

Upper Cretaceous chondrichthyes teeth record in phosphorites of the Loma Gorda formation

Alejandro Niño-García, Juan Diego Parra-Mosquera & Peter Anthony Macías-Villarraga

Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. alejojj1998@hotmail.com, juan.601510116@ucaldas.edu.co, peter.601421716@ucaldas.edu.co

Received: April 26th, 2019. Received in revised form: May 17th, 2019. Accepted: June 04th, 2019.

Abstract

In layers of phosphorites and gray calcareous mudstones of the Loma Gorda Formation, in the vicinity of the municipal seat of Yaguará in Huila department, Colombia, were found fossils teeth of chondrichthyes, these were extracted from the rocks by mechanical means, to be compared with the species in the bibliography in order to indentify them. The species were: *Ptychodus mortoni* (order Hybodontiformes), were found, *Squalicorax falcatus* and *Cretodus crassidens* (order Lamniformes). This finding constitutes the first record of these species in the Colombian territory; which allows to extend its paleogeographic distribution to the northern region of South America, which until now was limited to Africa, Europe, Asia and North America, except for the *Ptychodus mortoni* that has been described before in Venezuela.

Keywords: first record; sharks; upper Cretaceous; fossil teeth; Colombia.

Registro de dientes de condriictios del Cretácico Superior en fosforitas de la formación Loma Gorda

Resumen

En capas de fosforitas y lodolitas calcáreas grises de la Formación Loma Gorda, en cercanías de la cabecera municipal de Yaguará en el departamento del Huila, Colombia, se encontraron dientes fósiles de condriictios; estos fueron extraídos de la roca por medios mecánicos, para ser comparados con las especies encontradas en la bibliografía e identificarlos. Las especies halladas fueron: *Ptychodus mortoni* (orden Hybodontiformes), *Squalicorax falcatus* y *Cretodus crassidens* (orden Lamniformes). Este hallazgo constituye el primer registro de estas especies en el territorio colombiano; lo que permite extender su distribución paleogeográfica en la región norte de Suramérica, que hasta ahora estaba limitada a África, Europa, Asia y Norteamérica, a excepción del *Ptychodus mortoni* que ha sido descrito antes en Venezuela.

Palabras clave: primer registro; tiburones; Cretácico superior; dientes fósiles; Colombia.

1. Introducción

Los tiburones en el registro fósil de Colombia son poco conocidos. El presente estudio se desarrolló en la Formación Loma Gorda, de la cual se extrajeron y analizaron 21 ejemplares dentarios fósiles, algunos de estos fragmentados y otros completos. Estos dientes se relacionaron con los órdenes Lamniformes e Hybodontiformes. El orden Lamniforme es un grupo con una diversidad abundante, durante los periodos Cretácico - Paleógeno [9,20]. Este orden se encuentra distribuido en gran parte del mundo; África,

Europa, Asia, Norteamérica y en menor proporción en Suramérica (Ver Fig. 1), donde hay pocos registros limitados a la parte norte del continente, en países como Perú, Ecuador, Venezuela, Brasil y Colombia. El *Squalicorax falcatus* es una de las especies encontradas perteneciente a este orden, reportada para Suramérica solo en Brasil por [4]. Esta especie posee una distribución cronoestratigráfica del Cenomaniano - Santoniano, caracterizada morfológicamente por poseer dientes aserrados con corona triangular y una forma análoga al tiburón tigre (*Galeocерdo cuvier*), indicando posiblemente

How to cite: Niño-García, A., Parra-Mosquera J.D. and Macías-Villarraga, P.A., Registro de dientes de condriictios del Cretácico Superior en fosforitas de la formación Loma Gorda. Revista Boletín de Ciencias de la Tierra, 46, pp. 27-32, Febrero - Julio 2019.

condiciones de nicho similar como un depredador costero y carroñero.

Dentro del orden de los Lamniformes, también se hallaron fósiles dentarios de *Cretodus crassidens*, una especie que alcanzó un gran tamaño y poseía una dentadura con tres cúspides triangulares muy características. Así mismo los bordes cortantes homogéneos sin aserraduras, con una corona en punta prolongada diseñada para penetrar. La morfología mencionada es típica de los tiburones ictiófagos. Esta especie se reporta en el cretácico superior (Turoniano - Coniaciano) según [32], en regiones de Asia, Europa y Norte América.

