

NUEVO ESPÉCIMEN DE *CARCHARODON HASTALIS* (LAMNIFORMES LAMNIDAE) EN SEDIMENTITAS DE LA FORMACIÓN PISCO: EVIDENCIAS DE SU PALEOECOLOGÍA TRÓFICA

César Chacaltana ¹, Waldir Valdivia ¹, Alí Altamirano-Sierra ², Alberto Collareta ^{3,4}, Walter Landini⁴, Mario Urbina-Schmitt ² & Giovanni Bianucci ⁴

¹ INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Av. Canadá 1470 San Borja, Lima. cchacaltana@ingemmet.gob.pe

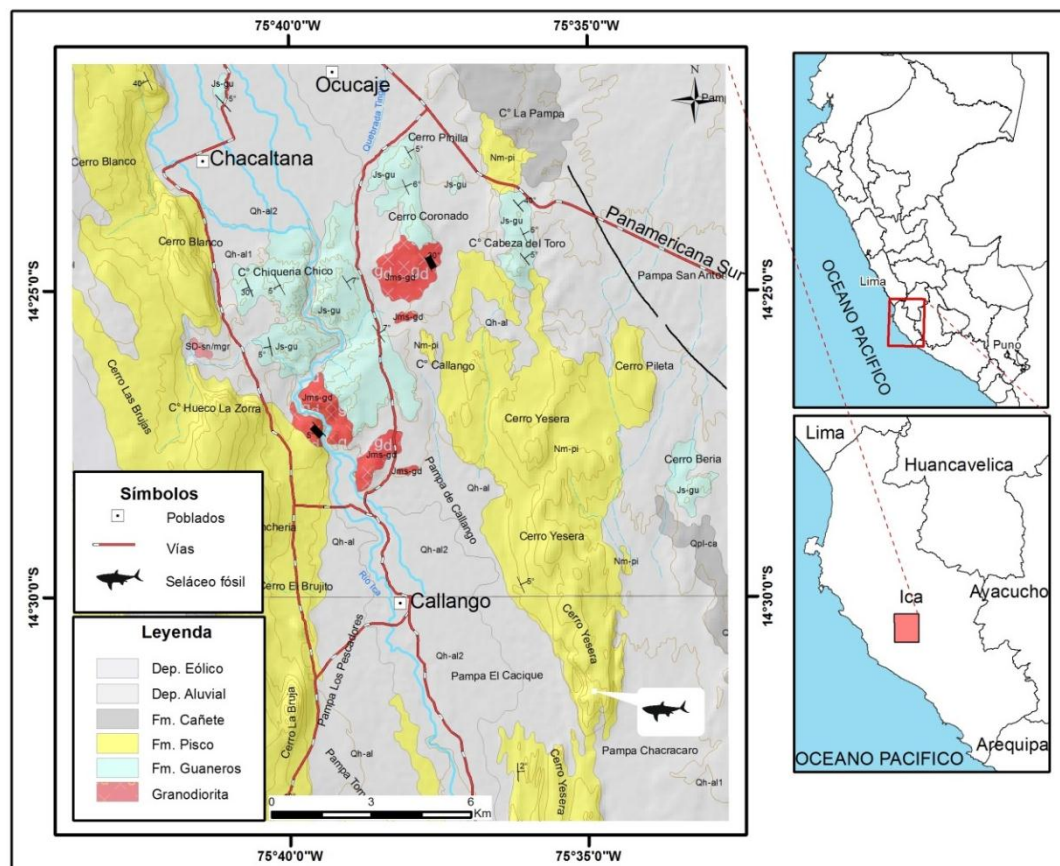
² Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 14. Perú. eraexcusa@yahoo.es

³ Dottorato Regionale Pegaso in Scienze della Terra, via S. Maria 53, I-56126 Pisa, Italy. alberto.collareta@for.unipi.it

⁴ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa, via S. Maria 53, I-56126 Pisa, Italy. landini@dst.unipi.it

