 2F). El cráneo presenta dos fontanelas, la anterior en *P. lentiginosus* abarca gran parte del rostrum (Fig. 2A), en tan-

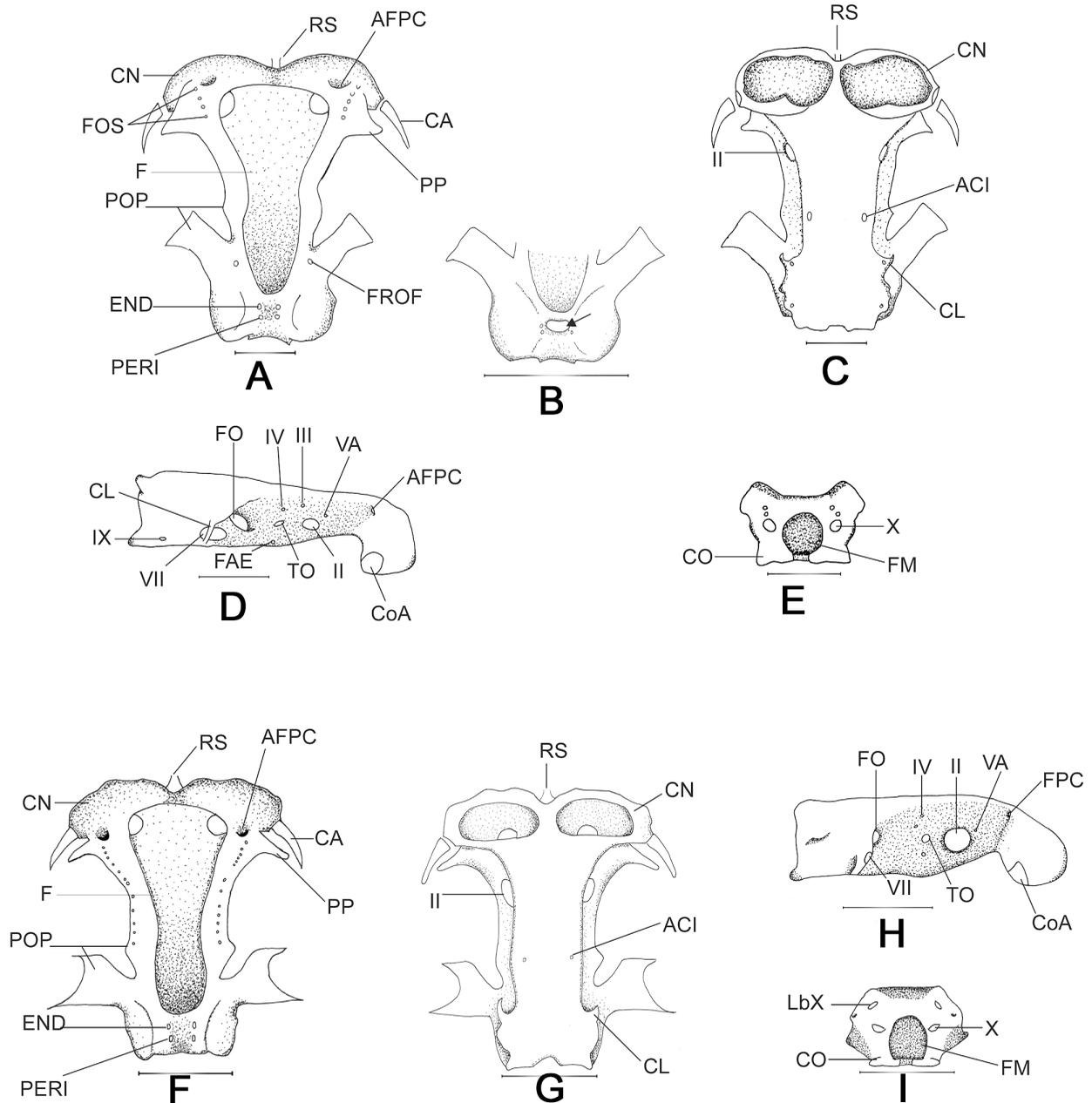


Fig. 3. Neurocráneo. *Urotrygon rogersi*: A) vista dorsal; B) vista dorsal de organismo juvenil (LT=221 mm), la fleche señala el orificio presente entre las cápsulas óticas, C) vista ventral, D) vista lateral, E) vista occipital. *Urobatis concentricus*. F) vista dorsal, G) vista ventral, H) vista lateral, I) vista occipital. Ver figura 1 para abreviaciones. Escala = 10 mm.

to que en *R. texana* es más corta y tiene forma triangular (Fig. 2E). Las cápsulas nasales se expanden lateralmente. A cada lado de estas se articula un cartílago anterorbital. En la parte media dorsal de las cápsulas nasales se encuentran los procesos preorbitales, los cuales están moderadamente desarrollados, sobresaliendo ligeramente del neurocráneo en *P. lentiginosus*. La región orbital es angosta, a esta altura se encuentra la fontanela posterior, la cual en *P. lentiginosus*, es relativamente corta en comparación con la de *R. texana*. A ambos lados de ésta se encuentra la cresta supraorbital sobre la cual se dispone un número variable de forámenes oftálmicos superficiales. Los procesos postorbitales están poco desarrollados. Las cápsulas óticas están abombadas. En