

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



**EOMYSTICETIDAE Y PELOCETIDAE (CETACEA:
MISTICETI), NUEVOS REGISTROS EN LA FAUNA LA
MISIÓN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

IYARI JANETHZY ESPINOZA RODRÍGUEZ.

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. AGOSTO 2012.

Resumen

Los fósiles de misticetos se encuentran dispersos alrededor del mundo, especialmente en latitudes medias y altas. En La Mesa La Misión se han encontrado fósiles de ballenas barbadas, dicha región es una zona fosilífera ubicada al Norte de la Península de Baja California de edad Mioceno Medio (16-14 Millones de años) y con importancia a nivel mundial. En el presente trabajo se describieron, compararon y analizaron las características morfológicas de cuatro especímenes de misticetos barbados, extraídos de la Fauna Local La Misión y resguardados en la Colección Paleontológica del estado de Baja California. Con los resultados se realizó un análisis de máxima parsimonia para posicionar sistemáticamente a los especímenes. Los resultados obtenidos de tres especímenes sugieren la presencia de dos nuevas familias en la Fauna Local La Misión: Palocetidae y Eomysticetidae. Sin embargo, el espécimen UABC-FCMM 3374 no se logró posicionar a nivel familia debido a la mala preservación de sus restos. El espécimen UABC-FCMM 3373 comparte características con la familia Pelocetidae sugiriendo la inclusión de un nuevo género y una nueva especie; el análisis filogenético del espécimen así como el grado de telescopización del cráneo y características del periótico, muestran caracteres primitivos comparados con la familia Balaenopteridae pero derivados comparados con la familia Cetotheriidae, lo que lo posiciona muy cerca de la base del clado que dio origen a los misticetos actuales. Los misticetos con los que comparte caracteres son más abundantes durante el Óptimo Climático del Mioceno Medio. En la familia Eomysticetidae, se posicionó a los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 debido a la semejanza de los caracteres mandibulares, y se sugiere la inclusión de dos nuevas especies dentro de la familia, las cuales ampliaron el intervalo estratigráfico de la familia del Oligoceno Temprano al Mioceno Medio, siendo éste el primer reporte para la familia en ésta edad.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

EOMYSTICETIDAE Y PELOCETIDAE (CETACEA: MISTICETI):
NUEVOS REGISTROS EN LA FAUNA LA MISIÓN, BAJA
CALIFORNIA, MÉXICO

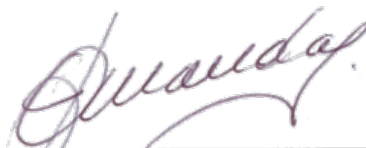
TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

IYARI JANETHZY ESPINOZA RODRÍGUEZ

Aprobada por:



Dr. Francisco Javier Aranda Manteca



Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte



Dr. Juan Gabriel Flores Trujillo

Agradecimientos

- ❖ A mi familia, mamás, papá, hermana y sobrinos que aunque aún no entienden mi gusto por la biología y ahora mi maestría siempre me han apoyado en mis decisiones, por Ésto GRACIAS.
- ❖ A Daniel por su amor y apoyo en estos largos años; por ayudarme en las revisiones de algunos de mis trabajos finales y parte de mi tesis.
- ❖ Al Dr. Pancho Aranda por haber confiado en mí, por ser mi guía y ponerme a prueba una y mil veces, sin esto no hubiera sido posible la conclusión de éste trabajo.
- ❖ A mi comité de tesis por formar parte de él y por realizar las revisiones y correcciones necesarias para que resultara un buen trabajo.
- ❖ A mis profesores de la Facultad de Ciencias Marinas y al Instituto de Investigaciones Oceanográficas que me brindaron parte de sus conocimientos los cuales me sirvieron de apoyo en el trabajo de tesis.
- ❖ A la National Geographic Society por el financiamiento al proyecto NGS-5848-97, *Middle Miocene Cetacea of La Mision, Baja California, México*, en el que se recolectó gran parte del material aquí reportado.
- ❖ Al CONACyt por otorgarme la beca que me permitió realizar mis estudios en esta universidad.
- ❖ A la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California por otorgarme la beca de pago de escolaridad.
- ❖ A Angélica, secretaria de posgrado por su apoyo, ayuda y comprensión en muchos de los trámites para la titulación.

- ❖ Al “Chepo” por enseñar algunas técnicas de replicado de material fósil, por su apoyo y comprensión y sobre todo por venir y hacer más amenos los días en el laboratorio.
- ❖ A Eduardo Morales por ayudarme en problemas técnicos y aconsejarme en la elaboración de las imágenes de mi tesis.
- ❖ A todos mis amigos y compañeros de vida que han compartido parte de su tiempo conmigo.
- ❖ A mí por no dejarme vencer y ser persistente, por seguir adelante con todos estos sueños, por levantarme el ánimo y sobre todo por confiar en mí misma.
- ❖ A la vida y todos sus continuos cambios, ya que sin ellos no sería posible todo lo que somos ahora.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	5
Los primeros cetáceos	5
Los misticetos	7
Misticetos dentados	7
Misticetos barbados	14
Misticetos barbados de la cuenca del Pacífico Norte	26
HIPÓTESIS	32
OBJETIVOS	32
ÁREA DE COLECTA	34
METODOLOGÍA	38
Restauración	39
Descripción morfológica	40
Comparación y ubicación taxonómica	40
Material usado para comparación	44
UABC-FCMM 3373	44
UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376	48
Caracteres diagnósticos y análisis	49
RESULTADOS	52
Descripción de los misticetos colectados en la localidad 103, capa G, de la Mesa La Misión.	53
Especimen UABC-FCMM 3373	53
Especimen UABC-FCMM 3374	81

Especimen UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376	88
Análisis filogenético de máxima parsimonia.....	97
DISCUSIÓN	100
Comparaciones.....	103
Comparación del espécimen UABC-FCMM 3373.....	103
Análisis comparativo por regiones craneales.	141
Comparación de los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376.....	147
UABC-FCMM 3375 con UABC-FCMM 3376	147
UABC-FCMM 3375 y UABC FCMM 3376 con otros especímenes	150
Aproximación sistemática	152
Distribución y abundancia de la familia Eomysticetidae	153
Discusión del cladograma	154
Distribución e intervalo estratigráfico de las familias fósiles de ballenas barbadas.....	160
CONCLUSIONES	186
BIBLIOGRAFIA	188
ANEXOS	194

Lista de figuras

- Figura 1.** Paleodiversidad de cetáceos; A, comparación de neocetos; B, Mysticetos; C, Odontocetos; D, diversidad de diatomeas; E, Oxígeno 18 (en Marx *et al.*, 2010).
- Figura 2.** Arqueocetos: cetáceos primitivos. A) Vista lateral de la reconstrucción del cráneo de *Pakicetus inachus*. Tomada de Gingerich *et al.*, 1993 B) Reconstrucción de *Ambulocetus* sobre tierra. C) *Ambulocetus* durante el nado. Tomada de Thewissen *et al.*, 1994. D) Vertebra caudal anterior en vista lateral de *Georgicetus vogtlensis*. Tomada de Uhen, 2008.
- Figura 3.** Vista lateral de *Archaeodelphis patrius*. Na, Nasales; Al, alisfenoides; C, cóndilo; Ex. Oc., Exaoccipital. Fr., Frontal; Mas, Maxila; Pa, Parietal; Pal, palatino; Pmx, Premaxila; Pt, Pterigoides; S. or. Pr., proceso supraorbital del frontal; Sq, escamosal; Zyg., Cigomático (tomada de Kellogg, 1928).
- Figura 4.** Esquema del cráneo de la familia Aetiocetidae, especie *Aetiocetus polydentatus*, A. vista dorsal; B. vista lateral (tomado de Barnes *et al.*, 1994).
- Figura 5.** Cráneo de *Janjucetus hunderi*, vista anterior y ligeramente dorsal (tomada de Fitzgerald, 2006).
- Figura 6.** Primeros esquemas de misticetos, descritos por Cope (1896). A. *Cetotherium*; B. *Cephalotropis*; C, *Metopocetus*.
- Figura 7.** Vista dorsal de los cráneos de las primeras familias de misticetos barbados. A) *Eomysticetidae* (tomado de Sanders y Barnes, 2002); B) *Cetotheriidae sensu lato* (Tomado de Kellogg, 1965); C) *Cetotheriidae sensu stricto* (Tomado de Bouetel y Muizon, 2006). Las imágenes no están a escala.
- Figura 8.** Cladogramas de la filogenia de los misticetos y en especial la de la familia *Cetotheriidae*. A, Kimura y Ozawa, 2002; B, Deméré *et al.*, 2005.
- Figura 8 (cont.).** C, Bouetel y Muizon, 2006; D, Kimura y Hasegawa, 2010 y E. Steeman, 2007.
- Figura 9.** Perióticos de las nuevas familias propuestas por Steeman (2007), A, Familia *Pelocetidae*; B Familia *Aglocetidae*; C, Familia *Diorocetidae*. Tomadas de Steeman, 2010.

Figura 10. Área de colecta. A. Mapa topográfico de la Mision B.C.; B. Mapa Geológico y localidades fosilíferas. Tomado de Sanchez-Gutierrez, 2003.

Figura 11. Esquema del cráneo de un mysticeto. A) Vista dorsal del cráneo de *Piscobalaena nana*; B) Vista ventral de *P. nana*. Línea de escala 20 cm. Tomadas de Bouetel y Muizon, 2006.

Figura 12. Esquema de la mandíbula de un mysticeto de la especie *P. nana*. A) Vista dorsal; B) vista lateral; C) vista medial; D) vista posterior. Imagen tomada de Bouetel y Muizon, 2006.

Figura 13. Esquemas de la bula timpánica (A) y el periótico (B) un mysticeto de la especie *P. nana*; 1 A, Vista ventral; 2 A, Vista medial; 3 A, Vista dorsal; 4 A, Vista posterior. 5 B, vista dorsal; 6 B, vista medial; 7 B, vista ventral. Imágenes tomadas de Bouetel y Muizon, 2006.

Figura 14. Reconstrucción del cráneo en vista dorsal del espécimen UABC-FCMM 3373. apM, proceso ascendente de la maxila; apPmx, proceso ascendente de la premaxila; exo, exoccipital; fm, foramen magnum; Fr, frontal; lc, cresta lambdoidal; M, mandíbula; Mx, Maxila; Na, nasales; occ, cóndilos occipitales; Pa, Parietales; pgp, proceso postglenoides del escamosal; Pmx, premaxila; sgSoc, cresta sagital del supraoccipital; Soc, Escudo supraoccipital; spPa, cresta sagital de los parietales; Sq, escamosal; tf, fosa temporal; Zyp, proceso cigomático del escamosal. Línea de escala 10 cm.