INTRODUCCION

En los últimos años, los registros de vertebrados fósiles con preservación excepcional expuestos en la cuenca Pisco, se han incrementado notablemente (Clarke et al., 2010; Lambert et al., 2010, 2015; Bianucci et al., 2010, 2014; Stucchi et al., 2016 entre otros) y los afloramientos de la Formación Pisco han puesto en evidencia no solo una amplia diversidad de taxones fósiles asociados sino además, una fosilización excepcional que la distingue de otras formaciones en diferentes latitudes. El presente trabajo, como producto de la actualización de la Carta Geológica Nacional, se suma a los hallazgos concernientes a los seláceos fósiles y amplía el registro nacional limitado mayormente a sus dientes. Para el presente caso, se pone en evidencia un esqueleto fósil parcial que conserva además de las mandíbulas y algunos dientes, los discos vertebrales articulados e incluso parte de lo que se infiere como su contenido estomacal consistente en sardinias fósiles (*Sardinops* sp.). El hallazgo fue realizado en el cerro Yesera en la margen izquierda del río Ica, al SO de la localidad de Callango, distrito de Ocucaje, departamento de Ica (Figura 1). Estratigráficamente corresponde a niveles de la Formación Pisco, y en tiempo correspondería a niveles del Mioceno superior (aprox. 9 Ma). La sistemática paleontológica utilizada sigue a lo propuesto por Ehret et al., (2012).



MARCO GEOLÓGICO

El material estudiado fue colectado en secuencias de limolitas tobáceas de los niveles superiores de la Formación Pisco, caracterizados además por su litología de diatomitas y tobas diatomáceas (Figura 2). Estas litologías, producto de una transgresión sedimentaria (Muizon & Bellon, 1980; Sebrier, 1982), revelan un ambiente de depósito marino costero de medios sublitorales y parállicos. Estos medios sedimentarios fueron reconocidos por su rica y variada paleofauna consistente de peces, quelonios, cocodrilos, ballenas, delfines, pinnípedos, aves, entre otros (Muizon & DeVries, 1985; Muizon & McDonald, 1995; Muizon et al., 2003; Muizon et al., 2004; Ehret et al., 2009; Bianucci et al., 2010, 2014, 2015, 2016; Varas-Malca & Valenzuela-Toro, 2011; Altamirano-Sierra, 2013; Stucchi et al., 2016). En cuanto a la edad, el registro de seláceos permite hacer distinciones entre las unidades miocenas y pliocenas, restringiendo a *Isurus hastalis* como indicador del Mioceno para las secuencias que afloran en el Cerro La Bruja (Muizon & DeVries, 1985), el cual forma parte del conjunto que aflora en la margen derecha del río Ica.

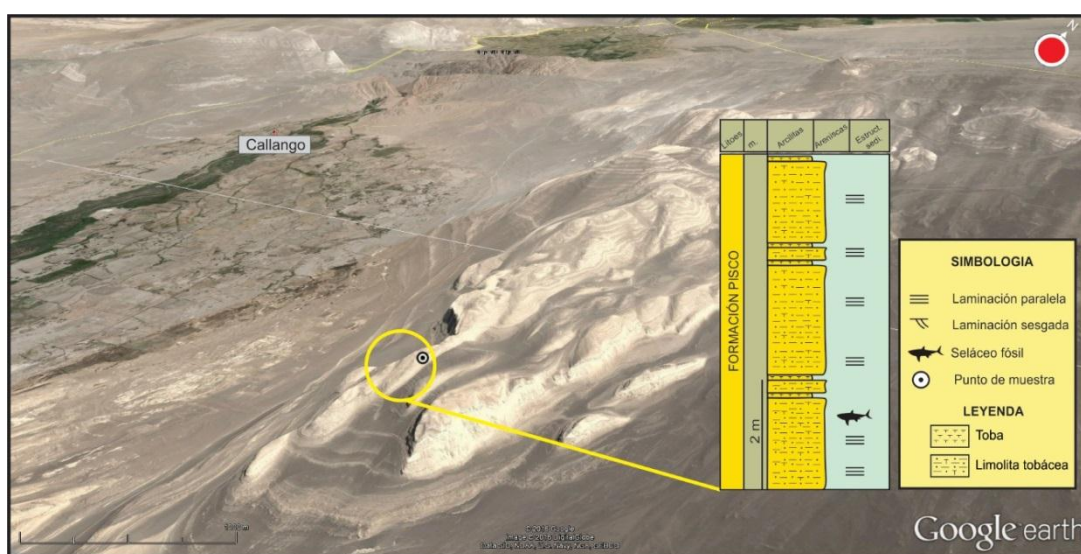


Figura 2. Vista en perspectiva de los afloramientos y columna estratigráfica con ocurrencia de *Carcharodon hastalis*.

