

Revista peruana de biología 27(2): 261 - 266 (2020)
doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16507>
ISSN-L 1561-0837; eISSN: 1727-9933
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

NOTA CIENTÍFICA

Presentado: 02/08/2019
Aceptado: 10/04/2020
Publicado online: 25/05/2020
Editor:

Autores

Aldo Benites-Palomino*^{1,2}
aldomar1955@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5409-6322>

Mario Urbina¹
mariourbina01@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1898-9051>

Correspondencia

*Corresponding author

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural, Departamento de Paleontología de Vertebrados, Avenida Arenales 1256, Lima 11, Perú
² Center for Tropical Paleocology and Archeology, Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Ancon 0843-03092, Panama.

Citación

Benites-Palomino A, Urbina M. 2020. La hiperdiversificación de Physeteroidea (Cetacea: Mammalia) del Mioceno tardío en el Pacífico Sur, nuevos fósiles del área de Sacaco, Arequipa, Perú. *Revista peruana de biología* 27(2): 261- 266 (Mayo 2020). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16507>

La hiperdiversificación de Physeteroidea (Cetacea: Mammalia) del Mioceno tardío en el Pacífico Sur, nuevos fósiles del área de Sacaco, Arequipa, Perú

Physeteroidea (Cetacea: Mammalia) hyper-diversification from late Miocene of South Pacific, new fossils from the Sacaco area, Arequipa, Peru

Resumen

Los cachalotes (Physeteroidea) son un grupo de cetáceos con una ecología restringida en la actualidad. Las tres especies actuales son el remanente de un grupo que alcanzó su máxima diversificación durante el Mioceno, incluyendo cinco especies simpátricas descritas en la Formación Pisco, Ica-Arequipa, Perú. Entre estas se incluyen formas piscívoras, bénticas, así como carnívoros de tamaño medio e hiper-carnívoros. Se reportan dos dientes aislados provenientes del Mioceno superior de las localidades de Sacaco y Sacaco sur, que corresponden con la morfología típica de Physeteridae. Esta morfología dentaria es similar a la de taxones presentes en el hemisferio norte como *Orycterocetus* o *Aulophyseter* del Mioceno medio. Debido a esto se presume que los restos corresponderían a physeteridos con hábitos piscívoros, que quizás poseyeron un desarrollo incipiente de la capacidad de succión. La presencia de este linaje indicaría que a fines del Mioceno los parientes de los modernos *Physeter* y *Kogia* compartieron el mar peruano con formas extintas, sin solapamiento de nichos debido a la morfología altamente derivada de cada grupo. Este nuevo registro expande la comunidad de cetáceos fósiles de Sacaco, que se vio favorecida por la gran diversidad de ambientes poco profundos que dominaron el litoral peruano hasta el establecimiento final del Sistema Humboldt.

Abstract

Sperm whales (Physeteroidea) are a group of cetaceans with a restricted modern ecology. The three extant species are a remnant of a group that reached its diversity peak during the Miocene, including five already-described species from the Pisco Formation, Ica-Arequipa, Peru. We report two isolated teeth from the upper Miocene localities of Sacaco and Sud-Sacaco, which correspond with the typical morphology of Physeteridae. This morphology is similar to the one present in northern hemisphere taxa as *Orycterocetus* or *Aulophyseter*. Because of this the remains could be related to physeterids with piscivorous habits, so there would not be a niche overlap with other coeval sperm whales. This new registry expands the fossil cetacean community of Sacaco, which was favored by the great diversity of shallow environments that dominated the Peruvian coast until the final establishment of the Humboldt System.

Palabras clave:

Physeteridae; cetáceos; odontocetos; fósiles; Formación Pisco.

Keywords:

Physeteridae; cetaceans; odontocetes; fossils; Pisco Formation.

Journal home page: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial póngase en contacto con: revistaperuana.biologia@unmsm.edu.pe.