la región ótica en la fosa endolinfática se observa un par de forámenes endolinfáticos y un par de forámenes perilinfáticos. A ambos lados de la región occipital se encuentran los arcos yugales, que están más desarrollados en *P. lentiginosus*, los cuales se articulan con el cartílago hiomandibular.

En vista lateral (Fig. 2C, H), en las cápsulas nasales se presentan los cóndilos anterorbitales. Posteriormente, en posición dorsal está el foramen del canal preorbital. En la región orbital hay tres pares de forámenes: el foramen del canal orbitonasal, el foramen del nervio óptico y el foramen del nervio oculomotor; debajo de este último está el tallo óptico. En la parte anterior de las cápsulas óticas está la fisura orbital y la rama hiomandibular del foramen del nervio facial. En vista occipital se observa el foramen magnum (Fig. 2D, I) y a los lados se encuentran dos pares de forámenes pequeños: el foramen del nervio vago y la rama lateral del foramen del nervio vago.

El tercer morfotipo de cráneo está presente en las especies del grupo de los Myliobatiformes (Figs. 3-6). En estos organismos el rostrum está reducido a un pequeño cartílago como en *Hypanus sabinus* (Fig. 4B), o es un pequeño esbozo como en *Urotrygon rogersi* (Fig. 3a), *Urobatis concentricus* (Fig. 3F) e *Hypanus americanus* (Fig. 5B) o