Dentro del orden de los Hybodontiformes se recolectó la especie *Ptychodus mortoni*, caracterizada por presentar una dentadura con morfología adaptada para triturar, diferenciándolo con mayor facilidad de los otros órdenes. Esta especie cuenta con una distribución cronoestratigráfica del Coniaciano al Santoniano y es reportado en América del Sur por [2,3] en Venezuela. Este trabajo agrega a Colombia a la lista de los países con registro de estas especies de condrictios. En el caso del *Squalicorax falcatus*, éste es el registro más al norte en Suramérica y el hallazgo del *Cretodus crassidens* constituye el primer registro en el continente suramericano. El *Ptychodus mortoni* se registra por primera vez en Colombia, debido a que [5] menciona en su trabajo los primeros registros de esta especie asociado al antiguo territorio de la Nueva Granada, conformado por los países de Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela donde no se tenía un dato preciso de recolección.

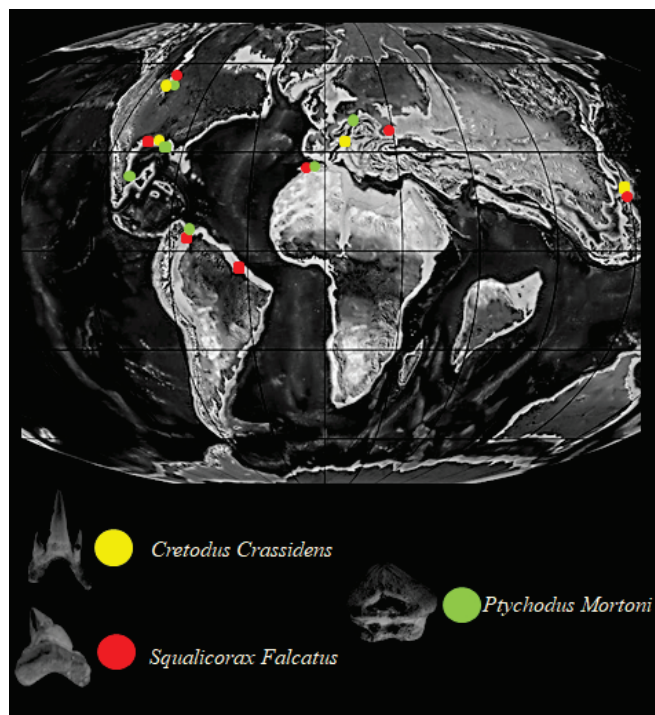


Figura 1. Distribución paleogeográfica de las especies encontradas (*P. mortoni*, *C. crassidens*, *S. falcatus*). Fuente: Modificado de [30]

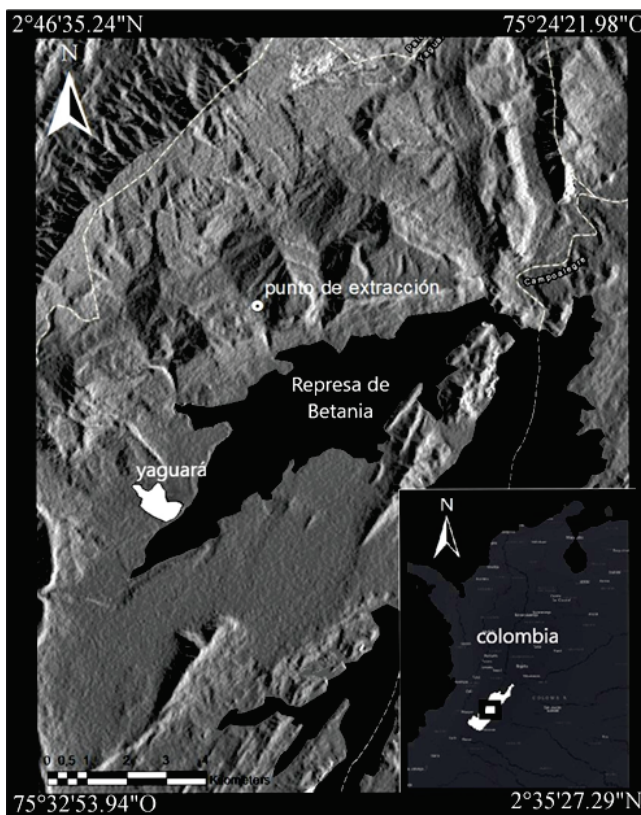


Figura 2. Ubicación del punto de extracción de los restos fósiles en el municipio de Yaguará. En la parte inferior derecha se muestra la ubicación del departamento de Huila, Colombia. Fuente: Los Autores.