EL GÉNERO *ISURUS* EN LA CUENCA PISCO

Existen registrados hasta 4 especies de seláceos del género *Isurus* en las diferentes formaciones estratigráficas de la Cuenca Pisco (Altamirano-Sierra, 2012) y 3 especies de “Tiburones mako de dientes anchos” situados actualmente en el género *Carcharodon*. *Isurus praecursor* se registra como la única especie para el Paleógeno en las formaciones del Grupo Paracas (Altamirano-Sierra, 2012), mientras que para el Mioceno (aprox. 9 Ma) se registran hasta 6 especies. La variación en los tamaños se observan desde *I. praecursor* del Eoceno, con un tamaño cercano al tiburón Mako actual (*Isurus oxyrinchus*) de aproximadamente 3 m, hasta especies de tamaño grande para el Mioceno como en *Carcharodon (=Isurus) hastalis*, de cerca de 5 m de longitud. Aunque todas estas especies se han identificado en base a dientes aislados, en las sedimentitas de la Formación Pisco se han colectado esqueletos casi completos de seláceos conservando sus denticiones naturales.

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Orden: LAMNIFORMES Berg, 1958
Familia: LAMNIDAE Müller & Henle, 1838
Género: *Carcharodon* Smith en Müller & Henle, 1838
Especie: *Carcharodon hastalis* (Agassiz, 1843)

Número de colección: CPI-7899

Material: Esqueleto parcial articulado de espécimen juvenil de aproximadamente 2 m de largo que conserva los cartílagos de Meckel y parte de la columna vertebral. Conserva 38 discos vertebrales

articulados en posición anatómica y excelente conexión preservada. Asimismo, conserva parte de la serie dentales superior e inferior con 25 dientes en la región craneal (Figura 3).

Ocurrencia: Colectado en el Cerro Yesera ubicado al SO de Ocucaje en los niveles superiores de la Formación Pisco, aproximadamente a 6 km al SO de la localidad de Callango, en la costa peruana, en las coordenadas UTM 437406- 8393933. Representa tiempos del neoMioceno, aproximadamente hace 9 Ma (Figuras 1 y 2).

Descripción anatómica:

Cerca del 60% de la columna vertebral está preservada en la muestra CPI-7899, la región conservada incluye solo hasta la vértebra número 38. En la región abdominal, entre las vértebras 20-33, se encuentran restos de peces óseos la cual referimos aquí como presencia de contenido estomacal. La mayoría de las vértebras están preservadas en conexión anatómica, solo la vértebra número 25 está desconectada del resto de la columna y se puede apreciar su circunferencia casi circular con algunos anillos concéntricos. Las vértebras número 26-32 están cubiertas parcialmente por sedimento y solo los contornos son apreciables. El espécimen se conserva en vista ventral y en las vértebras se puede apreciar las lamellae dispuestas paralelamente separadas por septos y los forámenes ventrales. Los bordes de los dientes son lisos y cortantes, donde el espécimen en la muestra CPI-7899 conserva los dientes de las filas superior e inferior. Los dientes inferiores anteriores presentan una fuerte curvatura hacia el lado lingual y el borde cortante del diente anterior superior está fuertemente marcado. Las coronas de todos los dientes conservados en CPI-7899 son estrechos, a diferencia de los especímenes adultos asignados a *C. hastalis* registrados en otros niveles de la Formación Pisco y en juveniles asignados a *Carcharodon plicatilis* (= *Isurus xiphodon*) presentados por Purdy *et al.* (2001).