Figura 15. Reconstrucción del cráneo en vista ventral del espécimen UABC-FCMM 3373. Bo, basioccipital; Bop, proceso del basioccipital; ch, coana; EAM, meatus acústico externo; exo, exoccipital; fpo, foramen pseudo-oval; M, mandíbula; Mx, Maxila; occ, cóndilos occipitales; pc, pars coclearis; pgp, proceso postglenoides del escamosal; Pmx, premaxila; tf, fosa temporal; Vo, vómer; Zyp, proceso cigomático del escamosal. Línea de escala 10 cm.

Figura 16. Reconstrucción del cráneo en anterolateral del espécimen UABC-FCMM 3373. apM, proceso ascendente de la maxila; apPm, proceso ascendente de la premaxila; fm, foramen magnum; Fr, frontal; lcSoc, cresta lambdoidal del supraoccipital; lcSq, cresta lambdoidal del escamosal; Na, nasales; occ, cóndilos occipitales; Pa, Parietales; pgp, proceso postglenoides del escamosal; sgSoc, cresta sagital del supraoccipital; Soc, Escudo supraoccipital; spPa, cresta sagital de los parietales; Sq, escamosal; Zyp, proceso cigomático del escamosal. Línea de escala 10 cm.

Figura 17. Reconstrucción del cráneo en vista posterior del espécimen UABC-FCMM 3373. bcf, fisua basicasular; Bop, proceso basioccipital; exo, exaoccipital; fm, foramen magnum; lcSq, cresta lambdoidal del escamosal; Occ, cóndilos occipitales; pgg, proceso postglenoides del escamosal; Soc, supraoccipital; Línea de escala 10 cm.

Figura 18. Reconstrucción de la mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Vista dorsal; B, Vista medial y C, vista lateral. ap, proceso angular; Co, cóndilo mandibular; cp, proceso coronoides; cr, cresta anterior al proceso coronoides; vag, surco vestigial alveolar. Línea de escala 10 cm.

Figura 19. Cortes transversales de la mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Vista dorsal; B, cortes y C, vista medial. ap, proceso angular; Co, cóndilo mandibular; cp, proceso coronoides; mdf, foramen mandibular; vag, surco vestigial alveolar. Línea de escala 10 cm.

Figura 20. Bula timpánica izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, vista ventral; B, vista medial; C, vista dorsal y D, vista posterior. al, labio anterolateral; ca, apófisis cónica; dl, lóbulo dorsal; et, muesca para el tubo de Eustaquio; iv, involucrum; medk, quilla media; mf, surco medio; ppp, pedículo para el proceso posterior; sg, proceso sigmoides; vl, lóbulo ventral. Línea de escala 3 cm.

Figura 21. Periótico izquierdo del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Medial; B, Dorsa; C, ventral y D, lateral. Abreviaciones: aes, surco antero externo; ap, proceso anterior; aplp, proyección lateral del proceso anterior; apmp, proyección medial del proceso anterior; app, pedículo del proceso anterior; ct, crista transversa; ctp, proceso timpanocaudal del periótico; drl, borde dorsolateral; elf, foramen endolinfático; fc, fenestra coclear o fenestra rotunda; fsm, fosa para el músculo estapeidal; fv, fenestra vestibular; gtt, surco para el músculo tensor del tímpano; hfm, fosa para la cabeza del martillo; IAM, Meatus Acustico Interno; npp, cuello del proceso posterior; pc, pars coclearis; plf, foramen endolinfático; pr, promontorium; pyd, proceso piramidal; sff, foramen facial secundario; smf, fosa suprameatal; sq, fosa escamosal; sqf, fosa escamosa; tgt, tegmen timpánico; VII, canal del nervio facial. Línea de escala 3 cm.

Figura 22. Martillo izquierdo del espécimen UABC-FCMM 3373. A Vista dorsal; B, Vista ventral y C, Vista posterior. ah, cabeza articular; al, lamina anterior; ma, manubrio; ped, pedibulo; pm, proceso musculares Línea de escala 2 cm.

Figura 23. Escamosal izquierdo del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Reconstrucción en vista dorsal, B, vista posterior y C, vista ventral. Abreviaciones: bcf, fisura basicapsular; EAM, meatus acústico externo; lcSq, cresta lambdoidal del escamosal; ppg, proceso postglenoide del escamosal; Sq, escamosal; Zyp, proceso cigomático.

Figura 24. Mandíbulas del espécimen UABC-FCMM 3373. 1 Mandíbula izquierda, A, vista dorsal; B, vista medial; C, vista lateral y 2, mandíbula derecha, D, vista dorsal y E, vista ventral. Abreviaciones: cr, cresta anterior al proceso coronoides; mf, forámenes mandibulares; vag, surco vestigial alveolar; ve, borde ventral. Línea de escala 10 cm.

Figura 25. Mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, vista dorsal; B, vista lateral. Abreviaciones: Co, cóndilo mandibular; cp, proceso coronoides; de, borde dorsal; fm, forámenes mandibulares; pcr, cresta posterior al proceso coronoides. Línea de escala 10 cm.

Figura 26. Pedazo de la mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3376. Abreviaciones: cp, proceso coronoides; cr, cresta anterior al proceso coronoides; mdf, foramen mandibular; mdfo, fosa mandibular. Línea de escala 10 cm.

Figura 27. Consenso estricto del análisis de máxima parsimonia, resultante en 12 árboles igualmente parsimoniosos. Números indican el número de nodo.

Figura 28. Bootstrap de regla mayoritaria al 50 %. Los números sobre la base de los nodos indican el porcentaje o grado de congruencia de los árboles más parsimoniosos.

Figura 29. Vista dorsal de los cráneos de *Cetotherium rathkei* (A), *Picobalaena nana* (B) y UABC-FCMM 3373 (C). Líneas de escala, 50 cm, 40 cm y 10 cm respectivamente.

Figura 30. Especímenes similares y referidos al grupo *Isanacetes*-group. A. *Tiphioctes temblorensis*; B. *Parietobalena palmeri* y C, *Pelocetes calvertensis*. Las imágenes no se representan a escala.

Figura 31. Distribución global de la superfamilia Eomysticetoidea. Los círculos en el mapa indican especímenes confirmados para el género y los rectángulos, especímenes con afinidades al género.

Figura 32. Intervalo estratigráfico de la superfamilia Eomysticetoidea. Los números sobre las barras indican el número de especies de la familia (anexo

4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Figura 33. Distribución global de la familia Cetotheriidae.

Figura 34. Intervalo estratigráfico de los géneros más primitivos familia Cetotheriidae. Los números sobre las barras indican el número de especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Figura 35. Intervalo estratigráfico de los géneros más avanzados de la familia Cetotheriidae. Los números sobre las barras indican el número de especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Figura 36. Distribución global de la familia Pelocetidae.

Figura 37. Intervalo estratigráfico de la familia Pelocetidae. Los números sobre las barras indican el número de especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Figura 38. Distribución global de la familia Aglaocetidae

Figura 39. Intervalo estratigráfico de la familia Aglaocetidae. Los números sobre las barras indican el número de especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Figura 41. Distribución global de la familia Diorocetidae

Figura 42. Intervalo estratigráfico de la familia Diorocetidae. Los números sobre las barras indican el número de especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Lista de tablas

Tabla I. Lista de especímenes de la Misión B. C. Los especímenes del 1 al 18 fueron tomados de Gascón-Romero (1997), y del 19 al 25 de Deméré y colaboradores (1984).

Tabla II. Especies y especímenes utilizados en comparación. ~ Especies y especímenes asignados a la familia Cetotheriidae, pero que no se ha comprobado.

1. INTRODUCCIÓN

Los cetáceos, son de los mamíferos marinos más diversos y cosmopolitas, sus hábitats van desde la zona costera hasta la zona oceánica, incluyendo zonas abisales. Una de sus características más importantes, han sido sus grandes transformaciones a la vida acuática (Aguayo y Esquivel-Macías, 1991), en términos de la morfología y la ecología son muy diferentes de cualquier otro mamífero (Steeiman *et al.*, 2009).

Los cetáceos juegan un importante papel en los ecosistemas oceánicos como depredadores y distribuidores de nutrientes (Marx y Uhen, 2010). Su registro fósil se remonta a aproximadamente 53.5 Millones de años (M.a.) (Gingerich *et al.*, 1983; Bajpai y Gingerich, 1998), cuando aparecieron los arqueocetos (Archaeoceti). Posteriormente se desarrollaron los protocetidos (Protocetidae) a partir de mamíferos anfibios hace 40-38 M.a. (Uhen, 2008). Estos últimos ya eran completamente acuáticos, lo que les permitió continuar con su diversificación y conquistar nuevos y variados hábitats. Por otro lado, la aparición de barbas en lugar de dientes hace aproximadamente 30 M.a. representó una de las mayores transiciones en la historia evolutiva de los cetáceos. Ésta adaptación fue una estrategia que les permite filtrar alimento, un método de alimentación muy eficiente, que sirvió como herramienta para explorar nuevos nichos ecológicos (Deméré *et al.*, 2008).

Las barbas son túbulos de queratina organizados en placas cornificadas suspendidas de los tejidos epiteliales del paladar. El origen de las barbas aún está pobremente documentado, pero pudo ser de un antecesor con dientes, el cual pasó luego a un estado intermedio con dientes y barbas funcionales, para posteriormente derivar en una condición de solo barbas (Berta y Demémé, 2008; Fitzgerald, 2006 y Deméré *et al.*, 2008;). Los antecesores de las ballenas con barbas se pudieron ver influenciados por el aumento de las diatomeas (productores primarios) y el cambio global en la temperatura, pues en base a datos de diversidad de cetáceos, se mostró que mucha de la paleodiversidad puede explicarse por la diversidad de diatomeas en conjunto con las variaciones del clima (figura 1; Marx y Uhen, 2010), esto también fue probado por Steeman y colaboradores (2009), pues la reconstrucción de los océanos (directamente relacionado con el cambio de corrientes y clima), está directamente asociada con un incremento en la tasa de diversificación de los cetáceos.