2. Marco geológico

Las muestras fueron recolectadas en la Quebrada Montañitas, municipio de Yaguará, departamento de Huila, Colombia (Ver Fig. 2). A lo largo de esta quebrada aflora la Formación Loma Gorda, la cual se encuentra infrayacida por la Formación Hondita y suprayacida por el Grupo Olini, sobre esta se encuentra la Formación La Tabla siendo la última formación del Cretácico en la zona. La Formación Loma Gorda está compuesta por una serie de capas de lodolitas grises, con niveles de fosforitas, y depósitos marinos de edad (Turoniano - Santoniano inferior) según [18,26,27], en las cuales se encuentran restos de peces, coprolitos y ocasionalmente dientes de tiburón. En un estrato sobresaliente del afloramiento estudiado debido a la gran abundancia del material fósil y buen tamaño en relación con los demás estratos, se realizó la recolección.

3. Materiales y métodos

Se recolectaron aproximadamente 2 kilogramos de roca de una capa de fosforitas por métodos mecánicos. El punto de extracción se georreferenció por medio de un GPS Garmin Oregon 200. Posteriormente se transportaron al laboratorio de estudios paleontológicos de la Universidad de Caldas. Se utilizó para la extracción mecánica de los restos fósiles

martillo, cincel, percutor Dremel, de 35 W, 110 V y un percutor neumático conectado a un compresor Devalt. Se logró extraer de la roca 21 dientes de condriectios seleccionando 9 dientes por su alto grado de preservación. Además, se fotografiaron las muestras seleccionadas con una cámara Canon EOS rebel T5. Finalmente, las características de estos dientes se compararon con la literatura planteada [1-34], teniendo en cuenta las diferentes propiedades que enmarcan a cada especie.

4. Resultados y discusión

A continuación, se presenta una descripción morfológica de las especies encontradas y una posible interpretación paleoecológica.

4.1. Hybodontiformes

4.1.1. *Ptychodus mortoni*

Clase Chondrichthyes [22]
 Orden: Hybodontiformes
 Familia: Ptychodontidae [23]
 Género: *Ptychodus* [1]
Ptychodus mortoni [25]

Se presentan 3 ejemplares completos y caracterizados por su buena preservación, además de evidenciar una heterodoncia bastante común para esta especie. En la Fig. 3 se muestra un diente anterior mesial de 2.4 cm de ancho y 2.1 cm de largo, un diente posterolateral de 1.8 de ancho y 0.7 de alto y otro anterior de menor tamaño 1.4 cm de ancho y 0.4 cm de largo.

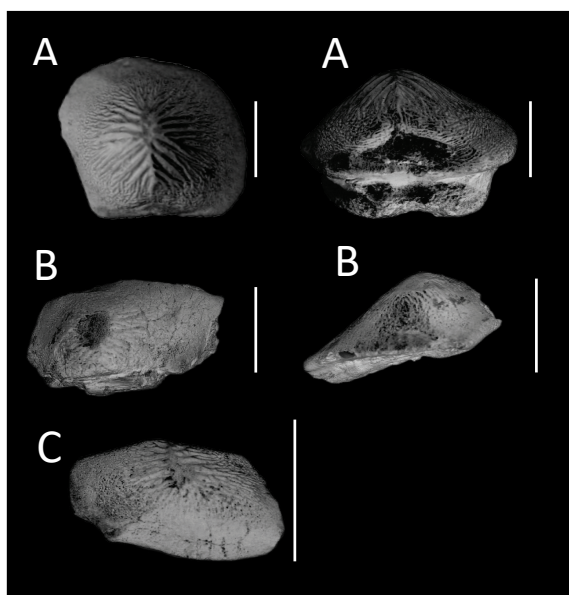


Figura 3. A) vista oclusal de un diente anterior medial de la mandíbula inferior del *P. mortoni*. A') vista de perfil de la misma muestra B) vista oclusal de un diente posterior de *P. mortoni*. B') vista labial del mismo organismo C) vista oclusal de un diente lateral de *P. mortoni*. Fuente: Los Autores.

Los dientes de *P. mortoni* encontrados, presentan una cúspide cónica, en forma de domo redondeada, de la cual irradian crestas en diversas direcciones que al acercarse al área marginal adquieren una forma reticulada, morfologías que concuerdan con las descripciones realizadas por [6].