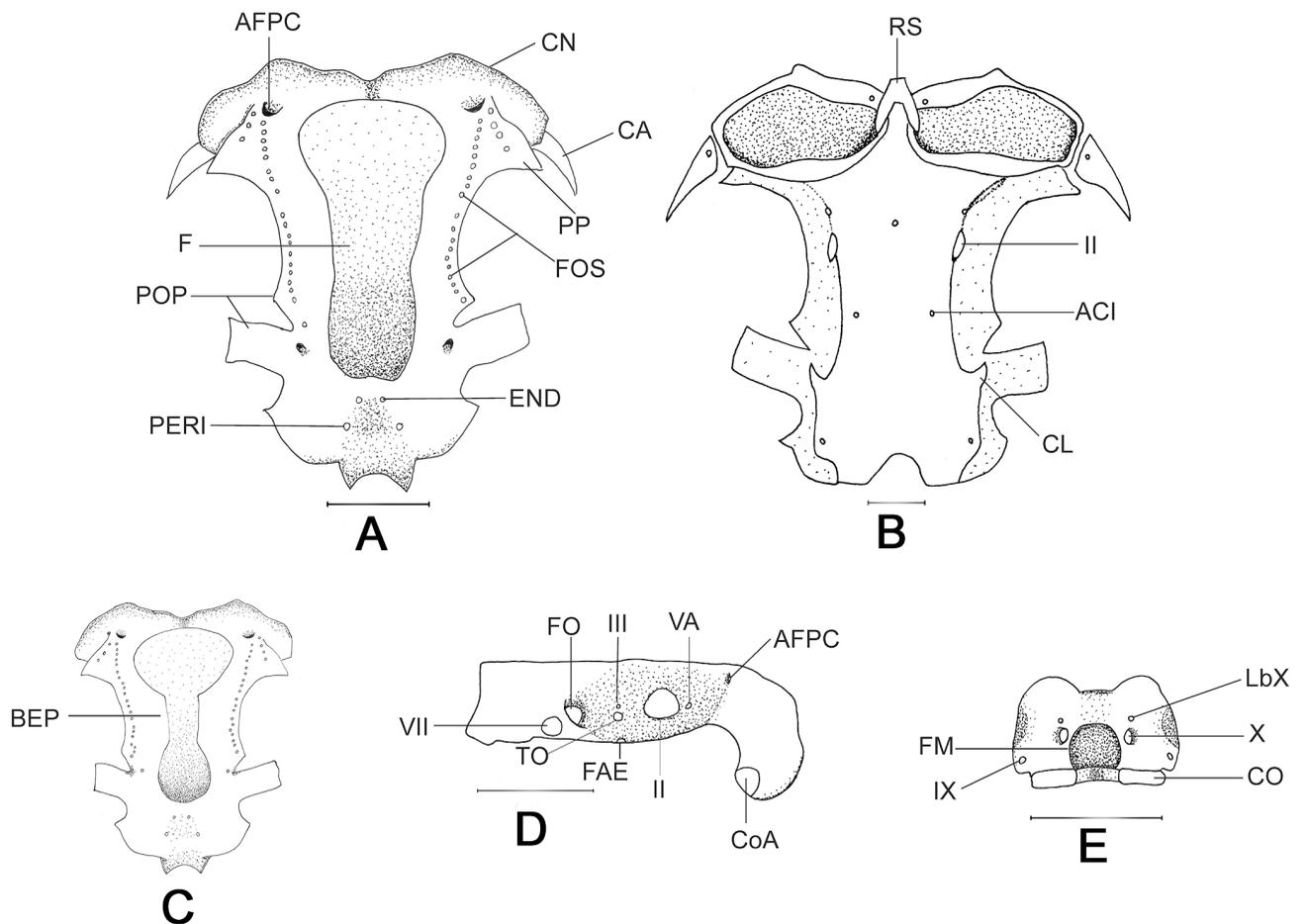


Fig. 4. *Hypanus sabinus*: A) vista dorsal, B) vista ventral, C) vista dorsal señalando la barra epifisial D) vista lateral, E) vista occipital. Ver figura 1 para abreviaciones. Escala = 10 mm.

está ausente como en *Gymnura lessae*. Sin embargo, presentan un pequeño cartílago localizado en la región anterior de las aletas pectorales, separado completamente del cráneo, es el apéndice rostral. Las cápsulas nasales se expanden lateralmente en *G. lessae* (Fig. 6C), en tanto que en el

resto de los miliobatoideos se expanden ventrolateralmente. Se observó en *H. americanus* que el desplazamiento de las cápsulas nasales hacia la región ventral se incrementa con la talla del organismo (Fig. 5D, E). Los procesos preorbitales en todas las especies son de forma triangular. Los procesos