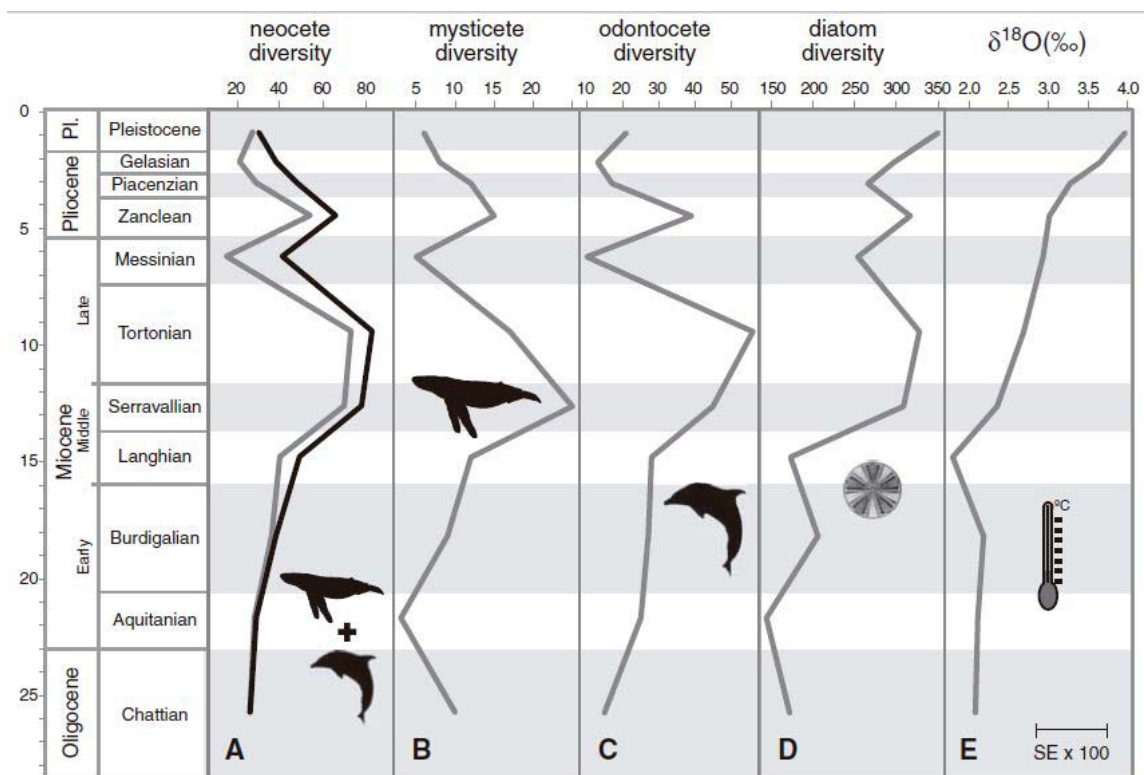


Figura 1. Paleodiversidad de cetáceos; A, comparación de neocetos; B, Mysticetos; C, Odontocetos; D, diversidad de diatomeas; E, Oxígeno 18 (en Marx *et al.*, 2010).

Sin embargo, la historia no está completa, pues muchos taxa cuentan con un registro escaso o fragmentado y la falta de comparación de los especímenes tipo (especímen con el que fue descrita la especie por primera vez), que debido a su tamaño dificulta la comparación directa; el conteo de taxa en un intervalo de tiempo largo; la falta de disposición de rocas con fósiles; la no preservación o destrucción de los fósiles y el lento proceso paleontológico (desde el descubrimiento hasta la publicación); todo esto, puede derivar un sesgo en la diversidad potencial de los cetáceos (Uhen y Pyenson, 2007).

Aunado a todo esto, existen escasas descripciones formales sobre restos fósiles de misticetos; por ejemplo, los trabajos de descripción e identificación de misticetos de La Fauna Local La Misión han reportado especímenes de ballenas de la familia Cetotheriidae (Gascón-Romero, 1994 y 1997); sin embargo, en la mayoría de los casos, no fue posible su identificación a nivel especie, debido a la escases de partes diagnosticas ó a la mala preservación de las mismas. En base a lo anterior, es que se considera relevante continuar con el estudio de los restos de misticetos de La Mesa de La Misión, en la Formación Rosarito Beach para conocer y ampliar el conocimiento sobre la importancia de la zona en la diversidad de ballenas barbadas.

La Mesa de La Misión es una de las zonas fosilíferas más importantes del estado de Baja California, además ha sido posible su correlación a nivel mundial con otras zonas fosilíferas de la misma edad, lo que indica que su importancia no sólo es local, sino también global para el Mioceno Medio. En La Fauna La Misión como se ha denominado, se ha encontrado gran cantidad de fósiles como, tiburones, peces óseos, tortugas, aves y mamíferos. Entre los mamíferos marinos de La Misión, se han reportado, sirenios, y cetáceos odontocetos y misticetos (Aranda-Manteca, 2001).

El presente trabajo, tiene como propósito la descripción de especímenes de cetáceos barbados colectados en depósitos del Mioceno Medio (16 a 14 M.a.), pertenecientes a la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en La Mesa La Misión, Baja California, México.

2. ANTECEDENTES

A lo largo del siglo pasado, se han realizado muchos trabajos referentes a la evolución de los cetáceos, debido principalmente a que su origen y transición de la tierra al mar condujo a varias modificaciones anatómicas y etológicas, las cuales, fueron objeto de estudio de numerosos investigadores. Tal es el caso de los misticetos, los cuales, modificaron gran parte de su cráneo como una estrategia alimenticia. Sin embargo, la filogenia propuesta en distintos trabajos aún es objeto de debate.

Es por ello que se realizó a manera de resumen una recopilación de algunos de los trabajos, en ellos se relata la historia evolutiva de los primeros cetáceos y principalmente de los misticetos, dentro de los misticetos se incluyeron los temas de misticetos dentados, misticetos barbados y dentro de estos últimos aquellos encontrados en la cuenca del Océano Pacífico Norte.

2.1 Los primeros cetáceos

Uno de los primeros cetáceos fue descrito por Gingerich y colaboradores (1983), sobre de un fósil del Eoceno Temprano llamado *Pakicetus inachus*; éste fue encontrado asociado con mamíferos terrestres en sedimentos fluviales de la Formación Kuldana en Chorlakk, Pakistán. Estudios de anatomía craneal,

sugieren que las ballenas del Eoceno Temprano no eran completamente acuáticas, y que los primeros cetáceos como *Pakicetus* y otros géneros, tienen características anatómicas que indican una forma de vida anfibia; aunque las características del cráneo de este organismo es claramente el de un cetáceo primitivo (figura 2 A).

Thewissen y colaboradores (1994) realizaron un estudio acerca del origen de la locomoción acuática en los primeros cetáceos, centrando su estudio en un género conocido como *Ambulocetus* del Eoceno Medio. Su tamaño era similar al de un león marino y su anatomía ósea reveló la presencia de un musculo tensor en su espina dorsal. Las vértebras lumbares indican que se movía en el agua ondulando su columna dorsoventralmente; mientras que las vertebras caudales eran elongadas sugiriendo una cola mucho más larga que la de los cetáceos modernos. Aunque no contaba con una aleta caudal, la muñeca, codo y dedos flexibles sugieren que las extremidades anteriores eran usadas para la dirección durante el nado, como en cetáceos modernos. Entonces, su movimiento en el agua pudo parecerse a una combinación entre las actuales focas, nutrias y cetáceos. Por otro lado, su locomoción en tierra, pudo haber sido de una forma muy similar a leones marinos y focas (figura 2 B y C).

Bajpai y Gingerich (1998), hacen la descripción del cetáceo más viejo conocido: un pakicetido arqueoceto del Eoceno Temprano llamado *Himalayacetus subathuensis*, encontrado en sedimentos marinos asociado a

fauna marina (ostras) dentro de la Formación Sabathu al Norte de la India. Esta especie extiende el registro fósil de los cetáceos hasta 53.5 M.a. Sus características indican que vivía en agua dulce y marina.

Más tarde, Uhen (2008) al realizar un análisis detallado de las vértebras de *Georgiacetus vogtlensis*, del Eoceno Medio, encuentra en este espécimen un tipo de aleta caudal que lo posiciona filogenéticamente cerca de la base del clado que contiene a Basilosauridae y Neoceti (cetáceos avanzados). Sus vértebras caudales presentan un cambio estructural muy avanzado para protocetidos (figura 2 D), pues ninguno de éstos presenta indicios en sus vértebras de una aleta caudal. Debido a estas modificaciones sustanciales este clado es llamado Pelagiceti, pues representa a los primeros cetáceos completamente adaptados a la vida pelágica.

2.2 Los mysticetos

a. Mysticetos dentados

Una de las características más remarcables en los mysticetos, son las modificaciones de mandíbulas y rostro para desarrollar novedosas estrategias de alimentación, lo que a su vez, trajo modificaciones en el cráneo.

Según Kellogg (1928), el cetáceo de la familia Xenorophidae, del Oligoceno tardío, *Archaeodelphis patrius* Allen 1921, tiene características

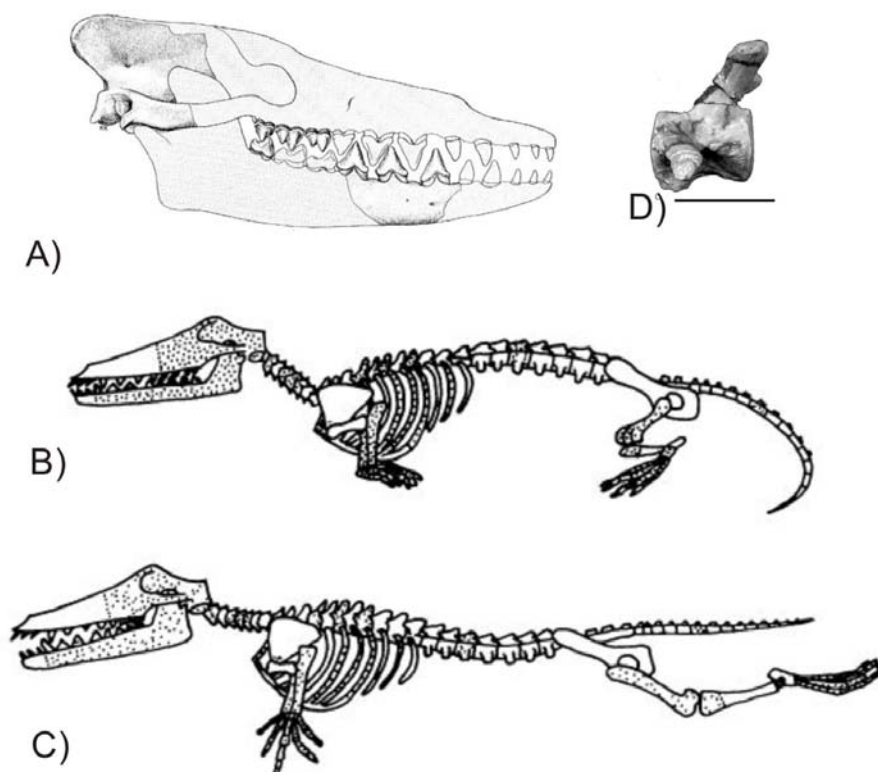


Figura 2. Arqueocetos: cetáceos primitivos. A) Vista lateral de la reconstrucción del cráneo de *Pakicetus inachus*. Tomada de Gingerich *et al.*, 1993 B) Reconstrucción de *Ambulocetus* sobre tierra. C) *Ambulocetus* durante el nado. Tomada de Thewissen *et al.*, 1994. D) Vertebra caudal anterior en vista lateral de *Georgicetus vogtlensis*. Tomada de Uhen, 2008.

craneales primitivas pero similares a las encontradas en cráneos de misticetos primitivos y actuales. Dentro de las características craneales encontradas en *Archaeodelphis* son: órbita grande; nasales aplanados y elongados; extremidad posterior de la premaxila situada casi inmediatamente anterior al proceso supraorbital de los frontales; amplia región intertemporal; maxila con proceso infraorbital y proceso ascendente. La posición de la maxila con respecto al lacrimal, la órbita y el proceso supraorbital del frontal, pueden ser considerados

como un estado primitivo de las condiciones encontradas en misticetos (figura 3). Las observaciones sobre la embriología de misticetos, le mostraron que los precesores de los misticetos fueron ballenas dentadas.