Estas características fueron determinantes para distinguir la especie de otras pertenecientes al género *Ptychodus*. Los 3 ejemplares de *P. mortoni* descritos presentan la cúspide más redondeada y menos prominente que los descritos por [5], a pesar de la heterodoncia de la especie. Estos ejemplares tienen una alta semejanza con los reportados por [10], lo que permite atribuirlos a esta especie.

4.2. Lamniformes

4.2.1. *Cretodus crassidens*

Clase: Chondrichthyes [22]
 Orden: Lamniformes [6]
 Familia: Cretoxyrhinidae [17]
 Género: *Cretodus* [30]
Cretodus crassidens [16]

Se presentan dos ejemplares, uno de ellos con una buena preservación reflejando una heterodoncia, a pesar de estar levemente fragmentado. Se observa una variación en el tamaño de esta especie, ya que los ejemplares analizados poseen tamaños de 3.9 cm y 1.1 cm respectivamente. Ambas mediciones se realizaron desde la raíz hasta la cúspide. Estos dientes presentan 3 cúspides, dos laterales de menor tamaño y una cúspide triangular principal en una corona larga, robusta y fuertemente convexa hacia la superficie lingual, la cual en su base tiene crestas verticales. La raíz es bilobulada en forma de U generando una concavidad.

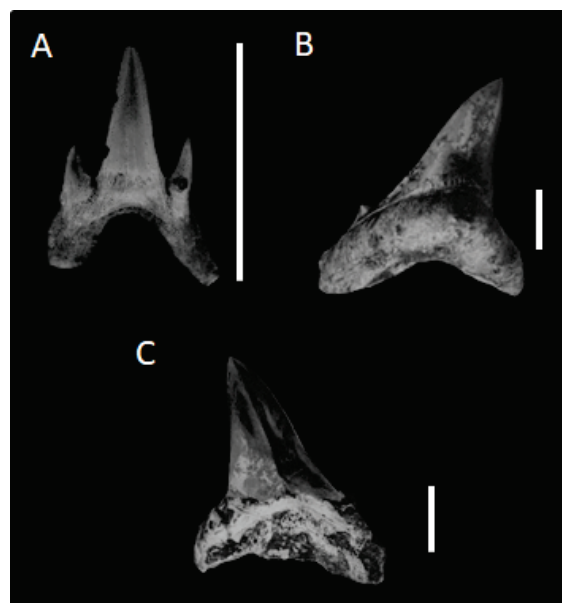


Figura 4. De izquierda a derecha: A) Vista lingual de diente anterior del *C. crassidens* B) Vista lingual del primer diente anterior derecho de la mandíbula inferior de *C. crassidens* C) Vista labial de la muestra anterior. Fuente: Los Autores.

Las muestras evidencian la heterodoncia ontogénica de la especie, ya que el espécimen más pequeño (Ver Fig. 4 sección A), posee una raíz menos robusta que las muestras de mayor tamaño (Ver Fig. 4 sección B); además se reconoce una heterodoncia monogmática expresada en la variación de la simetría, en la que, la muestra 4A presenta una simetría bilateral, mientras que la 4B carece de esta simetría. Los dientes pueden ser confundidos con otras especies como el *Cretodus semiplicatus* y *Leptostyrax macrorhiza*. El *C. crassidens* se diferencia del *C. semiplicatus* principalmente por no presentar una raíz tan robusta y unas crestas longitudinales menos pronunciadas que este. El *L. macrorhiza* se diferencia por una ausencia de crestas longitudinales linguales a la base de la corona, además esta especie presenta una raíz lingual protuberante y su raíz bilobulada es menos abierta que en el *C. crassidens*.

4.2.2. *Squalicorax falcatus*

Clase: Chondrichthyes [22]
 Orden: Lamniformes [6]
 Familia: Anacoracidae [14]
 Género: *Squalicorax* [33]
Squalicorax falcatus [1]