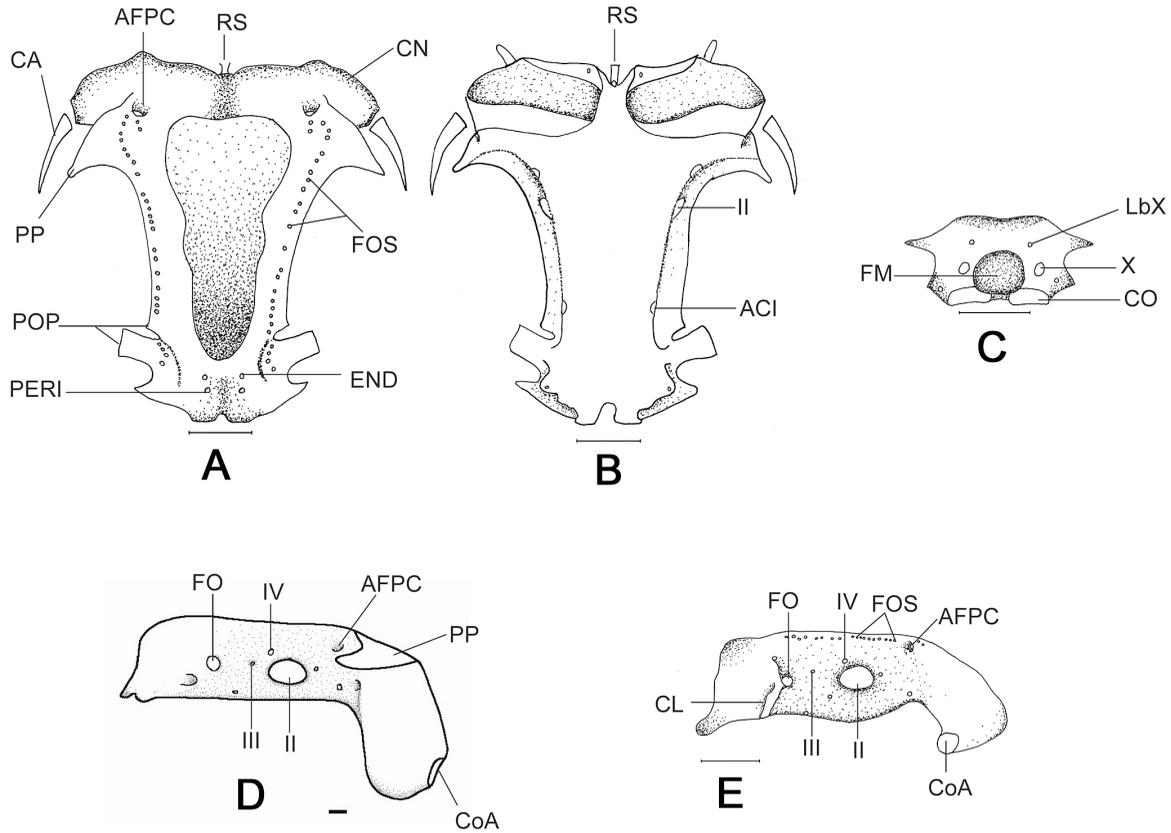


Fig. 5. Neurocráneo. *Hypanus americanus*: A) vista dorsal, B) vista ventral, C) vista occipital, D) y E) vista lateral de organismos de diferentes tallas en donde se muestra la migración de las cápsulas nasales; en D) la longitud del disco es de 564 mm y en E) es de 348 mm. Ver figura 1 para abreviaciones. Escala = 10 mm.