Introducción

Los cachalotes (Physeteroidea) son un grupo de cetáceos altamente autopomórficos representados en la actualidad por tres especies, agrupadas en dos clados: Physeteridae con el cachalote *Physeter macrocephalus* como único representante y Kogiidae, incluyendo al cachalote enano *Kogia breviceps* y el cachalote pigmeo *K. sima*. Estos animales se diferencian del resto de cetáceos dentados debido a la presencia de una cuenca supracraneal excavada en la región dorsal del cráneo y una fuerte asimetría de las narinas óseas externas, ambas condiciones derivadas de la hipertrofia del complejo nasal (Huggenberger et al. 2016). Los modernos cachalotes son el último remanente de un grupo que se originó en algún punto del Oligoceno temprano (Mchedlidze 1970) y alcanzó su máxima diversidad durante el Mioceno medio-tardío (Fordyce & Muizon 2001). Esta hiperdiversificación del grupo es atribuida a las condiciones marinas estables que se mantuvieron a lo largo del Óptimo Climático del Mioceno medio-tardío (Marx & Uhen 2010), el cual beneficio no solo a este grupo, sino a otros cetáceos (Marx et al. 2016). Restos fósiles de cachalotes han sido hallados a lo largo de todo el mundo por más de 200 años; sin embargo, el registro fósil se ha limitado a dientes aislados o fragmentos craneales que no poseen caracteres diagnósticos. Esta situación se ha revertido durante los últimos 30 años con la descripción de varias especies en base a restos bien conservados, incluyendo seis especies de la Formación Pisco (Ica-Arequipa, Perú): *Livyatan melvillei* (Lambert et al. 2010), *Acrophyseter deinodon* Lambert et al. 2008, *Acrophyseter robustus* Lambert et al. 2017, *Koristocetus pescei* Collareta et al. 2017, *Scaphokogia cochlearis* Muizon 1988 y *Scaphokogia totajpe* Benites-Palomino et al. 2020.

La Formación Pisco es una unidad geológica que se extiende por más de 300 km entre Ica y el norte de Arequipa (Fig. 1), con zonas que corresponden a transgresiones marinas de hasta 100 km tierra adentro (DeVries 1988). Los sedimentos de dicha formación oscilan entre los 13 y 4 millones de años (Fig. 1 A; DeVries 1998). Debido a la gran cantidad de fósiles conservados y buena preservación es considerada uno de los yacimientos fosilíferos cenozoicos más importantes del planeta (Esperante et al. 2008). A lo largo de sus diversos afloramientos se han encontrado una gran cantidad de vertebrados e invertebrados que incluyen: cetáceos (Lambert & Muizon 2013), pinnípedos (Muizon & DeVries 1985), tiburones (Ehret et al. 2012), aves marinas (Stucchi 2007), cocodrilos (Kraus 1998), peces (Collareta et al. 2015), perezosos nadadores (Muizon et al. 2004) y moluscos (DeVries 1998).

Los análisis filogenéticos sugieren que durante el Mioceno los cachalotes divergieron en tres grandes linajes (Paolucci et al. 2020), que coexistieron hasta inicios del Plioceno. La mayoría de las especies de la Fm. Pisco pertenecen al grupo parafilético de los “cachalotes macroraptoriales” (e.g. *Livyatan melvillei*, *Acrophyseter deinodon*, *A. robustus*) caracterizados por poseer una gran fosa temporal además de dientes funcionales con esmalte en la mandíbula y el maxilar (Lambert et al. 2017). El segundo grupo presente son los Kogiidae, que incluyen a *Scaphokogia cochlearis* y *Koristocetus pescei*; reconocidos por la reducción del complejo nasal, presencia de una cresta facial sagital en la región dorsal del cráneo y su tamaño reducido (Velez-Juarbe et al. 2015, Collareta et al. 2017, Benites-Palomino et al. 2020). Hasta la actualidad no existen registros fósiles en el Perú del tercer grupo de cachalotes: los Physeteridae.