Se seleccionaron 4 muestras con un excelente grado de preservación, además de poseer un buen tamaño, cercano al máximo que podían alcanzar. En la Fig. 5 se observan tres dientes laterales de 2.0 cm a 1.5 cm de alto y uno anterior de 1.7 cm de alto. Estos ejemplares evidencian una variación en la corona, así, los dientes anteriores presentan una orientación vertical, mientras que los laterales exhiben una leve inclinación labial. En las muestras analizadas se puede evidenciar variación en el tamaño de los dientes dependiendo de la ubicación en la mandíbula. Igualmente, los dientes laterales y posteriores poseen coronas más bajas comparadas con las de otras especies y una inclinación distal de menor grado que en el *Squalicorax curvatus*. Otra característica del registro dentario es la existencia de bordes corticales mesiales y distales finamente aserrados a lo largo de la cresta con un buen desarrollo de la cuchilla distal, lo que se relaciona con el modo de corte al cazar. Además, se presenta una heterodoncia monogmática en ambas mandíbulas, ya que, el crecimiento de los dientes es uniforme en ambas mandíbulas sin importar el sexo, o la posición en la mandíbula. Adicionalmente, posee una heterodoncia dignática pobremente desarrollada, ya que los dientes de la mandíbula superior presentan una leve variación con respecto a los de la mandíbula inferior.

La curvatura en los dientes superiores es mayor a la de los dientes inferiores respecto a las demás muestras (Ver Fig. 5 sección B). Posen una raíz bilobulada alta, con una tendencia redondeada a rectangular con lóbulos cortos. En general los ejemplares de esta especie tienen una corona triangular, con un talón distal. La parte mesial posee una cresta de corte sobre la corona en el *S. falcatus* que al contrastarse con especies como el *S. kaupi* y *S. pristodontus* es débilmente convexa y la raíz es mucho más delgada que en la mayoría de

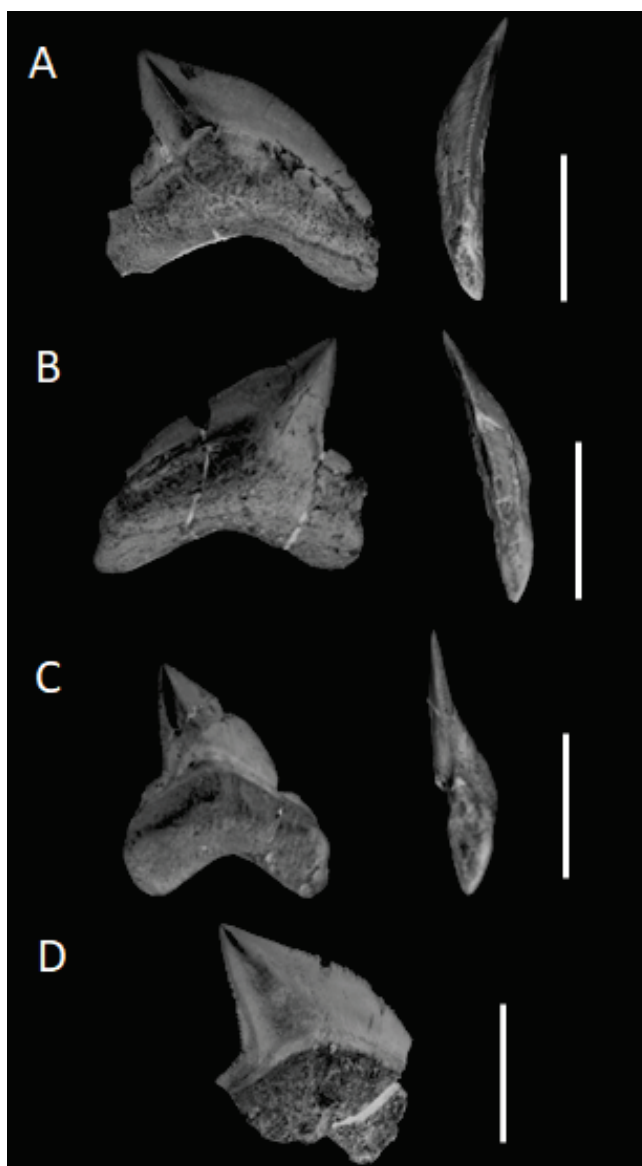


Figura 5. De izquierda a derecha. A) y C) Vista labial y de perfil del diente lateral de *S. falcatus*. B) Vista labial y de perfil del diente anterior de *S. falcatus*. D) Vista labial del fragmento de diente lateral de *S. falcatus*. Fuente: Los Autores.

las dos últimas especies. Por otra parte, el *S. falcatus* posee una corona y raíz más alta en comparación con el del *Squalicorax sp.* o el *S. curvatus*.