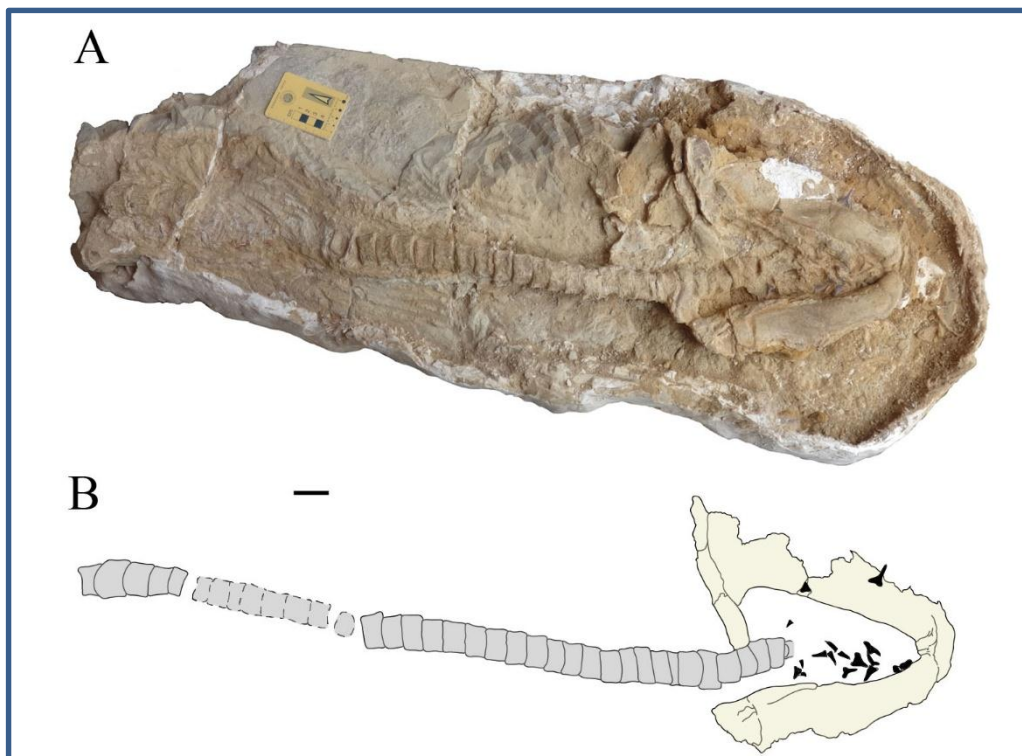


Figura 3. Especimen de *Carcharodon hastalis* (muestra INGEMMET-7899). A) Vista ventral del espécimen durante las primeras fases de la preparación. B) Interpretación del espécimen, en negro se representan los dientes conservados, en amarillo los cartílagos de Meckel y en gris los discos vertebrales. Las líneas punteadas representan los discos vertebrales que están parcialmente cubiertos por sedimento. La escala representa 4 cm.

CONCLUSIONES

Se pone en evidencia el primer registro de un espécimen juvenil de *Carcharodon hastalis*. Aunque la especie es muy conocida por varios dientes en diferentes niveles de la Formación Pisco, especímenes articulados son muy raros, en la actualidad se cuenta con algunos set naturales de individuos adultos que no conservan cartílagos de Meckel o palatocuadrados. Los especímenes juveniles de esta especie

no se conocen bien, por lo que resulta muy importante su estudio para definir las variaciones morfológicas de los dientes durante el desarrollo ontogenético y aclarar la relación con otras especies como *C. plicatilis*, lo que amerita un posterior estudio detallado al respecto. La asociación directa de individuos con su contenido estomacal es rara, sin embargo la preservación excepcional en la Formación Pisco favorece este tipo de eventos como en *Messapicetus longirostris* (Lambert et al., 2015) y un nuevo Cetotheridae (Collareta et al., 2015). Si nuestra inferencia es correcta y la presencia de restos de *Sardinops* sp., en la región abdominal de CPI-7899 son parte de su contenido estomacal, constituye la primera documentación directa de este tipo de evento trófico. Sin embargo, análisis de microscopía electrónica sobre los restos de *Sardinops* sp., serán necesarios para confirmar la hipótesis. La información de *C. hastalis* se incluye en el catálogo virtual de fósiles del INGEMMET. (<http://intranet2.ingemmet.gob.pe:85/fosilcgp Peru/inicio.aspx>). El trabajo es una contribución al Programa de Paleontología de la Dirección de Geología Regional del INGEMMET.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación de los colegas del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el mismo que se da en el marco del convenio con el INGEMMET.