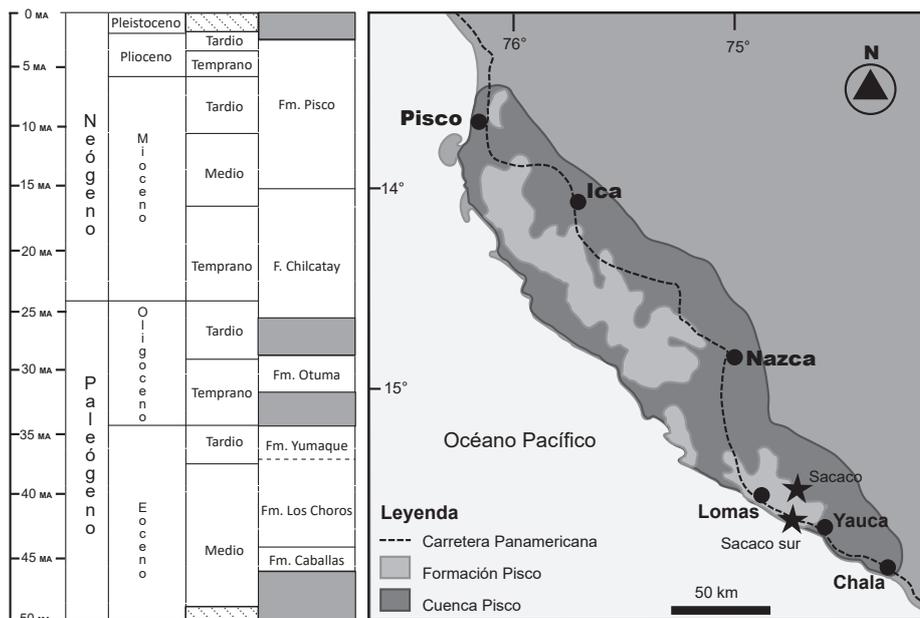


Figura 1. La Cuenca Pisco. Geología de las formaciones geológicas presentes en la Cuenca Pisco (izquierda) modificado de DeVries 1998. Mapa mostrando la extensión de la Formación Pisco dentro de la cuenca del mismo nombre, las estrellas indican las localidades del presente estudio (derecha).

El registro fósil de Physteridae es escaso y se encuentra predominantemente restringido al hemisferio norte; debido a esto, la composición de esta familia ha variado a lo largo de los últimos análisis filogenéticos (Velez-Juarbe et al. 2015, Lambert et al. 2017, Paolucci et al. 2020). Estos animales se distinguen del resto de physteroides debido a que poseen una cuenca supracraneal gigante, dientes reducidos de forma cónica sin esmalte, una fosa temporal reducida y una sínfisis mandibular larga no anquilosada. Aparte del moderno *Physeter macrocephalus*, se conocen en el registro fósil a *Idiophyseter merriami* y *Aulophyseter morricei*, del Mioceno de California. Otros taxones como *Physeterula dubusi*, *Idiophorus patagonicus* y *Orycterocetus crocodilinus* también caen dentro de Physteridae; sin embargo, su posición ha variado siendo reconocidos como un clado aparte o grupos basales a los otros physteroides. Esta variación en su posición filogenética se debe a que muchos de estos taxones se conocen en base a restos craneales fragmentarios, y a la ausencia de formas basales del Mioceno temprano o del Oligoceno tardío. El presente trabajo representa el primer registro de Physteridae para la Formación Pisco, en base a dos dientes aislados provenientes del nivel Sacaco (SAO) del área de Sacaco (Fig. 1 B), Arequipa, Perú.

Material y métodos

Los restos hallados corresponden a dos dientes aislados provienen del área de Sacaco, Arequipa, Perú (Fig. 1). MUSM 2629 fue colectado en 1994 y MUSM 3905 fue colectado en el 2001, ambos por Carlos Martin. Los materiales motivo de estudio se encuentran depositados permanentemente en la colección del Departamento de Paleontología de Vertebrados del Museo de Historia Natural UNMSM.

Abreviaturas institucionales: MUSM: Departamento de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural UNMSM, Lima, Perú.

Sistemática Paleontológica

CETACEA BRISSON, 1762

ODONTOCETI FLOWER, 1867

PAN-PHYSETEROIDEA VELEZ-JUARBE,
WOOD, DE GRACIA Y HENDY, 2015

PHYSETEROIDEA GRAY, 1821

PHYSETERIDAE GILL, 1879

Physteridae indet.

(Figura 2)

Material referido: Horizonte y edad: MUSM 3905 (Fig. 2 A) proviene de la localidad de Sacaco, nivel de vertebrados Sacaco (SAO) con una edad estimada entre 5.75-5.89 Ma. MUSM 2629 (Fig. 2 B) proviene de Sacacosur, nivel de vertebrados Sud-Sacaco (SAS) con una edad estimada entre 5.93-6.59 Ma.