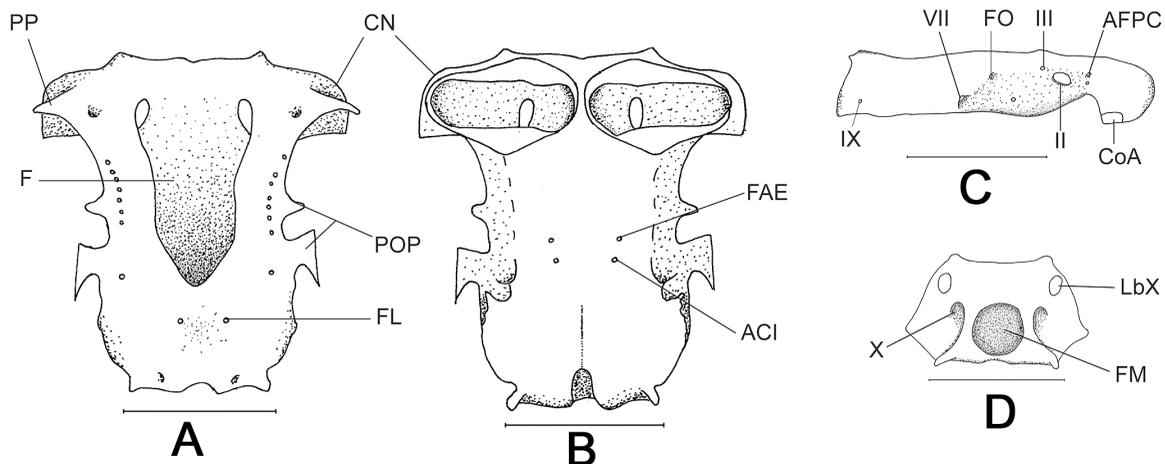


Fig. 6. Neurocráneo. *Gymnura lessae*: A) vista dorsal, B) vista ventral, C) vista lateral, D) vista occipital. Ver figura 1 para abreviaciones. Escala = 10 mm.

postorbitales presentan dos proyecciones: la primera tiene forma triangular; en tanto que la segunda proyección es grande y tiene forma rectangular. En la mayoría de los miliobatoideos, estos procesos se localizan en la parte anterior de la región ótica; sin embargo, en *G. lessae* se encuentran en la región orbital (Fig. 6A). Presentan sólo una fontanela, la cual es considerablemente larga. En los organismos juveniles de *H. sabinus* se observa en la fontanela una constricción media que representa un remanente de la barra epifisial (Fig. 4C). En la cresta supraorbital, se encuentran los forámenes oftálmicos superficiales, cuyo número varía dependiendo de la especie, *U. rogersi* presenta de dos a cuatro pares (Fig. 3A), en tanto que en las otras especies el número de forámenes se incrementa. En la parte anterior de las cápsulas óticas se encuentra la rama ótica del foramen del nervio facial. En la región ótica hay un par de forámenes endolinfáticos y un par de forámenes perilinfáticos; en *U. rogersi* se observa un foramen grande en medio de la región ótica, presente en organismos juveniles (Fig. 3B).

DISCUSIÓN

Los cráneos de las especies estudiadas presentan un patrón morfológico común, sin embargo, presentan considerables variaciones. El rostrum es alargado en *Rostroraja texana* y *Pseudobatus lentiginosus*; en *Narcine bancroftii* el rostrum, aunque es largo, es de forma cuadrangular. Los miliobatoideos no presentan un rostrum largo, aunque en algunas especies como *Urotrygon rogersi*, *Urobatis concentricus*, *Hypanus sabinus* e *Hypanus americanus* hay una pequeña reminiscencia de esta estructura. En *R. texana* y *P. lentiginosus*, el apéndice rostral es relativamente grande, *N. bancroftii* no lo presenta, en tanto que en los miliobatoideos se encuentra como una estructura pequeña, separada del cráneo, esto debido a que no presentan rostrum. En las especies de miliobatoideos más avanzadas como *Myliobatis*, *Rhinoptera* y *Mobula*, no se presenta esta estructura (González-Isáis & Montes; Domínguez & González-Isáis, 2007), lo que puede estar relacionado con el desarrollo del lóbulo rostral y las aletas cefálicas.