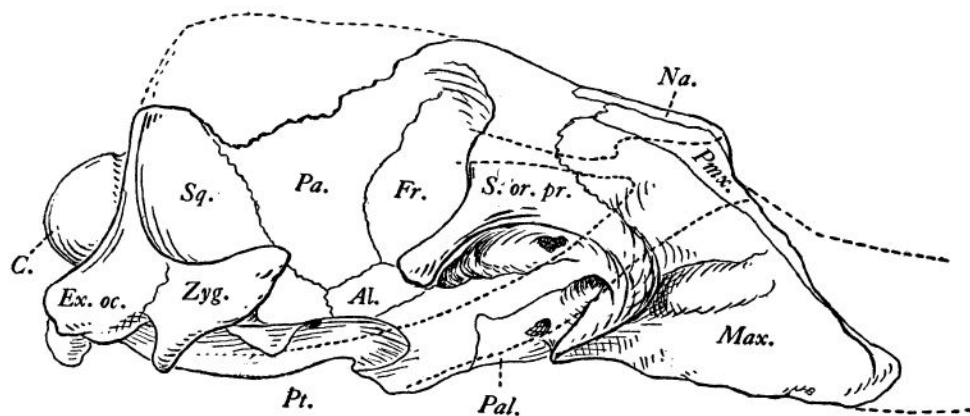


Figura 3. Vista lateral de *Archaeodelphis patrius*. Na, Nasales; Al, alisfenoides; C, cóndilo; Ex. Oc., Exaoccipital. Fr., Frontal; Mas, Maxila; Pa, Parietal; Pal, palatino; Pmx, Premaxila; Pt, Pterigoides; S. or. Pr., proceso supraorbital del frontal; Sq, escamosal; Zyg., Cigomático (tomada de Kellogg, 1928).

Es así que la diversificación y la evolución de los cetáceos actuales se dio a partir de los arqueocetos más avanzados, los Basilosauridae (Luo y Gingerich, 1999), hace a aproximadamente 36 M.a. (Steeman *et al.*, 2009). El proceso de telescopización de los misticetos, se originó por la interdigitación de los elementos rostrales y craneales; es decir; estos huesos se aproximan gradualmente unos a otros sobre el vértice del cráneo, resultando incluso de la exclusión de los frontales y parietales del vértice, además la maxila se extiende posteriormente bajo la órbita para formar una placa o lamina infraorbital (Miller, 1923 en Fordyce y Barnes, 1994; Steeman, 2007 y McLeod, *et al.*, 1993.).

Todas estas modificaciones del cráneo de los misticetos permitieron el desarrollo de la alimentación por filtración apoyada por la presencia de barbas (Barnes, 1997).

Barnes y colaboradores (1994), definen las características que identifican a todos los misticetos, las cuales son: cráneo con elongados huesos nasales; fosas nasales anteriores a los nasales y es continua con el surco mesorostral; maxila con proceso lateral pegado a la superficie anterolateral del proceso preorbital del frontal; lamina infraorbital de la maxila plana; musculo temporal unido a la cresta temporal del proceso supraorbital del frontal; cresta basioccipital con un tubérculo posterior; sinus peribullary limitado al área anterior de la bula timpánica; foramen pseudo-oval perfora al escamosal; mandíbulas unidas anteriormente por un ligamento sínfisis asociado con el surco horizontal (sínfisis mandibular) orientado hacia arriba y hacia el extremo anterior.

También, menciona que la familia Aetiocetidae Emlong 1966, está conformada por pequeños misticetos dentados del Oligoceno Tardío. Y dentro de los especímenes de aetiocetidos descubiertos en el Pacífico Norte, se encuentran los géneros *Chonecetus*, *Aetiocetus*, *Ashorocetus* y *Morawanocetus*; algunas características a nivel familia son: dientes funcionales en paladar y mandíbulas en estados adultos; cráneo con la premaxila elevada a la esquina anterolateral del hueso nasal; parietales expuestos en la región intertemporal; larga fosa escamosal; proceso cigomático del escamosal

elongado y delgado. Sin embargo, aquellas especies con proceso cigomático más largo y arqueado, así como escudo occipital más grande y empujado anteriormente pertenecientes al género *Aetiocetus* (*A. polydentatus*, *A. cotylalveus* y *Aetiocetus weltoni*), son más derivadas que las del género *Chonecetus*, (*C. sookensis* ó *C. goeterdorum*; figura 4).

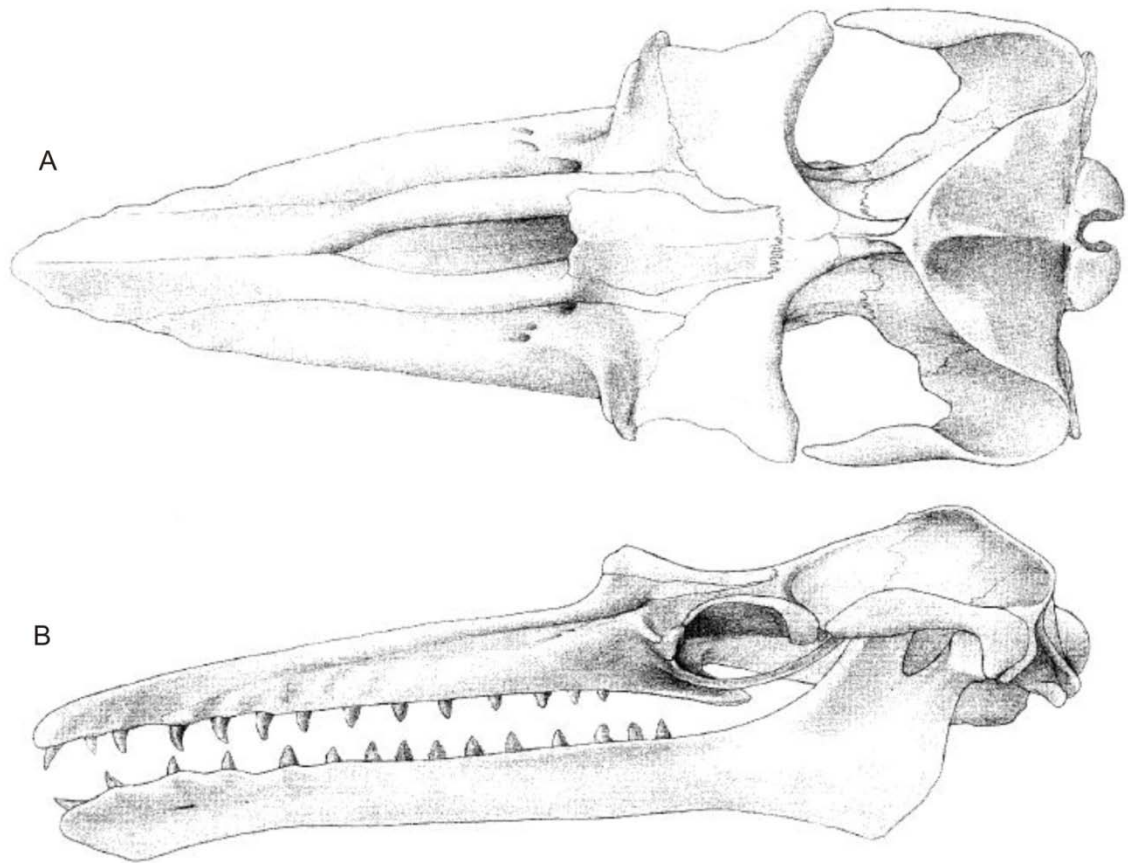


Figura 4. Esquema del cráneo de la familia Aetiocetidae, especie *Aetiocetus polydentatus*, A. vista dorsal; B. vista lateral (tomado de Barnes et al., 1994).

Otra familia de misticetos dentados propuesta por Fitzgerald (2006), es llamada Janjucetidae para el Oligoceno Tardío de Australia y según el autor es el misticeto dentado más primitivo; era un depredador macrófago, que presentaba las siguientes características: premaxila sobre el rostro, pero adyacente y anterior al nivel del segundo premolar ó sobre la parte anterior del rostro sobrepasa claramente la maxila; posición medial del punto más anterior del borde posterior del supraoccipital y el extremo posterior del proceso ascendente de la premaxila en línea con la mitad anterior del proceso supraorbital del frontal. En este trabajo se menciona que los géneros *Janjucetus* y *Mammalodon* fueron misticetos dentados macrófagos, de pequeño tamaño corporal, rostro achatado anteriormente y sínfisis mandibular fibrocartilaginosa. Mientras que los géneros *Chonecetus* y *Aetiocetus* fueron filtradores, que tenían posiblemente dientes y barbas en un rostro aplanado (figura 5).



Figura 5.Cráneo de *Janjucetus hunderi*, vista anterior y ligeramente dorsal (tomada de Fitzgerald, 2006).

Rivin (2010), describe tres especímenes de misticetos dentados de la Laguna Canyon en la Formación Vaqueros en California, del Mioceno Temprano. Uno de los especímenes es muy similar a aquellos de la familia Llanocetidae Mitchel, 1989, cuyo registro era de finales del Eoceno al Oligoceno Tardío. Sin embargo, este nuevo espécimen del Mioceno Temprano amplía su registro geológico. Las características de los miembros de la familia son: dientes heterodontos; rostro plano y cónico; hueso nasales elongados; larga región intertemporal y un largo proceso cigomático. El resto de los especímenes descritos pertenece a la familia Aetiocetidae, del género *Aetiocetus*. Este espécimen tiene características primitivas y derivadas de aetiocetidos. La

familia Aetiocetidae estaba solamente registrada para el Oligoceno y con los resultados de este trabajo se amplía el registro hasta el Mioceno Temprano.

b. Mysticetos barbados.

Unos de los primeros estudios referentes a misticetos fueron hechos por Cope (1895 y 1896). En el primero, Cope clasifica a todos los misticetos dentro de una única familia –Balaenidae- la cual pudo haber sido derivada de Squalodontiade. También, describe siete especies de misticetos que corresponde a los géneros *Siphonocetus*, *Cetotherium* y *Balaenoptera*. En el segundo, describe a las especies *Metopocetus durinasus*, *Cephalotropis coronatus*, *Cetotherium leptocentrum*. Las características encontradas en *Metopocetus* por ejemplo, llevan al autor a ubicarlo entre los géneros *Agorophius*, un arqueoceto zeuglodon y *Cetotherium* un misticeto barbado de la familia Cetotheriidae (figura 6). En estos trabajos, se pueden encontrar algunos representantes de la actual familia Balaenidae, con presencia desde el Mioceno.