Descripción: Ambos dientes presentan la morfología típica de la familia Physteridae: forma cónica con una

ligera curvatura medial, pérdida de esmalte, una ligera compresión lateromedial y raíz abierta. Dientes con características similares han sido asociados al género *Orycterocetus* del Atlántico norte (Kellogg 1965, Bianucci et al. 2004) o a *Aulophyseter* de California (Kellogg 1927); sin embargo, la morfología dentaria en Physteroides no permite identificación a nivel de género o especie. Es difícil determinar si los dientes pertenecen a individuos adultos debido a que en physteroides la raíz se mantiene abierta después de alcanzada la madurez (Fig. 2A, B), manteniéndose así hasta la senectud, y el patrón de desgaste de la corona puede ser variable en un mismo individuo (Evans et al. 2002). MUSM 3905 (Fig. 2A) alcanza una longitud máxima de 45.8 mm, 15.8 mm de diámetro labiolingual máximo y 17.4 mm de diámetro anteroposterior máximo. MUSM 2629 (Fig. 2B) alcanza una longitud máxima de 82.2 mm, 20.5 mm de diámetro labiolingual máximo y 25.3 mm de diámetro anteroposterior máximo. Este diente presenta una incisión lateral, que lo escinde longitudinalmente, revelando las capas estructurales de dentina con líneas de crecimiento, daño que podría haberse debido al uso del diente como en physteroides raptoriales (Lambert & Bianucci 2019), o a causas tafonómicas post mortem. Estas líneas de crecimiento se acumulan a manera de bisectriz, entre el ángulo formado por el eje longitudinal del diente y el plano horizontal del cráneo, condición también observada en el moderno *Physeter* (Ohsumi et al. 1963).

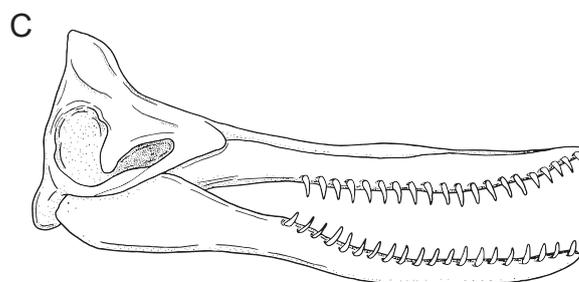
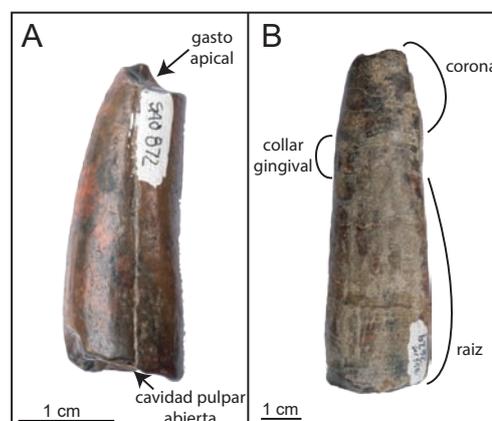


Figura 2. Physteridae indet. SAO 872 (A) y MUSM 2629 (B), dientes en vista bucal, mostrando la ausencia de esmalte y desgaste apical. Reconstrucción del Physteridae *Orycterocetus crocodilinus*, cercano a la forma presente en Sacaco.

Discusión

Los registros de Physeteridae han estado predominantemente restringidos al hemisferio norte. Numerosos especímenes de *Aulophyseter* han sido colectados en la Formación Temblor de California (Mioceno medio 16-13 Ma.). Este también es el caso del genero *Orycterocetus*, con una alta cantidad de individuos encontrados en la Formación Calvert entre Maryland y Virginia. Ambas especies presentan un rostro largo y dientes cónicos afinados en el maxilar y la mandíbula, y evidencian una ligera variación intraespecífica. *Idiophyseter merriami* es otro physetérido poco conocido de California, cuyo rostro no se preservó. En base a la forma del premaxilar y el maxilar en la base del rostro, esta especie es reconstruida con el rostro corto, evidenciado que existieron morfologías de rostro corto, fuera de las típicas morfologías longirostras (Kellogg 1925). En Europa, se conoce a *Physeterula dubusi* descrito en base a fragmentos craneales del Mioceno superior (Lambert 2008). A diferencia de otros physetéridos, *Physeterula* posee una cuenca supracraneal moderadamente reducida y retiene dientes funcionales en el maxilar; sin embargo, estos dientes tampoco poseen esmalte y presentan el perfil cónico de *Aulophyseter*, *Orycterocetus* y los dientes reportados en este trabajo. Los pocos registros atribuibles a physetéridos en el hemisferio sur incluyen a Chile (Pyenson et al. 2014), Argentina (Pérez et al. 2011) y Micronesia (Fitzgerald 2011); sin embargo, estos registros corresponderían al grupo parafilético de los cachalotes macroraptoriales por la presencia de esmalte y el perfil engrosado del diente. La única especie de physetérido descrita en Sudamérica es *Idiophyseter patagonicus*, del Mioceno inferior de Argentina, conocido por un cráneo parcial con mandíbula. A diferencia del resto de physetéridos esta especie retiene una pequeña lamina de esmalte en la corona (Lambert 2008), debido a esto los análisis filogenéticos la recuperan como miembro basal de la familia (Paolucci et al. 2020).