Las cápsulas nasales se expanden lateralmente en *P. lentiginosus*, *R. texana* y *G. lessae*, en tanto que en *N. bancroftii*, y en los miliobatoideos, se expanden ventrolateralmente. En las especies de los géneros *Urotrygon* y *Urobatis* el desplazamiento de las cápsulas nasales no es tan pronunciado como en *H. sabinus* e *H. americanus*, en esta última especie se observa que la migración hacia la región ventral es más pronunciada en los organismos más grandes. En las especies de miliobatoideos más avanzadas como *Myliobatis*, *Aetobatus* y *Rhinoptera* las cápsulas nasales

migran totalmente hacia la región ventral (González-Isáis & Montes; Domínguez & González-Isáis), por lo que esta condición se considera como derivada.

Los procesos preorbitales, están ausentes en *N. bancroftii*; en *R. texana* y *P. lentiginosus* están poco desarrollados. En el caso de miliobatoideos están más desarrollados. En las especies más derivadas estos procesos tienden a reducirse de manera secundaria (Nishida; González-Isáis & Montes).

En cuanto al número de fontanelas *N. bancroftii*, *R. texana* y *P. lentiginosus* presentan dos fontanelas, las cuales muestran variaciones en forma y tamaño. En miliobatoideos sólo tienen una fontanela, la cual es muy larga. De acuerdo con de Carvalho & Lovejoy en algunos taxones modernos esta fontanela presenta una constricción media que representa un remanente de la barra epifisial, que separa parcialmente una fontanela precerebral anterior de una fontanela frontoparietal posterior. Esta constricción la reporta para algunas especies de los géneros *Potamotrygon* y *Taeniura*. En las especies estudiadas esta constricción se observó únicamente en organismos juveniles de *H. sabinus* (Fig. 4c).

Los procesos postorbitales, no se presentan en *Narcine bancroftii*; en *Pseudobatus lentiginosus* y *Rostroraja texana* son dos proyecciones poco desarrolladas. En los miliobatoideos estos procesos son más grandes. En *U. rogersi* el primer cartílago está muy reducido y tiene forma redondeada, en *U. concentricus* y en *Hypanus* se empieza a esbozar una forma de triangular, en tanto que en el resto de los miliobatoideos se observa que este tamaño se incrementa. En los miliobatoideos más derivados estos procesos son de mayor tamaño como en *Myliobatis*, e incluso llegan a fusionarse como en *Aetobatus* y *Rhinoptera* (González-Isáis & Montes). Por lo que esta condición es considerada como derivada.

En la parte posterior se observa la presencia de los arcos yugales los cuales solo estuvieron presentes en *Rostroraja texana* y *Pseudobatus lentiginosus* (Fig. 2a, e).

De acuerdo con las características del cráneo las especies estudiadas se pueden agrupar en tres morfotipos generales. El primero incluye únicamente a *Narcine bancroftii*, esta especie pertenece a un grupo basal que ha seguido su propia línea evolutiva, lo cual también se ve reflejado en el cráneo, ya que presenta características muy particulares, como son un rostrum cuadrado, cartílagos anterorbitales ramificados y ausencia de procesos preorbitales, postorbitales, cresta supraorbital y apéndice rostral. Otras especies de Torpediniformes como *Diplobatis* (Nishida) y *Narcine brasiliensis* (Dean & Motta, 2004) muestran características semejantes a este morfotipo.

El segundo morfotipo incluye a las especies *Rostroraja texana* y *Pseudobatos lentiginosus*, cuyo cráneo se caracteriza por presentar un apéndice rostral unido al rostrum, el cual es delgado y alargado, con cartílagos preorbitales moderadamente desarrollados y cartílagos postorbitales reducidos, con dos fontanelas y un par de arcos yugales en región occipital. Dentro de los Pristiformes, orden al que pertenece *Pseudobatus*, se encuentra *Pristis*. En las especies de este género, las cápsulas nasales se expanden lateralmente y presentan arcos yugales en la región occipital (Nishida); ambos caracteres están presentes en *R. texana* y *P. lentiginosus*; no obstante, debido a que la parte anterior se modifica a manera de sierra, *Pristis* presenta solo una fontanela. Podemos considerar que los caracteres antes mencionados corresponden a los cráneos de los grupos basales de los batoideos.