4.3. Paleoecología

Las muestras fueron extraídas casi completamente de un solo estrato rico en material fosilífero y biogénico como coprolitos, dientes, espinas entre otros; estos materiales muestran un gran tamaño, y una gran cantidad de restos de depredadores, como el *Squalicorax falcatus*, entre otros; superdepredadores como el *C. cretodus crassidens* y mosasauridos, y animales con una alimentación especializada como el *Ptychodus mortoni*, así como los organismos que los

sustentan como el *Pachirizodus* y el *Inoceramus*, lo que determina un ecosistema muy prolífero. Esta abundancia puede ser explicada debido a la existencia de una antigua corriente de surgencia, que llevaba nutrientes de aguas frías y profundas a aguas más cálidas, someras y tropicales. La existencia de esta corriente también explicaría el alto contenido de fosforitas en la formación. En los estratos superiores, intercalados con arenas finas y lodolitas, se encuentran otras capas de fosforitas con contenido biogénico, pero en menor proporción con respecto al estrato inicial; esto determina que la corriente de surgencia (*upwelling*) se desplazó, junto con el ecosistema que sustentaba. Este desplazamiento es consecuencia de una progradación del nivel del mar generando un desplazamiento de la zona de anoxia a aguas más someras.

El sedimento se depositó en un ambiente anóxico, que permite una buena conservación de los fósiles debido a la baja bioturbación en el suelo oceánico. Bajo estas condiciones pocos organismos fueron capaces de sobrevivir, entre ellos se encuentran los *Inoceramus* una especie de bivalvo hallada en esta formación, que probablemente fueron el alimento de organismos durófagos como el *P. mortoni*. La presencia de coprolitos de forma abundante y masiva en el estrato fosilífero, indica que, aunque hubo anoxia en el fondo marino al momento de depositación, las aguas más someras permitían la supervivencia de un mayor contenido de organismos. Esto, junto con el tamaño de los organismos, indica que, las condiciones de depositación anóxicas, no fueron la causante de la muerte de los organismos.

5. Conclusiones

La Formación Loma Gorda a partir de la interpretación litológica de la zona trabajada, se sugiere que los depósitos estudiados se desarrollaron en una zona de offshore, con un periodo transicional a ambientes más someros. En el tiempo de depositación de la formación se encontraba una corriente de surgencia permitiendo la aparición de varias capas de fosforitas fosilíferas con gran abundancia de especímenes. Así mismo, en estas capas se encontró y analizó el material fosilífero, que permitió generar el registro de las tres especies de condriactos encontrados. Este es el primer registro en Suramérica del *Cretodus crassidens*, y los primeros registros en Colombia del *Squalicorax falcatus* y *Ptycodus mortoni* extendiendo la distribución paleogeográfica hasta esta zona del continente. Por otra parte, los fósiles encontrados son de gran tamaño, indicando la madurez de los ejemplares analizados y que el ambiente era propicio para estos organismos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Mario Moreno Sánchez por su aporte en conocimiento, localización de la zona y su acompañamiento durante el desarrollo del proyecto. Además, se desea expresar agradecimiento a Paula Victoria Aguirre por la edición de las fotografías y a Jansson

Arango Escobar por la donación de un espécimen de diente fósil.