En el área de Sacaco, se habían atribuido anteriormente restos fragmentarios a la familia Physeteridae (Muizon & DeVries 1985, Muizon 1988). Sin embargo, dichos restos correspondían a fragmentos rostrales, mandíbulas y dientes aislados que no poseían ninguna de las sinapomorfias propias de la familia. Estos restos actualmente son referidos como Physeteroidea indet., debido a que los dientes poseían una corona con presencia de esmalte y a que los fragmentos mandibulares y rostrales retenían dientes funcionales bastante desarrollados. Contrariamente, los modernos *Physeter macrocephalus* basan su dieta en la captura de calamares por succión a grandes profundidades (Evans & Hindell 2004), debido a esto carecen de dientes funcionales en el maxilar. Los dientes mandibulares en *Physeter* carecen de función activa en la alimentación, e incluso en situaciones en que la mandíbula se encuentra dañada o deformada estos animales pueden alimentarse sin problemas (Spaul 1964). Adicionalmente, en *Physeter* la erupción de dientes ocurre a distintas edades y es parte de un marcado sistema de dimorfismo sexual: incluyendo casos en que los dientes pueden erupcionar muy tardíamente en las hembras (Whitehead 2009).

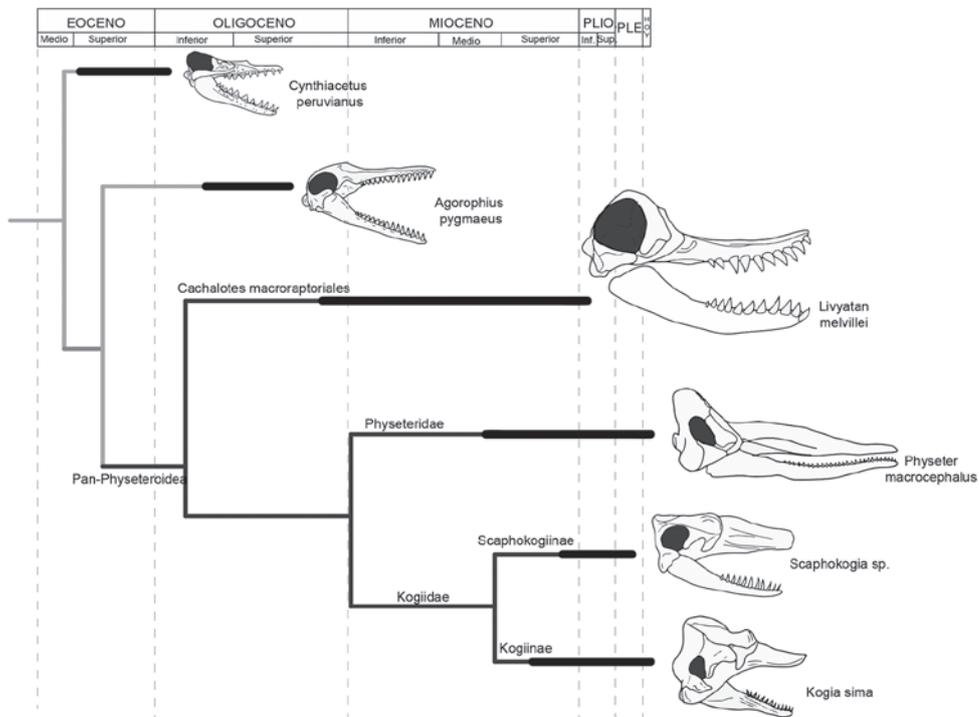


Figura 3. Árbol filogenético calibrado en el tiempo modificado de Lambert et al. (2017) mostrando las relaciones existentes entre los grupos de Physeteroidea, todos presentes en la Fm. Pisco. Las barras negras indican el rango temporal de los grupos y las reconstrucciones craneales (derecha) resaltan la variación de la fosa temporal entre las distintas morfologías.