El tercer morfotipo está formado por las cinco especies de miliobatoideos estudiadas en este trabajo. En este morfotipo se observa que los cartílagos preorbitales y postorbitales están más desarrollados, presentan una fontanela y las cápsulas nasales tienden a desplazarse hacia la región ventral. Si presentan apéndice rostral está separado del cráneo. Es importante señalar que aunque las especies que se incluyen en este morfotipo comparten ciertas características, la variación que se observa en el cráneo de estas especies es mayor a la observada en los otros dos morfotipos.

Con base en las descripciones anteriores, se puede concluir que existen grandes variaciones en la anatomía de los cráneos de los batoideos; sin embargo, pese a esa variabilidad es posible agrupar a estas especies en tres morfotipos. Además, es necesario considerar que la mayoría de las especies presentan variaciones morfológicas a lo largo de su desarrollo, por lo que al llevar a cabo estudios filogenéticos es importante utilizar caracteres de organismos adultos. La información proporcionada con estas descripciones es importante, ya que nos ayuda a comprender mejor la historia evolutiva de este grupo.

GONZÁLEZ-ISÁIS, M. & MONTES, D. H. M. Morphological variation of the neurocranium of eight species of batoids (Chondrichthyes). *Int. J. Morphol.*, 40(1):37-45, 2022.

SUMMARY: Systematics and anatomy studies have revealed that characteristics of the batoids skeleton show significant variability and provide relevant information on the phylogenetic relationships of this group. Within this framework, our objective is describing the neurocranium morphology in eight species of batoids. Large variations were

found, mainly in the rostrum, number of fontanelles, orientation of nasal capsules, and the condition and development of the pre- and post-orbital processes. These variations allowed us to group these craniums in three morphotypes. The first, including *Narcine bancroftii*, has unique characteristics, such as a squared rostrum and branched anterorbital cartilages; there are no pre-or post-orbital processes, supraorbital crest or rostral appendix. The second morphotype includes *Rostroraja texana* and *Pseudobatos lentiginosus*, which have a well-developed rostrum with a rostral appendix in the anterior region, two fontanelles, jugal arches in the occipital region, and pre- and post-orbital processes poorly developed. The third morphotype includes myliobatoids species, which have small or absent rostrum, rostral appendix separated from the cranium, one fontanelle, and developed pre- and post-orbital processes. Most species have morphological variations throughout their development; therefore, when conducting phylogenetic studies, using characters from adult specimens is fundamental.

KEY WORDS: Elasmobranchii; Batoids; Neurocranium; Skeleton.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aschliman, N. C.; Claeson, K. M. & McEachran, J. D. *Phylogeny of Batoidea*. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (Eds.). *Biology of Sharks and their Relatives*. 2nd ed. New York, CRC Press, 2012.
- Compagno, L. J. V. *FAO Species Catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated Catalogue of sharks species know to date. FAO Fish. Synop.*, 4(125), 1984.
- Compagno, L. J. V. *Interrelationships of Living Elasmobranchs*. In: Greenwood, P. H.; Miles, R. S. & Patterson, C. (Eds.). *Interrelationships of Fishes*. London, Academic Press, 1973. pp.15-61.
- Compagno, L. J. V. *Phyletic relationships of living sharks and rays. Am. Zool.*, 17(2):303-22, 1977.
- de Carvalho, M. R. & Lovejoy, N. R. *Morphology and phylogenetic relationships of a remarkable new genus and two new species of Neotropical freshwater stingrays from the Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Zootaxa*, 2776:13-48, 2011.
- Dean, M. N. & Motta, P. J. *Anatomy and Functional Morphology of the Feeding Apparatus of the Lesser Electric Ray, Narcine brasiliensis (Elasmobranchii: Batoidea). J. Morphol.*, 262(1):462-83, 2004.
- Dingerkus, G. & Uhler, L. D. *Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. Stain Technol.*, 52(4):229-32, 1977.
- Domínguez, H. M. M. & González-Isáis, M. *Contribution to the knowledge of anatomy of species of genus Mobula Rafinesque 1810 (Chondrichthyes: Mobulinae). Anat. Rec. (Hoboken)*, 290(7):920-31, 2007.
- Fechhelm, J. D. & McEachran, J. D. *A revision of the electric ray genus Diplobatis with notes on the interrelationships of Narcinidae (Chondrichthyes, Torpediniformes). Bull. Fla. State Mus. Biol. Sci.*, 29(5):171-209, 1984.
- González-Isáis, M. & Montes, H. M. *Comparative anatomy of the*