Referencias

- [1] Agassiz, L., Kritische revision der in der ittiolitoogin veronese abgebildeten fossilen Fische. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde, pp. 290-316, 1835.
- [2] Aguilera, O., Peces fósiles del Caribe de Venezuela. Primera edición, Gorham Printing, Centralia, USA, 2010.
- [3] Aguilera, O. and Lundberg, J., Venezuelan caribbean and orinocoan neogene fish. Urumaco and Venezuelan Paleontology. Indiana Press University, Bloomington, pp. 129-152, 2010.
- [4] Andrade, E., Turonian inoceramids and biostratigraphy of the Sergipe Basin, northeastern Brazil: an integrated study of the Votorantim and Nassau quarries. Unpublished PhD Thesis, Universität Heidelberg, Heidelberg, Baden-Wurtemberg, Alemania, 2005.
- [5] Kawasaki, N., Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow, MSc. Thesis, Department of Electronic Engineering, Osaka University, Osaka, Japan, 1993.
- [6] Berg, L.S., System der rezenten und fossilen Fischartigen und Fische. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1958.
- [7] Bice, K.N. and Shimada, K. Fossil marine vertebrates from the Codell Sandstone Member (middle Turonian) of the Upper Cretaceous Carlile Shale in Jewell County, Kansas, USA. Cretaceous Research, 65(14), pp. 172-198, 2016. DOI: 10.1016/j.cretres.2016.04.017
- [8] Brito, P.M. and Janvier, P., A ptychodontid (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Upper Cretaceous of South America. Geodiversitas, 24(4), pp. 785-790, 2002.
- [9] Cappetta, H., Chondrichthyer II, Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii. Handbook of Paleoichthyology, 3B, 1987.
- [10] Cappetta, H., et al., New Squalicorax species (Neoselachii: Lamniformes) from the lower Maastrichtian of Ganntour phosphate deposit, Morocco. Palaeovertebrata, 38(2), e3 P, 2014. DOI: 10.18563/pv.38.2.e3
- [11] Cappetta, H., et al., Marine vertebrate faunas from the Maastrichtian phosphates of Benguérir (Ganntour Basin, Morocco): biostratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology. Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, 409(17), pp. 217-238, 2014. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.04.020
- [12] Carrillo, J., Presencia del género Ptychodus (Elasmobranchii: Ptychodontiade) en el Cretácico superior de los Andes de Trujillo Venezuela. Geominas, 37(50), pp. 207-210, 2009. DOI: 10.15517/rgac.v0i46.1837
- [13] Carrillo-Briceño, J.D., Presence of Ptychodus Mortini (Elasmobranchii: Ptychodontidae) in the upper Cretaceous of Venezuela. Revista Geológica de América Central, (46), pp. 145-150, 2012.
- [14] Casier, E., Constitution et évolution de la racine dentaire des Euselachii. II- Etude comparative des types. Bulletin del'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 23, pp. 1-32, 1947.
- [15] Cumbaa, S.L., Shimada, K. and Cook, T.D., Mid-Cenomanian vertebrate faunas of the Western Interior Seaway of North America and their evolutionary, paleobiogeographical, and paleoecological implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 295(1-2), pp. 199-214, 2010. DOI: 10.1016/j.palaeo.2010.05.038
- [16] Dixon, F., The geology and fossils of the Tertiary and Cretaceous formations of Sussex. Longman, Brown, Green and Longman, London, pp. 408, 1850. DOI: 10.5962/bhl.title.14790
- [17] Glikman, L.S., Rates of evolution in lamnoid sharks. Doklady Akademii Nauk SSSR, 123(3), pp. 568-571, 1958.
- [18] Guerrero, J., Sarmiento, G. and Narrete, R.E., The stratigraphy of the W side of the Cretaceous colombian basin in the upper Magdalena Valley. Reevaluation of selected areas and type localities including Aipe, Guaduas, Ortega, and Piedras. Geología Colombiana, 25, pp. 45-110, 2000.