La retención de dientes funcionales de tamaño reducido en el maxilar y la mandíbula podría indicar una mayor capacidad raptora relacionada con una dieta piscívora (Lambert 2008, Lambert et al. 2014), en especies como *Orycterocetus* o *Aulophyseter*. En estos animales los dientes poseen una forma cónica-afinada con una ligera curvatura medial, muy similar a la reportada en este trabajo.

Durante el Mioceno tardío los ambientes de baja profundidad (e.g. bahías, archipiélagos, puntas y lagunas marinas) del antiguo litoral peruano creaban una serie de ambientes protegidos idóneos para el desarrollo de la fauna marina (Marocco & Muizon 1988). La presencia de physeteroideos en la Formación Pisco es conocida desde los trabajos pioneros de Muizon y DeVries (1985).

Se han descrito hasta la fecha cuatro especies de cachalotes provenientes del área de Sacaco, fuera de otras especies presentes en la región norte (Ocucaje) de la Formación Pisco: *Koristocetus pescei*, *Scaphokogia cochlearis*, *Scaphokogia totajpe* y *Acrophyseter deinodon* (Benites-Palomino et al. 2020). La morfología craneana de estas especies indica que los nichos ecológicos no se superponían (Fig. 3), ocupando los cachalotes hipercarnívoros el pico de la cadena trófica (Lambert et al. 2014) y los kógidos restringidos a la succión (Collareta et al. 2017). Este nuevo registro de Physeteridae para el área indicaría que también existían cachalotes piscívoros en el área, que no competían con otras especies contemporáneas. La adición de estos nuevos restos al contexto de cetáceos de Sacaco indicaría que el área en el pasado era una región idónea para el desarrollo de estos animales, como anteriormente se había propuesto (Lambert & Muizon 2013).