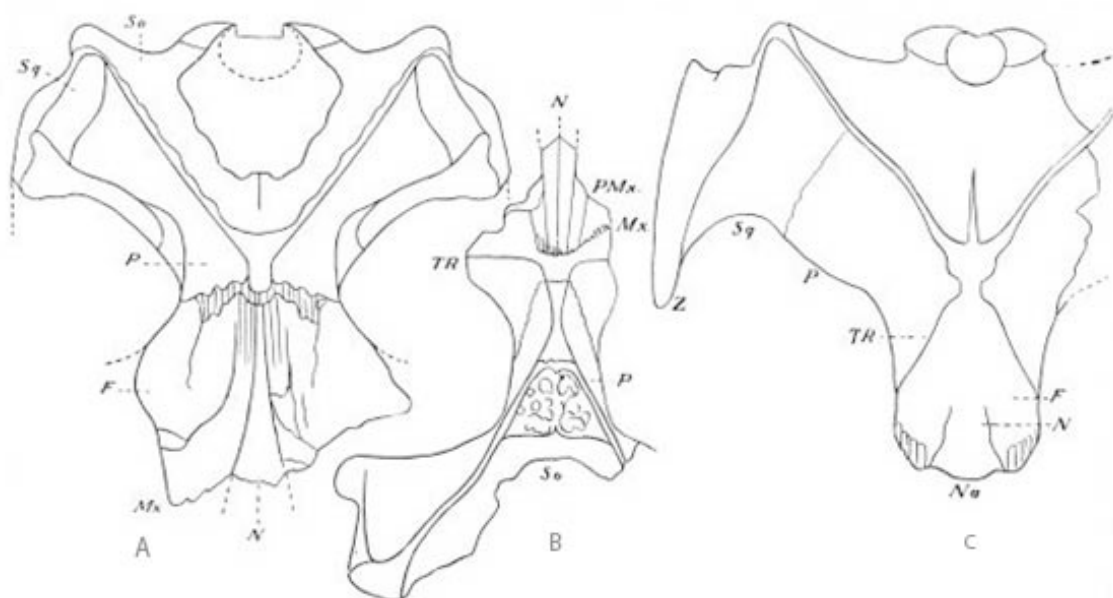


Figura 6. Primeros esquemas de misticetos, descritos por Cope (1896). A. *Cetotherium*; B. *Cephalotropis*; C, *Metopocetus*.

Kellogg (1928), encuentra dos diferentes tipos de cetotherios en función de su cráneo; el primero de ellos es referido a la especie *Cetotheriopsis moreni* (Lydekker, 1894 en Kellogg, 1928) y cuenta con las siguientes características: cráneo extremadamente plano; escudo supraoccipital triangular y se extiende anteriormente más allá del nivel del margen posterior del proceso supraorbital; amplias maxilas; nasales elongados, situados anteriormente al ángulo preorbital del proceso supraorbital. El otro tipo de cetotherios es referido a la especie *Plesiocetus dyticus* Cabrea 1926, el cual se caracteriza por un escudo supraoccipital redondeado con una cresta lambdoidal saliente, éste está distintivamente constreñido cerca del ápice, la caja craneana es estrecha en el base. En este último, el movimiento hacia delante del escudo supraoccipital

empujó también a los parietales, cubriendo el borde posterior de los frontales en la región interorbital; además, las suturas sobre el borde anterior de los frontales indican que los elementos rostrales medios estaban sólo ligeramente interdigitados en el cráneo; en todas éstas características encontró Kellogg que éste cetotherio representa un estado más avanzado en la telescopización del cráneo de los misticetos.

Los trabajos de Kellogg (1924, 1928, 1931, 1965, 1969) y Packard y Kellogg (1934), fueron realizados sobre misticetos del Mioceno Medio clasificados como cetotherios, asociados al segundo grupo de cetotherios (Kellogg, 1928). Para ésta edad se tienen registros de una variedad de géneros como: *Cophocetus*, *Parietobalaena*, *Thiphocetus*, *Peripolocetus*, *Pelocetus*, *Halicetus* y *Tinnocetus*. Todos ellos de tamaño pequeño con características muy similares entre sí y con una distribución cosmopolita (figura 7 B).

Marples (1955), describe dos misticetos del Oligoceno Tardío de Nueva Zelanda. Durante este periodo, menciona el autor que los cráneos de cetotherios sufrieron grandes cambios en el proceso de telescopización, pero desafortunadamente, los restos fósiles son muy escasos. En los especímenes descritos, el escudo supraoccipital no tiene un proceso de telescopización tan avanzado, sin embargo, se puntualiza que no es muy diferente al de algunos cetotherios; pues encuentra que el género *Mauicetus* clasificado en esa fecha como un posible cetotherio, es más primitivo que todos los otros cetotherios conocidos y los asocia con éste género en dos diferentes especies: *Mauicetus*

lophocephalus y *Mauicetus waitakiensis*. En la actualidad, estas dos especies, son incluidas en la familia Eomysticetidae por Steeman, 2007.

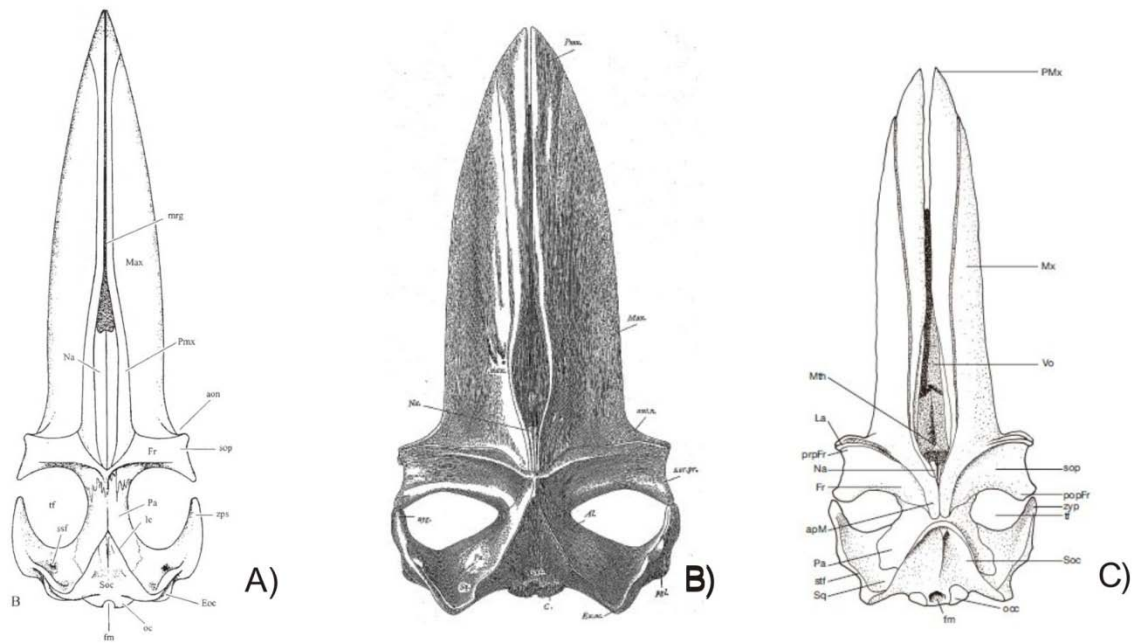


Figura 7. Vista dorsal de los cráneos de las primeras familias de misticetos barbados. A) Eomysticetidae (tomado de Sanders y Barnes, 2002); B) Cetotheriidae *sensu lato* (Tomado de Kellogg, 1965); C) Cetotheriidae *sensu stricto* (Tomado de Bouetel y Muizon, 2006). Las imágenes no están a escala.

Fordyce (1976), estudió el posible efecto que tuvo el desarrollo de la corriente Circum-Antártica sobre la evolución de las ballenas barbadas (misticetos). Encontrado evidencia de la aparición de uno de los primeros misticetos con barbas, *Mauicetus sp*, en sedimentos marinos de Nueva Zelanda. Sugirió que su aparición pudo haber sido estimulada por la alta

productividad (plancton) del área durante el Oligoceno Medio. Ésta productividad puede ser causada por el inicio de la corriente Circum-Antártica. De esta manera, condiciones extremas o cambios en la temperatura, pueden someter a los organismos a innovar nuevas adaptaciones que les permitan resistir cambios, a través de una gran variedad de estrategias (Cockell *et al.*, 2000), pudiendo ser ecológicas, fisiológicas e incluso morfológicas.

Barnes y McLeod, 1984, exponen que los cráneos de la familia Balaenopteridae son similares al segundo grupo de cetoterios de Kellogg (1928). Entre las características que pueden ser incluidas son: el grado de telescopización del escudo occipital y lo aplanado del rostro; pues los balenoptéridos tienen una muy compleja interdigitación de los huesos rostrales y craneales, de tal forma que los parietales y frontales son excluidos del vértice en la región sagital. Steeman (2008), hace una revisión de la clasificación de los misticetos en las cuales se pueden encontrar características de los huesos del oído que diferencien a los balenoptéridos.

En 2002, Sanders y Barnes, describen una nueva familia de misticetos la cual denominaron Eomysticetidae, la cual se diferencia ampliamente de las demás familias de misticetos dentados por no poseer dientes, de manera que es filogenéticamente más primitiva que la familia Cetotheriidae. Esta nueva familia tiene una elongada y estrecha región intertemporal con una cresta sagital sobre el ápice de los frontales; fosa nasal muy cerca de la mitad de la longitud del rostro, con huesos nasales excepcionalmente largos; parietales

expuestos a lo largo de la región intertemporal entre los frontales y el ápice del supraoccipital; cóndilos amplios que no sobresalen posteriormente del cráneo; proceso cigomático del escamosal muy largo; periótico con proceso anterior tipo hoja y transversalmente comprimido; pequeño proceso posterior con faceta bien definida para la articulación de la bula timpánica; otras de las características importantes es que la mandíbula es muy larga y poco convexa (plana), con un proceso coronoides muy desarrollado y en forma de hoja (figura 7 A).

Kimura y Ozawa (2002), describe una nueva especie de cetotherio de la Formación Akeyo de Japón, de principios del Mioceno Tardío. Dicha especie fue la base para describir un nuevo grupo de cetotherios denominado “Isanacetus-group” cuyas características son compartidas por el segundo grupo de Kellogg (1928). De esta manera y apoyado en su análisis filogenético, establece que dentro de la familia Cetotheriidae existen dos grupos, el primero de ellos representado por el género *Cetotherium* y *Mixocetus* (primer grupo de Kellogg, 1928) el cual tiene como característica principal el grado de telescopización de los elementos rostrales en la caja craneana originando un vértice en forma “X” y fue nombrado Cetotheriidae *sensu stricto* (Ray et al., 2008, Kimura y Hasegawa 2010). El segundo (Isanacetus-group) y representado por los géneros *Isanaecetus*, *Aglaocetus*, *Cophocetus*, *Diorocetus*, *Parietobalaena* y *Cophocetus*, los cuales se caracterizan por tener un ligero grado de telescopización de los elementos rostrales, originando un

vértice casi recto transversalmente, además éste segundo grupo, esta mas relacionado con balaenoptéridos y eschrichtidos sin embargo, no se establecen claramente sus relaciones. Debido a la separación de la familia Cetotheriidae en dos grupos se apoya la idea de la parafilia de la familia. (figura 8 A).