- [19] Guinot, G. and Carrillo-Briceno, J.D., Lamniform sharks from the Cenomanian (upper Cretaceous) of Venezuela. *Cretaceous Research*, 82(1), pp. 1-20, 2018. DOI: 10.1016/j.cretres.2017.09.021
- [20] Guinot, G. and Calvin, L., 'Fisch' (Actinopterygii and Elasmobranchii) diversification patterns through deep time. *Biological Reviews*, 91, pp. 950-981, 2016. DOI: 10.1111/brv.12203
- [21] Hamm, S.A., Systematic, stratigraphic, geographic and paleoecological distribution of the Late Cretaceous shark genus *Ptychodus* within the Western Interior Seaway. University of Texas, Dallas, USA, 2008.
- [22] Huxley, T.H., On the application of the laws of evolution to the arrangement of the Vertebrata and more particularly of the Mammalia. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 43, pp. 649-662, 1880.
- [23] Jaekel, O., Die Selachier aus dem oberen Muschelkalk Lothringens. *Abhandlungen Geologische Spezialk. Elsass-Lothringen, Series*, 3(4), pp. 273-332, 1898.
- [24] Nagrodski, M., Shimada, K. and Schumacher, B.A., Marine vertebrates from the Hartland Shale (upper Cretaceous: upper Cenomanian) in southeastern Colorado, USA. *Cretaceous Research*, 37(6), pp. 76-88, 2012. DOI: 10.1016/j.cretres.2012.03.007
- [25] Mantell, G., *The wonders of Geology*, 3rd ed., New Haven and London, Vol. 2, 1839, 821 P.
- [26] Patarroyo, P., Las formaciones cretácicas Hondita y Loma Gorda a propósito de la nomenclatura estratigráfica del Valle superior del Magdalena, Colombia. VI Congreso Colombiano de Geología, Tomo III, 1993, pp. 803-814.
- [27] Patarroyo, P., Turonian-Coniacian ammonites of the Loma Gorda formation in the Bambucá creek, upper Magdalena Valley, Aipe - Huila, Colombia. Abstracts 18^o Geological Latinoamerican Symposium-Freiberg. *Terra Nostra*, 2, 2003, 58 P.
- [28] Patarroyo, P., Sucesión de amonitas del Cretácico superior (Cenomaniano-Coniaciano) de la parte más alta de la formación Hondita y de la formación Loma Gorda en la quebrada Bambucá, Aipe-Huila - Colombia, S.A. *Boletín de Geología*, 33(1), pp.69-92, 2011.
- [29] Retzler, A., Wilson, M.A. and Avni, Y., Chondrichthyans from the Menuha formation (late Cretaceous: Santonian-Early Campanian) of the Makhtesh Ramon region, southern Israel. *Cretaceous Research*, 40(8), pp. 81-89, 2013. DOI: 10.1016/j.cretres.2012.05.009
- [30] Scotese, C.R., PALEOMAP. 2002, [online]. [consulted: May 8th of 2019]. Available at: <http://www.scotese.com>
- [31] Sokolov, M.I., Teeth evolution of some genera of Cretaceous sharks and reconstruction of their dentition. *Moskovskoe Obshchestvo Ispytatelei Prirody. Otdel Biologicheskii. Biulleten*, 4, pp. 133-134, 1965.
- [32] Takakuwa, J., et al., Elasmobranch remains from the upper Cretaceous Ashizawa formation (Coniacian, Futaba Group, in Hirono Town, Fukushima prefecture, Japan. *Bull. Gunma Mus. Natu. Hist* (22), pp. 59-66, 2018.
- [33] Welton, B.J. and Farish, R.F., *The collector's guide to fossil sharks and rays from the Cretaceous of Texas*. Before Time, 1993.
- [34] Whitley, G.P., Taxonomic notes on sharks and rays, *The Australian Zoologist*, 9(Part 1), pp. 227-262, 1939.

A. Niño-García, es candidato a BSc. en Geología de la Universidad de Caldas, Colombia, miembro del grupo de investigación de Geología planetaria Titan-Caronte, semillero de Geotermia y del semillero de Paleontología de la Universidad de Caldas, Colombia. Realizo investigación en petrología y geoquímica de meteoritos pétreos, paleontología de vertebrados, icnología e investigación en los productos de impacto del meteorito de Puerto Tejada. Actualmente investiga en fauna de vertebrados marinos del Cretácico superior y en la descripción de manifestaciones termales.

ORCID: 0000-0002-8916-0363

J.D. Parra-Mosquera, es candidato a BSc. en Geología de la Universidad de Caldas, Colombia, se desempeña como estudiante líder del Semillero de Geología Planetaria Titan Caronte, integrante del semillero de paleontología y el semillero de geología estructural. Realizo investigación en petrología y geoquímica de meteoritos pétreos, paleontología de vertebrados, e investigación acerca de los productos de impacto del meteorito de Puerto Tejada; actualmente realiza investigación en análisis deformativo de la falla El Perro.

ORCID: 0000-0002-7525-4764

P.A. Macias-Villarraga, es candidato a BSc. en Geología de la Universidad de Caldas, Colombia, miembro actual de AGEOCOL (Asociación Colombiana de Geotermia) y líder de los capítulos regionales de AGEOCOL. Se desempeña como estudiante líder del Semillero de Geotermia, integrante del semillero de paleontología de la Universidad de Caldas y el semillero de Geología planetaria Titan-Caronte. Realizo investigación en petrología y geoquímica de meteoritos pétreos y en paleontología de vertebrados. Actualmente realiza investigación en el control estructural de las manifestaciones termales en el municipio de Villamaría, Caldas y en el Paramillo de Santa Rosa, Risaralda.

ORCID: 0000-0002-8397-8543



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Área Curricular de Ingeniería
Geológica e Ingeniería de Minas y Metalurgia

Oferta de Posgrados

Especialización en Materiales y Procesos
Maestría en Ingeniería - Materiales y Procesos
Maestría en Ingeniería - Recursos Minerales
Doctorado en Ingeniería - Ciencia y Tecnología de
Materiales

Mayor información:

E-mail: acgeomin_med@unal.edu.co
Teléfono: (57-4) 425 53 68