Literatura citada

- Benites-Palomino A, Vélez-Juarbe J, Salas-Gismondi R, Urbina M. 2020. *Scaphokogia totajpe*, sp. nov., a new bulky-faced pygmy sperm whale (Kogiidae) from the late Miocene of Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology* 0(0):e1728538. <https://doi.org/10.1080/02724634.2019.1728538>.
- Bianucci G, Landini W, Varola A. 2004. First discovery of the Miocene northern Atlantic sperm whale *Orycterocetus* in the Mediterranean. *Geobios* 37: 569–573. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2003.05.004>
- Collareta A, Lambert O, de Muizon C, Urbina M, Bianucci G. 2017. *Koristocetus pescei* gen. et sp. nov., a diminutive sperm whale (Cetacea: Odontoceti: Kogiidae) from the late Miocene of Peru. *Fossil Record* 20: 259–278. <https://doi.org/10.5194/fr-20-259-2017>
- Collareta A, Landini W, Lambert O, Post K, Tinelli C, Di Celma C, Panetta D, Tripodi M, Salvadori PA, Caramella D, et al. 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(11):70. <https://doi.org/10.1007/s00114-015-1319-y>.
- DeVries TJ. 1988. The geology of late Cenozoic marine terraces (tablazos) in northwestern Peru. *Journal of South American Earth Sciences* 1: 121–136. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(88\)90030-2](https://doi.org/10.1016/0895-9811(88)90030-2)
- DeVries TJ. 1998. Oligocene deposition and Cenozoic sequence boundaries in the Pisco Basin (Peru). *Journal of South American Earth Sciences* 11: 217–231. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(98\)00014-5](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(98)00014-5)
- Ehret DJ, Macfadden BJ, Jones DS, DeVries TJ, Foster DA, 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: 1139–1153. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2012.01201.x>
- Esperante R, Brand LR, Nick KE, Poma O, Urbina M. 2008. Exceptional occurrence of fossil baleen in shallow marine sediments of the Neogene Pisco Formation, Southern Peru. *Palaeogeogr. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 257: 344–360. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.11.001>
- Evans K, Hindell MA. 2004. The diet of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in southern Australian waters. *ICES Journal of Marine Science* 61: 1313–1329. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.07.026>
- Evans K, Hindell MA, Robertson K, Lockyer C, Rice D. 2002. Factors affecting the precision of age determination of sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *Journal of Cetacean Research and Management* 4(2):193–202
- Fitzgerald EMG. 2011. A fossil sperm whale (Cetacea, Physeteroidea) from the Pleistocene of Nauru, equatorial southwest Pacific. *Journal of Vertebrate Paleontology* 31: 929–931. <https://doi.org/10.1080/02724634.2011.579670>
- Fordyce RE, de Muizon C. 2001. Evolutionary history of whales: a review, p. 169–234. In Mazin J-M, de Buffrénil V (eds.): *Secondary adaptation of tetrapods to life in water: Proceedings of the International Mexico, Poitiers, 1996*. Verlag Friedrich Pfeil, Munich, 364 pp.
- Huggenberger S, André M, Oelschläger HHA. 2016. The nose of the sperm whale: Overviews of functional design, structural homologies and evolution. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96: 783–806. <https://doi.org/10.1017/S0025315414001118>
- Kellogg AR. 1925. Two fossil physeteroid whales from California. *Contributions to Paleontology Carnegie Institution of Washington Publ.* 348: 1–34.
- Kellogg R. 1927. Study of the skull of a fossil sperm-whale from the Temblor Miocene of southern California. *Contributions to Paleontology from the Carnegie Institution of Washington* 346: 3–24.
- Kellogg R. 1965. The Miocene Calvert sperm whale *Orycterocetus*. *Bulletin of the United States National Museum*. 247(2)47-63, 32 plates. 1966. 17.
- Kraus R. 1998. The cranium of *Piscogavialis jugaliperforatus* n.gen., n.sp. (Gavialidae, Crocodylia) from the Miocene of Peru. *Paläontologische Zeitschrift* 72: 389–406.
- Lambert O. 2008. Sperm whales from the Miocene of the North Sea: A re-appraisal. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre* 78: 277–316.
- Lambert O, Bianucci G. 2019. How to break a sperm whale's teeth: dental damage in a large Miocene physeteroid from the North Sea Basin. *Journal of Vertebrate Paleontology* 39. <https://doi.org/10.1080/02724634.2019.1660987>