Deméré y colaboradores (2005), realizaron un trabajo sobre taxonomía de los balenoptéridos fósiles y modernos. En él posiciona a los cetotherios (ambos grupos) como miembros primitivos de los mysticetos modernos. Sin embargo, en el árbol de consenso estricto (figura 8 B) se encuentran separados los géneros *Cetotherium* y *Mixocetus* de el resto de los cetotherios.

Otro de los trabajos que apoya a los dos grupos de la familia Cetotheriidae es el realizado por Bouetel y Muizon (2006), donde además se acepta la monofilia de los mysticetos, sin embargo, no apoya la monofilia de la familia Cetotheriidae, pues su análisis de máxima parsimonia encuentra que los géneros *Mixocetus*, *Nannocetus*, *Cetotherium*, *Metopocetus*, *Herpetocetus* y *Piscobalaena* con un origen monofiletico, separándolos de en un clado aparte de los géneros *Diorocetus*, *Pelocetus*, *Cophocetus*, *Parietobaleana* y *Aglaoetus* y relacionando a este último con los recientes mysticetos (figura 7 C y 8 C).

En función de todos estos antecedentes, Steeman (2007), hace una revisión de la clasificación de los mysticetos. En ella separa a los mysticetos de acuerdo a la forma de los procesos ascendentes de la maxila y premaxila y los

nasales: aquellas especies con largos procesos rostrales se agrupan a la superfamilia Cetotherioidea y aquellas especies con corto proceso rostral forman el ensamblaje parafiletico del grupo base de los balenoptéridos (superfamilia Balaenopteroidea). Incluye en ésta última a todos los miembros de Isanacetu-group y los clasifica en tres nuevas familias denominadas: Pelocetidae, Algaocetidae y Diorocetidae. El autor se apoya en muy pocos (dos o cuatro) caracteres diagnósticos principalmente del periótico (figura 9). Cabe resaltar que dentro de la familia Pelocetidae se encuentran los misticetos extintos más grandes de los depósitos del Mioceno Medio (figura 8 E).

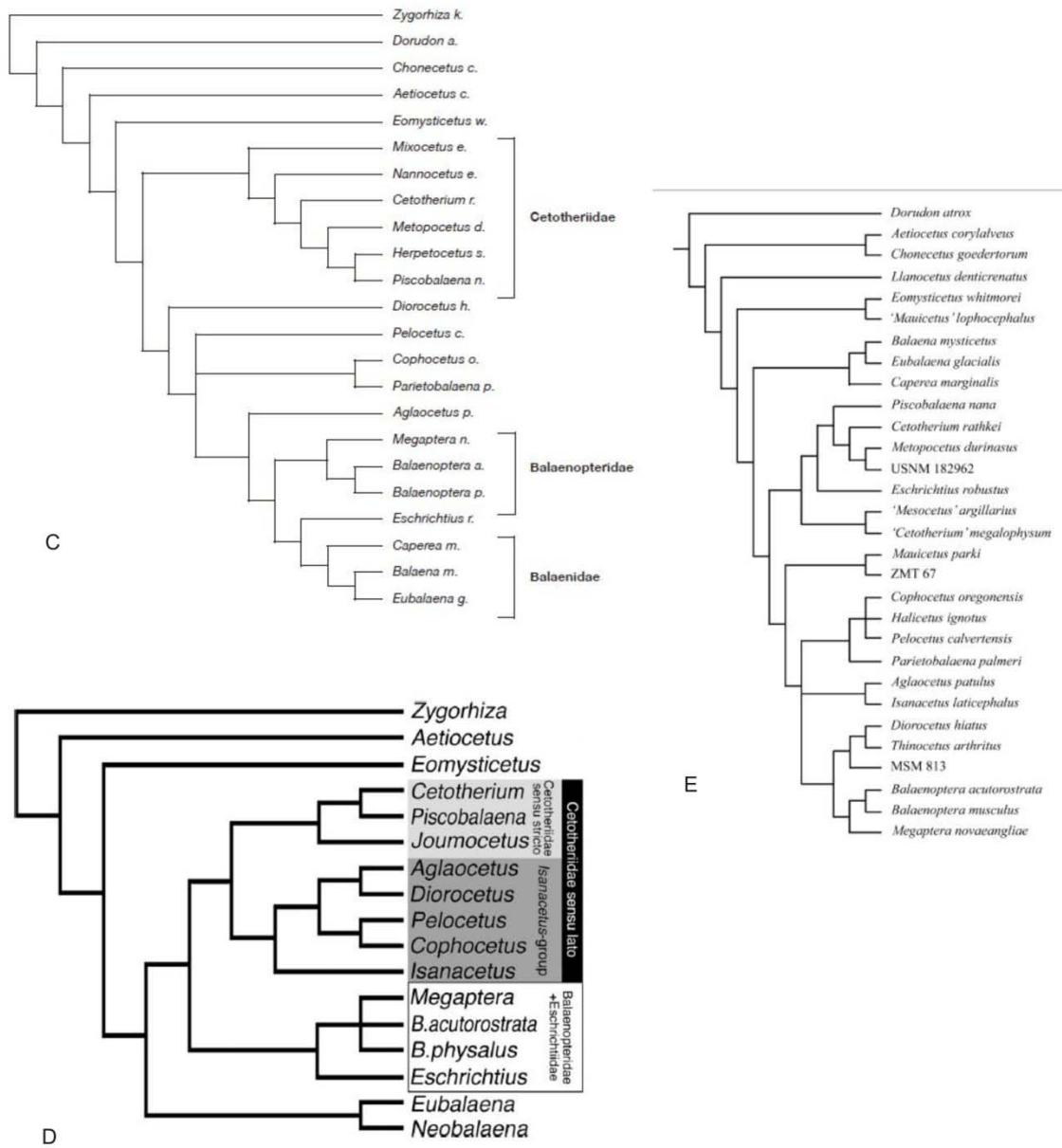


Figura 8 (cont.). C, Bouetel y Muizon, 2006; D, Kimura y Hasegawa, 2010 y E. Steeman, 2007.

Ray y colaboradores (2008), enfocados en el estudio de la familia Cetotheriidae definen una nueva subfamilia (Herpetocetinae) y además definen claramente el concepto de la familia Cetotheriidae *sensu stricto* y excluye de la familia a todos los géneros y especies previamente asignados como cetotherios, en los cuales las terminaciones posterior de los huesos rostrales terminan en una línea más o menos transversal al contacto con los frontales (Isanacetus-group o tres nuevas familias de Steeman), pues en estas especies los huesos rostrales no se interdigitan con los frontales, comúnmente tienen una caja craneana acortada en la región intertemporal, con un escudo occipital que sobrepasa la fosa temporal. Señalan que estos caracteres son derivados, pues forman parte de las características de las familias actuales. Considerando entonces, que las relaciones entre los huesos del vértice del cráneo son importantes para separar a las familias.

Otro trabajo que reconsidera la filogenia de los cetotherios, es el realizado por Kimura y Hasegawa (2010). En él se propone el término Cetotheriidae *sensu lato* para agrupar a los dos grupos de cetotherios (Kellogg, 1928; Kimura y Ozawa, 2002; Bouetel y Muizon, 2006 y Steeman, 2007) con un origen monofilético. Sin embargo, Cetotheriidae *sensu lato* lo divide en dos clados monofiléticos: Cetotheriidae *sensu stricto* e Isanacetus-group (figura 8 D).

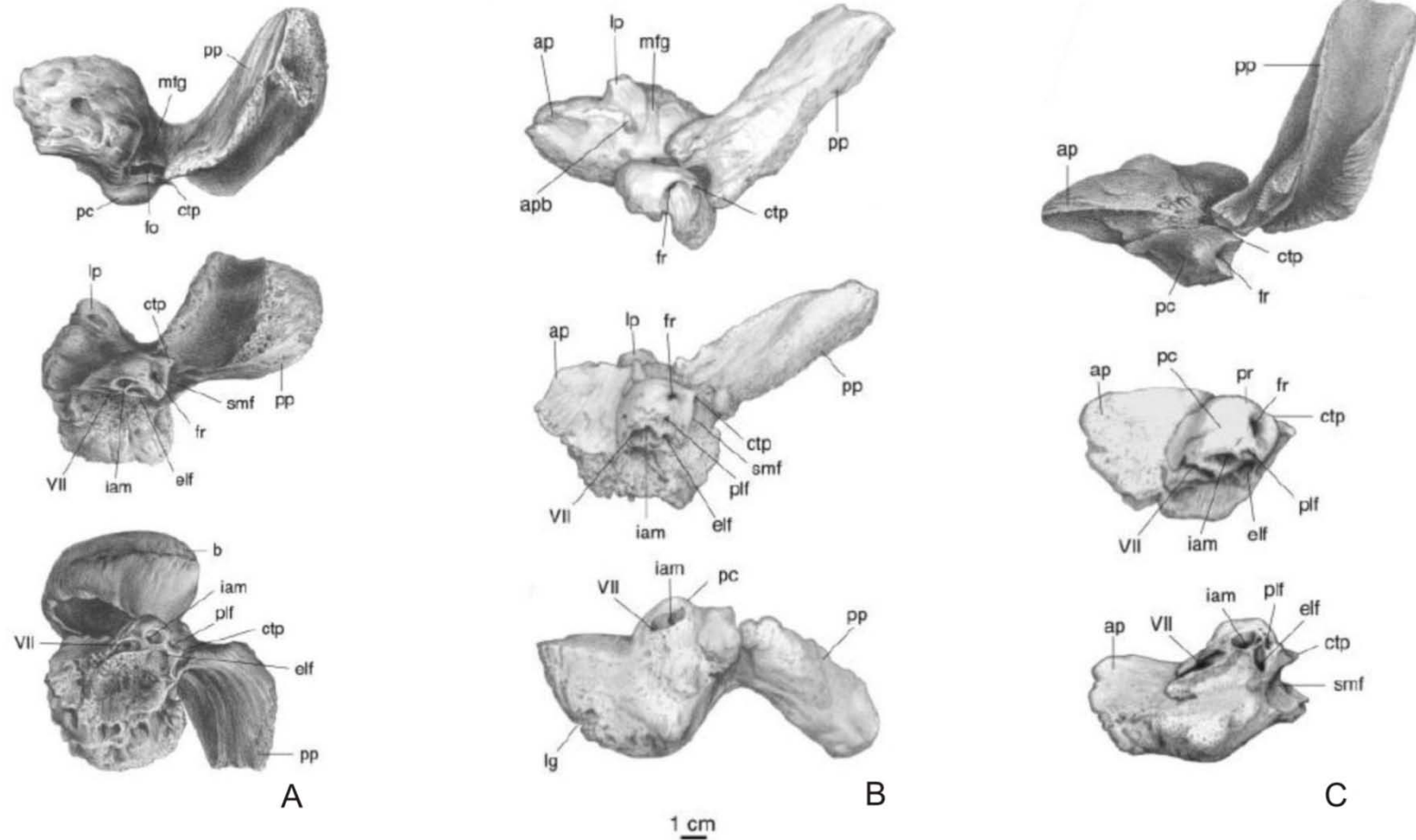


Figura 9. Perióticos de las nuevas familias propuestas por Steeman (2007), A, Familia Pelocetidae; B Familia Aglocetidae; C, Familia Diorocetidae. Tomadas de Steeman, 2010.

i. Mysticetos barbados de la cuenca del Océano Pacífico Norte.