REFERENCIAS

- Altamirano-Sierra, A. (2012). Towards a review of sharks (Chondrichthyes: Selachii) of Peru: Past and present. En: III Encuentro Colombiano sobre Condrictios, Santa Marta, Colombia.
- Altamirano-Sierra, A., (2013). Las aves del Cenozoico de Perú. En: I Simposio Internacional Paleontología del Perú, Lima. Pp. 58-63.
- Bianucci, G., Lambert, O., & Post, K. (2010). High concentration of long-snouted beaked whales (genus *Messapicetus*) from the Miocene of Peru. *Palaeontology* 53, 1077–1098.
- Bianucci, G., Urbina, M., & Lambert, O. (2014). A new record of *Notocetus vanbenedeni* (Squalodelphinidae, Odontoceti, Cetacea) from the Early Miocene of Peru. *Comptes Rendus Palevol* 14, 5–13
- Bianucci, G., Di Celma, C., Landini, W., Post, K., Tinelli, C., Muizon, C. de, Gariboldi, K., Malinverno, E., Cantalamessa, G., Gioncada, A., Collareta, A., Salas-Gismondi, R., Varas-Malca, R., Urbina, M., & Lambert, O. (2015). Distribution of fossil marine vertebrates in Cerro Colorado, the type locality of the giant raptorial sperm whale *Livyatan melvillei* (Miocene, Pisco Formation, Peru). *Journal of Maps*, 12(3): 543-557..
- Bianucci G., Di Celma C., Collareta A., Landini W., Post K., Tinelli C., de Muizon C., Bosio G., Gariboldi K., Gioncada A., Malinverno E., Cantalamessa G., Altamirano-Sierra A., Salas-Gismondi R., Urbina M., Lambert O. (2016). Fossil marine vertebrates of Cerro Los Quesos: distribution of cetaceans, seals, crocodiles, seabirds, sharks, and bony fish in a late Miocene locality of the Pisco Basin, Peru. *Journal of Maps*. doi: 10.1080/17445647.2015.1115785.
- Collareta A., Landini W., Lambert O., Post K., Tinelli C., Di Celma C., Panetta D., Tripodi M., Salvadori P.A., Caramella D., Marchi D., Urbina M., Bianucci G. (2015). Piscivory in a Miocene Cetotheriidae of Peru: first record of fossilized stomach content for an extinct baleen-bearing whale. *The Science of Nature*, 102, 70, 1-12
- Clarke, J., Ksepka, D., Salas Gismondi, R., Altamirano, A., Shawkey, M., D'Alba, L., Vinther, J., DeVries, T., & Baby, P., (2010). Fossil Evidence for Evolution of the Shape and Color of Penguin Feathers: *Science*, 954-957.
- Ehret, D., Hubbell, G., & Macfadden, B. (2009). Exceptional Preservation of the White Shark *Carcharodon* (Lamniformes, Lamnidae) from the early Pliocene of Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology* 29(1):1–13.
- Ehret, D., Macfadden, B., Jones, D., DeVries, T., Foster, D. & Salas-Gismondi, R. (2012). Origin of the white shark *Carcharodon* (Lamniformes: Lamnidae) based on recalibration of the Upper Neogene Pisco formation of Peru. *Palaeontology* 55(6): 1139-1153.
- Lambert, O., Bianucci, G., Post, K., Muizon, C. de, Salas-Gismondi, R., Urbina, M., & Reumer, J. (2010). The giant bite of a new raptorial sperm whale from the Miocene epoch of Peru. *Nature* 466: 105–108.
- Lambert, O., Collareta A., Landini, W., Post, K., Ramassamy, B., Di Celma, C., Urbina, M., & Bianucci, G. (2015). No deep diving: evidence of predation on epipelagic fish for a stem beaked whale from the Late Miocene of Peru. *Proceedings of the Royal Society B* 282 (1815) (published online).
- Muizon, C. & Bellon, H. (1980), L'âge mio-pliocène de la formation Pisco, Pérou: *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, Paris, 290, 1063-1066.
- Muizon, C. & DeVries, T. (1985).- *Geology and paleontology of late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru)*. Sonderdruck aus *Geologische Rundschau*, Vol. 74, 3, p. 547-563.
- Muizon, C. & McDonald, H.G. (1995). An aquatic sloth from the Pliocene of Peru. *Nature* 375:224–227.
- Muizon, C., McDonald, H. G., Salas, R. & Urbina, M. (2004). The youngest species of the aquatic sloth *Thalassocnus*, and a reassessment of the relationships of the nothrothere sloths (Mammalia: Xenarthra). *Journal of Vertebrate Paleontology*. 24:387–397.
- Muizon, C. McDonald, H. G., Salas, R., & Urbina, M. (2003). An early species of the aquatic sloth *Thalassocnus* (Mammalia, Xenarthra) from the late Miocene of Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology* 23:886–894.
- Sebrier, M., Huamán, D., Blanc, J., Macharé, J., Bonnot, D. & Cabrera, J. (1982). Observaciones acerca de la Neotectónica del Perú. Informe Proy. SISRA, CERESIS. Lima, 110 p.
- Stucchi, M., Varas-Malca, R.M., & Urbina-Schmitt, M. (2016). New Miocene sulid birds from Peru and considerations on their Neogene fossil record in the Eastern Pacific Ocean. *Acta Palaeontologica Polonica* 61 (2): 417–427.

Varas-Malca, R. y Valenzuela-Toro, A. 2011. A basal Monachinae seal from the Middle Miocene of the Pisco formation, Peru. *Ameguiniana* 48(4) R126-127.