- superfamily Myliobatoidea (Chondrichthyes) with some comments on phylogeny. *J. Morphol.*, 262(1):517-35, 2004.
- Last, P. R. & Stevens J. D. *Sharks and Rays of Australia*. Sidney, CSIRO, 1994.
- Lovejoy, N. R. Systematics of Myliobatid Elasmobranchs: with emphasis on the Phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zool. J. Lin. Soc.*, 117:207-57, 1996.
- McEachran, J. D. & Compagno L. J. V. A further description of *Gurgesiella furvescens* with comments on the interrelationships of Gurgesiellidae and Pseudorajidae (Pisces, Rajoidei). *Bull. Mar. Sci.*, 29(4):530-53, 1979.
- McEachran, J. D. & Di-Sciara, G. N. *Peces Batoideos*. En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II Vertebrados-Parte I. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1995.
- McEachran, J.D. & Matheson, R. E. Polychromatism and polymorphism in *Breviraja spinosa* (Elasmobranchii, Rajiformes), with description of the three new species. *Copeia*, 1985(4):1035-52, 1985.
- Miyake, T. & McEachran, J. D. Three new species of the stingray genus *Urotrygon* (Myliobatiformes: Urolophidae) from the Eastern Pacific. *Bull. Mar. Sci.*, 42(3):366-75, 1988.
- Miyake, T. *The Systematics of the Stingray Genus Urotrygon with Comments on the Interrelationships within Urolophidae (Chondrichthyes, Myliobatiformes)*. PhD Dissertation. College Station, Texas A&M University, 1988.
- Montes, D. H. M. & González, I. M. Skeleton anatomy of five species of genus *Urotrygon* (Chondrichthyes: Urotrygonidae). *Int. J. Morphol.*, 35(3):831-9, 2017.
- Montes, D. H. M. & González, I. M. Skeleton anatomy of five species of genus *Urotrygon* (Chondrichthyes: Urotrygonidae). *Int. J. Morphol.*, 35(3):831-9, 2017.
- Nelson, J. S.; Grande, T. C. & Wilson, M. V. H. *Fishes of the World*. 5th ed. New Jersey, John Wiley & Sons, 2016.
- Nishida, K. Phylogeny of the suborder Myliobatoidei. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 37(1-2):1-108, 1990.
- Raschi, W. & McEachran, J. D. *Rhinoraja longi*, a new species of skate from the outer Aleutian Islands, with comments on the status of *Rhinoraja* (Chondrichthyes, Rajoidei). *Can. J. Zool.*, 69(7):1889-903, 1991.
- Yearsley, G. K. & Last, P. R. *Pavoraja (Insentiraja) lacipella*, a new subgenus and species of skate (Chondrichthyes: Rajoidei) from the Western Pacific. *Copeia*, (3):839-50, 1992.

Dirección para correspondencia:

Mónica-González-Isáis
Av. de los Barrios N° 1
Los Reyes Iztacala
Tlalnepantla
Estado de México
C.P. 54090
MÉXICO

E- mail: monigi@unam.mx