Kellogg (1931) describe tres nuevas especies de misticetos, todos ellas clasificados como Cetotheriidae, de la localidad de Sharktooth Hill de edad Mioceno Medio, en la Formación Temblor de California. Los especímenes fueron agrupados dentro de tres especies *Tiphyocetus temblorensis*, *Peripolocetus vexillifer* y *Parietobalaena securis*. De ellas, *Tiphyocetus* es la más completa, está representada por la caja craneana sin en el rostro; el basicráneo de otro espécimen, varios perióticos, una bula timpánica y varias partes de esqueleto postcraneal. La especie *P. vexillifer* fue descrita por la región del escamosal derecha, exaoccipital, cóndilo occipital, una porción del basioccipital, periótico, bula timpánica y algunos elementos postcraneales; sin embargo, en este trabajo no están ilustradas las imágenes referentes al cráneo y sólo ilustra elementos postcraneales como el cubito y el humero. Por último, la especie *P. securis* es referida por el periótico izquierdo, el proceso posterior del periótico izquierdo de otro espécimen y una incompleta caja craneana.

Packard y Kellogg (1934), describen por primera vez un nuevo espécimen del Mioceno Medio de la familia Cetotheriidae: *Cophocetus oregonensis*, de la Formación Astoria en Newport, Oregon. La fauna de la Formación Astoria se correlaciona con aquella presente en la Formación Temblor de California y comparte características con los misticetos ahí encontrados y descritos por Kellogg (1931).

Barnes (1976), hace una recopilación de los cetáceos del norte del Pacífico Este a lo largo del Oligoceno Tardío al Pleistoceno Tardío, aquí solo se nombrará aquellos misticetos del Oligoceno al Plioceno:

- Oligoceno Tardío. Misticetos de la familia Aetiocetidae del género *Aetiocetus* y posiblemente *Chonectus* en la región de Oregon.
- Mioceno Temprano. Restos de posibles cetotherios del género *Cetotherium*. para la Formación Vaqueros, California.
- Principios del Mioceno Medio. Para esta edad se describió la especie *Cophocetus oregonensis* de Newport Oregon.
- Mioceno Medio. Se describieron cuatro especímenes de ballenas barbadas de la Formación Temblor, *Tiphyocetus temblorensis*, *Peripolocetus vexillifer*, *Parietobalaena securis*, por Kellogg, 1931 y restos de misticetos relacionados tal vez con *Aglaocetus*
- Mioceno Tardío. Kellogg (1929), describió la especie *Nannocetus eremus*, en la Formación Towsley, California; también dos especímenes de la familia Balaenopteridae, denominados: *Megaptera miocaena* Kellogg 1922 de la Formación Sisquoc y *Balaenoptera ryani* Hanna y McLellan (en Barnes, 1976), 1924, de la Formación Monterey. Sin embargo, ésta última, podría no estar bien clasificada, debido a que guarda semejanzas con los géneros *Heterocetus* y *Parietobalaena*.

También se describió la especie *Mixocetus elysius* Kellogg, 1934 para la Formación Modelo en Los Angeles, C.A.

- Mioceno Tardío - Plioceno Temprano. Se encuentra misticetos en las familias Balaenidae (*Balaenula* sp) y Balaenopteridae (*Plesiocetus* y *Balaenoptera*) en la Formación Drakes Bay, San Francisco, C.A. Las familias Cetotheriidae (*Herpetocetus*), Balaenidae (*Balaenula* sp) y Balaenopteridae (*Plesiocetus* y *Balaenoptera*) de la Formación La Purisima de California central. La familia Balaenidae (*Balaenula*) de la Formación San Mateo, San Diego, C.A. Y por último de la familia Balaenopteridae (*Plesiocetus* y *Balaenoptera* sp) de la Formación Almejas, Isla de Cedros, B.C.

- Plioceno Tardío. Encuentra para la Formación San Diego misticetos de las familias Cetotheriidae, Balaenidae y Balaenopteridae. En la Formación Capistrano y Merced en California central, de la familia Balaenidae.

Barnes en 1997, desarrolló un estudio de la evolución y adaptación de los mamíferos marinos a la cuenca del Pacífico, encontrando que restos de la familia Llanocetidae (misticetos arcaicos) fueron localizados en depósitos del Oligoceno Temprano. Además, durante el Oligoceno Tardío aparecieron dos familias de misticetos dentados (Mammalodontidae y Aetiocetidae) y una familia de misticetos barbados (Cetotheriidae), entre los que se pueden incluir

especímenes muy similares pero más primitivos al género *Mauicetus* Benhan, 1939.

Barnes (1998), realizó un reporte de la secuencia estratigráfica de mamíferos marinos fósiles en México. En lo que corresponde a misticetos, la Formación El Cien del Oligoceno Tardío en Baja California Sur representa el registro más al sur del Pacífico Norte con cetáceos fósiles para esta edad siendo estos los más viejos de México. En dicha formación incluye algunos misticetos dentados primitivos y algunos restos de misticetos barbados muy primitivos. En otra localidad denominada Rancho La Palma en Baja California Sur, se encontraron registros de fósiles de misticetos barbados del Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano, posiblemente pertenecientes a la familia Cetotheriidae. En una localidad más al Norte, en La Mesa de La Misión, en la Formación Rosarito Beach del Mioceno Medio, se reporta la presencia de al menos tres especies de cetotherios y la aparición de misticetos en otras regiones como en la Formación Tortugas del Mioceno Medio en la Península del Vizcaíno, en Baja California Sur, y en la Formación Refugio en Rancho Algodones en BCS, la cual tiene misticetos de tamaño pequeño del Mioceno Tardío. Por último, la Formación Almejas en Isla de Cedros, perteneciente al Mioceno Tardío, tiene entre otros mamíferos marinos, misticetos primitivos de la familia Cetotheriidae, así como registro fósil de algunos representantes de familias actuales, posiblemente balenoptéridos.

Trabajos sobre fauna fósil en La Mesa de La Misión, han descubierto y reportado la presencia de cetáceos de la familia Cetotheriidae (Deméré *et al.*, 1984 y Aranda-Manteca, 1990, 1994 y 2001). Mientras que, Gascón-Romero (1991 *et al.*, 1994) en un estudio específico sobre cetáceos misticetos, describe el primer misticeto descubierto en la Mesa de Los Indios perteneciente al Mioceno Medio, para el territorio mexicano y la parte más al sur de Norte América. Las características encontradas en el espécimen fueron diferentes a aquellas encontradas en especímenes previamente descritos, considerando entonces la presencia de un nuevo taxón.

En un trabajo posterior (Gascón-Romero, 1997) se describen 34 especímenes de misticetos fósiles, de los cuales 18 de ellos pertenecen a las Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios del Mioceno Medio, ubicados dentro de la familia Cetotheriidae. En ellos encuentra dos posibles nuevas especies, proponiendo los nombres: *Majestuocetus misionensis* y *Misionocetus minchensis* (figura 9. imagen del trabajo de somemma), pero no se realizó una descripción formal de las mismas; también reportó cuatro especímenes sin identificar y la presencia de la especie *Tiphyocetus temblorensis* Kellogg, 1931. Sin embargo, en la mayoría no fue posible su identificación a nivel especie, debido a la escasas de partes diagnosticas ó a la mala preservación de las mismas (Tabla I).

Tabla I. Lista de especímenes de la Misión B. C. Los especímenes del 1 al 18 fueron tomados de Gascón-Romero (1997), y del 19 al 25 de Deméré y colaboradores (1984).

No	Número de catálogo	Familia	Clasificación
1	FCMM-1730	Cetotheriidae	Morfotipo II, Especie A
2	FCMM-1928	Cetotheriidae	Tiphyosetus temblorensis Kellogg, 1931
3	FCMM-1931	Cetotheriidae	Morfotipo VIII, Especie A
4	FCMM-1934	Cetotheriidae	Tiphyocetus temblorensis Kellogg, 1931
5	FCMM-2020	Cetotheriidae	Majestuocetus minchensis Gen y sp tentativo
6	FCMM-3100	Cetotheriidae	Misionocetus minchensis, Gen y sp tentativo
7	FCMM-3101	Cetotheriidae	Morfotipo VII, Especie A
8	FCMM-3102	Cetotheriidae	Gen. y sp. Indet.
9	FCMM-3104	Cetotheriidae	Morfotipo VII, Especie B
10	FCMM-3105	Cetotheriidae	Morfotipo VII, Especie C
11	FCMM-3106	Cetotheriidae	Tiphyocetus temblorensis Kellogg, 1931
12	FCMM-3107	Cetotheriidae	Morfotipo I, Especie A
13	FCMM-3108	Cetotheriidae	Gen. y sp. indet
14	FCMM-3109	Cetotheriidae	Gen. y sp. indet
15	FCMM-3110	Cetotheriidae	Gen. y sp. indet
16	FCMM-3111	Cetotheriidae	Morfotipo I, Especie B
17	FCMM-3112	Cetotheriidae	Morfotipo I, Especie C
18	FCMM-3113	Cetotheriidae	Morfotipo I, Especie D
19	SDSNH 28383	Cetotheriidae	Tiphyocetus temblorensis Kellogg, 1931
20	SDSNH 25379	Cetotheriidae	Tiphyocetus temblorensis Kellogg, 1931
21	SDSNH 25389	Cetotheriidae	Tiphyocetus temblorensis Kellogg, 1931
22	UCMP 129624	Cetotheriidae	Gen. y sp. indet
23	SDSNH 25378	Cetotheriidae	Gen. y sp. Indet
24	SDSNH 25376	Cetotheriidae	Gen. y sp. Indet
25	SDSNH 25377	Cetotheriidae	Gen. y sp. indet

3. HIPÓTESIS

Los fósiles de ballenas barbadas (Cetácea: Mysticeti) de La Fauna La Misión, así como las primeras observaciones de los restos óseos de los especímenes objeto de estudio, sugieren la inclusión de éstos en la familia Cetotheriidae.

4. OBJETIVO

Describir y posicionar filogenéticamente el material fósil de ballena barbada (Cetacea: Mysticeti), colectado en la Mesa de La Misión Miembro los Indios en la Formación Rosarito Beach, pertenecientes al Mioceno Medio bajo el número de campo NGS-LM98-050 y resguardados en la Colección Paleontológica de Referencia del Estado de Baja California, dentro de la Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México.

Objetivos particulares

I. Describir la morfológica osteológica de los especímenes UABC-FCMM 3373, UABC-FCMM 3374, UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376.

II. Posicionar taxonómica y sistemáticamente a los especímenes apoyado en la descripción morfológica.

III. Hacer una comparación de las características morfológicas de los especímenes descritos en este trabajo, con aquellos similares en edad ó de familias afines descritos previamente.