- Lambert O, Bianucci G, Beatty BL. 2014. Bony outgrowths on the jaws of an extinct sperm whale support macroraptorial feeding in several stem physeteroids. *Naturwissenschaften* 101: 517–521. <https://doi.org/10.1007/s00114-014-1182-2>
- Lambert O, Bianucci G, de Muizon C. 2008. A new stem-sperm whale (Cetacea, Odontoceti, Physeteroidea) from the Latest Miocene of Peru. *Comptes Rendus - Palevol* 7: 361–369. <https://doi.org/10.1016/j.crvp.2008.06.002>
- Lambert O, Bianucci G, de Muizon C. 2017. Macroraptorial sperm whales (cetacea, odontoceti, physeteroidea) from the miocene of peru. *Zoological Journal of the Linnean Society* 179: 404–474. <https://doi.org/10.1111/zoj.12456>
- Lambert O, Bianucci G, Post K, de Muizon C, 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. <https://doi.org/10.1038/nature09067>
- Lambert O, de Muizon C. 2013. A new long-snouted species of the Miocene pontoporiid dolphin *Brachydelphis* and a review of the Mio-Pliocene marine mammal levels in the Sacaco Basin, Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology* 33:709–721. <https://doi.org/10.1080/02724634.2013.743405>
- Marocco R, de Muizon C. 1988. Los vertebrados del Neogeno de la costa sur del Perú: ambiente sedimentario y condiciones de fosilización. *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 17: 105–117.
- Marx FG, Lambert O, Uhen MD. 2016. *Cetacean Paleobiology. Topics in Paleobiology*, no. 1, 1 edn, Wiley-Blackwell, West Sussex UK. 336 Pages.
- Marx FG, Uhen MD. 2010. Climate, Critters, and Cetaceans: Cenozoic Drivers of the Evolution of Modern Whales. *Science*. 327(5968):993–996. <https://doi.org/10.1126/science.1185581>.
- Mchedlidze GA. 1970. Some general features of the evolution of cetaceans, part 1. *Akad. Nauk Gruz. SSR, Inst. Paleobiol. Tbilisi* 1: 1–111.
- Muizon C. de, 1988. Les vertébrés fossiles de la Formation Pisco (Perou). Troisième partie: les odontocètes (Cetacea, Mammalia) du Miocène. *Éditions Rech. sur les Civilisations* 78: 1.
- Muizon C. de, DeVries TJ. 1985. Geology and paleontology of late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). *Geologische Rundschau* 74: 547–563. <https://doi.org/10.1007/BF01821211>
- Muizon C. de, McDonald HG, Salas-Gismondi R, Urbina M. 2004. The evolution of feeding adaptations of the aquatic sloth *Thalassocnus*. *Journal of Vertebrate Paleontology* 24: 398–410. <https://doi.org/10.1671/2429b>
- Ohsumi S, Kasuya T, Nishiwaki M. 1963. Accumulation rate of dental growth layers in the maxillary tooth of the sperm whale. *Scientific Reports of the Whales Research Institute* 17: 15–35.
- Paolucci F, Buono MR, Fernández MS, Marx FG, Cuitiño JI. 2020. *Diaphorocetus poucheti* (Cetacea, Odontoceti, Physeteroidea) from Patagonia, Argentina: one of the earliest sperm whales. *Journal of Systematic Palaeontology* 18: 335–355. <https://doi.org/10.1080/14772019.2019.1605544>
- Pérez LM, Cione AL, Cozzuol M, Varela AN. 2011. A sperm whale (cetacea: Physeteroidea) from the parana formation (late miocene) of entre rios, argentina. *environment and taphonomy. Ameghiniana* 48: 648–654. [https://doi.org/10.5710/AMGH.v48i3\(425\)](https://doi.org/10.5710/AMGH.v48i3(425))
- Pyenson ND, Gutstein CS, Parham JF, Le Roux JP, Chavarría CC, Little H, Metallo A, Rossi V, Valenzuela-Toro AM, Velez-Juarbe J, et al. 2014. Repeated mass strandings of Miocene marine mammals from Atacama Region of Chile point to sudden death at sea. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 281(1781):20133316. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3316>.
- Spaul EA. 1964. Deformity in the Lower Jaw of the Sperm Whale (*Physeter catodon*). *Proceedings of the Zoological Society of London* 142: 391–395. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1964.tb04505.x>
- Stucchi M. 2007. Los pingüinos de la formación pisco (Neógeno), Perú, p. 367–373. In E. Díaz-Martínez & I. Rábano (eds.). *European Meeting on the Paleontology and Stratigraphy of Latin America*, No. 4. Cuadernos del Museo Geominero 8: 367–373. Tres Cantos, Madrid.
- Velez-Juarbe J, Wood AR, De Gracia C, Hendy AJW. 2015. Evolutionary patterns among living and fossil kogiid sperm whales: Evidence from the neogene of Central America. *PLoS One* 10: 1–29. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123909>
- Whitehead H. 2009. Sperm Whale, *Physeter macrocephalus*. in W. Perrin, B. Würsig & J.G.M. Thewissen (Editors). 2009. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Elsevier: San Francisco. p. 1091–1097.
- Whitehead H. 2018. Sperm Whale: *Physeter macrocephalus*. In: Würsig B, Thewissen JGM, Kovacs KM, editors. *Encyclopedia of Marine Mammals (Third Edition)*. Academic Press. p. 919–925.

Agradecimientos / Acknowledgments:

Los autores extienden su agradecimiento al Dr. Rodolfo Salas-Gismondi (MUSM), Dr. Christian de Muizon (MNHN), Dr. Jorge Velez-Juarbe (LACM) por permitir el acceso a los especímenes de las colecciones bajo su cuidado. Este trabajo fue parcialmente financiado por el Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) como parte del internado de A.B-P. bajo la tutela del Dr. Carlos Jaramillo.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

ABP: Realizo el diseño experimental, redacción, interpretación de resultados y corrección; MU: realizo ensayos experimentales, colecto datos y colaboro con la redaccion del manuscrito.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Smithsonian Tropical Research Institute (STRI).

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos. Las muestras se encuentran alojadas a la actualidad en el Museo de Historia Natural-UNMSM.