IV. Realizar análisis estadísticos multivariados (análisis filogenético de máxima parsimonia) que ayuden a establecer y/o soportar las relaciones filogenéticas de los especímenes.

5. ÁREA DE COLECTA

Los especímenes de ballenas barbadas fósiles del presente estudio, provienen de La Mesa de la Misión, donde aflora el Miembro Los Indios de la Formación Rosarito Beach del Mioceno medio (16.2 a 11 Ma.), descrita por Minch (1966). Geográficamente está localizada al Noroeste de la ciudad de Ensenada, entre los 32° 01' de latitud Norte y los 116° 52' longitud Oeste (figura 10 A)

La Formación Rosarito Beach tiene como principales características litológicas, una serie de flujo de basaltos y rocas sedimentarias y piroclásticas en la unidad dominante, perteneciente al Mioceno-Plioceno (Minch *et al.*, 1984). Específicamente el Miembro Los Indios, se compone de sedimentos volcanoclásticos marinos y no marinos consistentes en tobas, tobas lapilli, areniscas, areniscas tobaceas, conglomerados tobaceos y sedimentos diatomáceos (Minch, *et al.*, 1984). El Miembro Los Indios se encuentra expuesto sobre Mesa Los Indios al Norte del arroyo de la Zorra en el área denominada La Misión (figura 10 C). En estos sedimentos abunda una fauna fósil entre los que destaca la presencia de vertebrados marinos y no marinos (Aranda-Manteca, 1990, 2001 Ashby, 1989), indicando así, la ocurrencia de estadios marinos y no marinos (Aranda-Manteca, 1990; Deméré *et al.*, 1984).

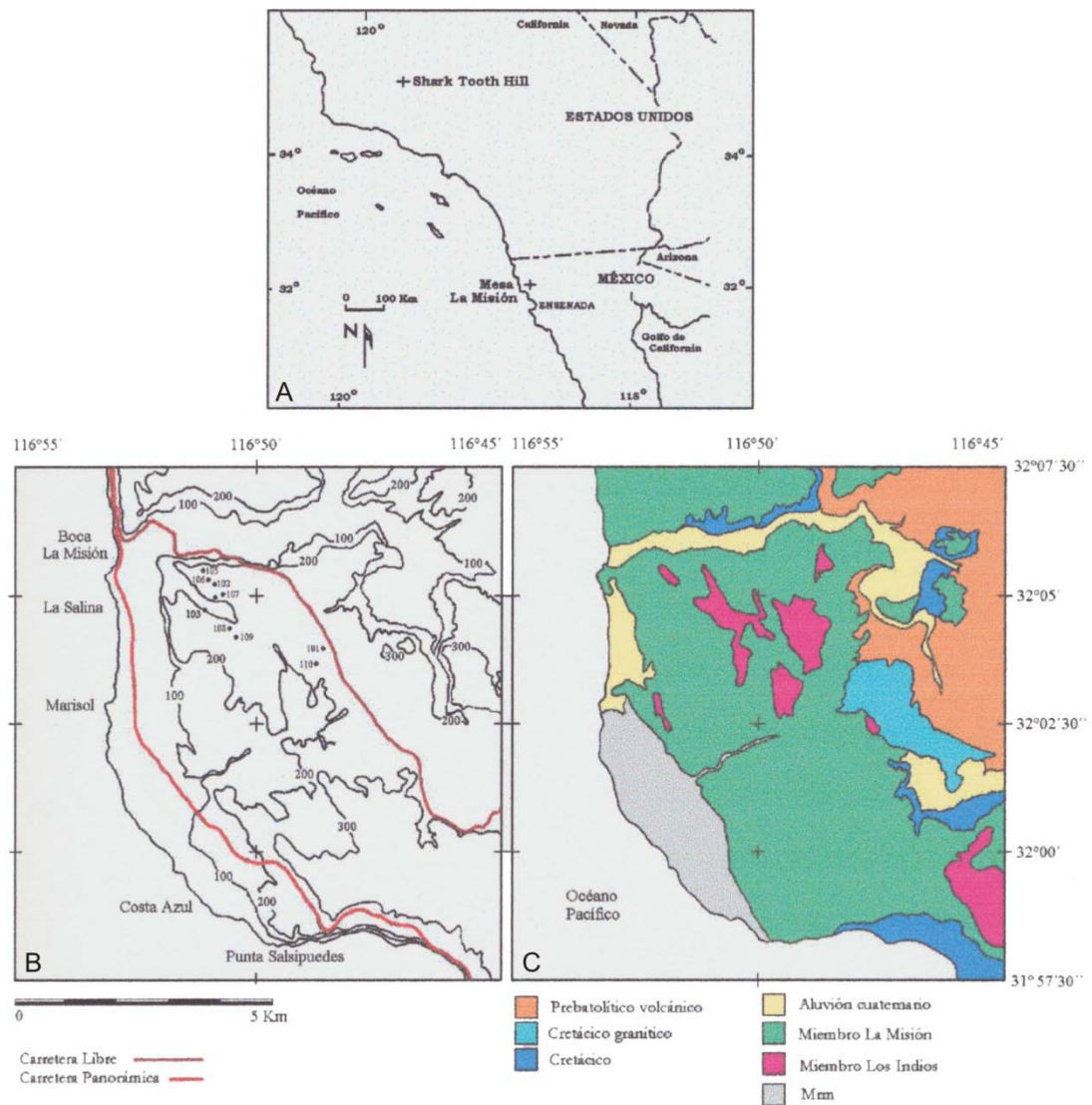


Figura 10. Área de colecta. A. Mapa topográfico de la Misión B.C.; B. Mapa Geológico y localidades fosilíferas. Tomado de Sanchez-Gutierrez, 2003

La secuencia sedimentaria de la localidad junto con la gran cantidad fósiles ha permitido realizar una correlación bioestratigráfica con otras asociaciones faunísticas de otras formaciones; por ejemplo, ha sido

correlacionado con los estadios bioestratigráficos de moluscos de la Fauna Temblor en Norteamérica (Deméré *et al.*, 1984) mientras que la presencia de diatomeas y dinoflagelados se correlacionan con el estadio Luisiano de foraminíferos bentónicos (Deméré *et al.*, 1984); estas correlaciones dan una edad aproximada de 14-15 M.a. En particular los mamíferos marinos fósiles se pueden correlacionar con la Formación Tortugas en Isla de Cedros (Aranda-Manteca, 2001). Todas estas correlaciones corroboran el fechado radiométrico de los basaltos subyacentes en la secuencia sedimentaria del Miembro la Misión de 16.1 ± 2.1 M.a. y para el Miembro Costa Azul que sobreyace al Miembro los Indios de 14.3 ± 2.6 M.a. edad asignada al Mioceno Medio (Hawkins, 1970 en Aranda-Manteca, 2001).

Estratigráficamente en La mesa de La Misión se observan nueve capas, cada una caracterizada por diferentes ambientes que van desde zonas marino-costeras, hasta condiciones de mar abierto (Aranda-Manteca, 1990). Cada capa tiene características litológicas diferentes, donde podemos encontrar: basaltos vesiculares, tobas, tobas arenáceas y lapilli, diatomita, arenas finas y conglomerados (Aranda-Manteca 1990, 2001). Esta variedad de sustrato junto con las condiciones climatológicas ha permitido la conservación de la fauna. La Fauna La Misión consiste en moluscos, dientes de tiburón, diatomeas, silicoflagelados, tortugas y mamíferos marinos entre otros (Minch, 1966, Deméré *et al.*, 1984 y Aranda-Manteca, 1990).

La Mesa de La Misión se ha dividido por localidades que van desde la localidad 101 hasta la localidad 110 (figura 10 B). Específicamente, los restos de misticetos barbados aquí descritos fueron extraídos de la localidad 103, la cual se encuentra al sur de La Mesa La Misión y en ella aflojan las unidades C, D, E, F, G y H. La unidad G es dividida a su vez en 3 sub-capas denominadas G1, G2 y G3. La última de ellas es una arenisca, toba lapilli cristalina, de 3.78 metros de espesor; color gris claro a café anaranjado, y presenta algunos clastos moderadamente redondeados de hasta 3 cm, además de abundante materia orgánica asociada a los sedimentos, la principal característica de la capa G1 es que en ella son encontrados una gran cantidad de huesos y restos de otros organismos, y que a su vez tienen evidencias de transporte (Aranda-Manteca, 2001).

En función de las observaciones de Aranda-Manteca (1990 y 2001), que la Capa G corresponde a un ambiente de plataforma somera, en una zona cerrada tipo bahía. Dadas estas condiciones se puede sugerir que los mamíferos marinos utilizaban el lugar para alimentarse, reproducirse y nacimiento de sus crías (Gascón-Romero, 1997).

6. METODOLOGÍA

Acrónimos:

ANSP: Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Phi. Pennsylvania.

CAS: California Academic of Sciences, San Francisco, California

CASG: Department of Geology, California Academy of Sciences, Golden Gate Park, San Francisco, California, U.S.A.

ChM: The Charleston Museum, Charleston, Suouth Carolina, U.S.A.

GMNH-PV: Gunma Museum of Natural History, Gunma, Japan

LACM: Department of Vertebrate Paleontology, Natural Historiy Museum of Los Angeles County, Los Angeles, California, E.U.A.

MFM: Mizunami Fossil museum, Gifu, Japan.

MNHN SAS: Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

SDSNH: San Diego Natural History Museum, San Diego County, California.

SMNK PAL: Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe.

UABC-FCMM: Colección de Referencia del Estado de Baja California, Ensenada, Baja California, México.

UO = Condon Museum, University of Oregon. E.U.A.

USNM: United States National Museum of Natural Histroy, Smithsonian Institution, Washington, DC.

La colecta de los especímenes bajo el número de campo NGS LM 98-050 se realizó en La Mesa de La Misión a lo largo de previas salidas de campo en el invierno y primavera de 1998, dentro del proyecto: Vertebrados Marinos Fósiles del Estado de Baja California. Posterior a lo colecta los fósiles fueron parcialmente limpiados y resguardados en la Colección Paleontológica de Referencia del estado de Baja California, dentro de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California.

La metodología a seguir para cumplir con los objetivos del presente trabajo fue la siguiente:

6.1 Restauración

El proceso de restauración se llevó a cabo en el laboratorio. El primer paso fue realizar una limpieza detallada de aquellas partes que aun contenían sedimento; apoyándose en el uso de brochas, cepillos, pinceles y agujas. A las partes que iban quedando limpias o descubiertas se les aplicó una resina con el objetivo de consolidar los huesos interiormente. Al momento de limpiar, se desprendieron algunas partes y otras de ellas ya estaban separadas o desarticuladas. La restauración incluyó unir o tratar de reparar aquellas partes sueltas, para un mejor reconocimiento y descripción de cada sección ósea.

6.2 Descripción morfológica

Posterior a la limpieza y restauración, se realizó un reconocimiento general de las partes del cráneo. Dicho reconocimiento fue por comparación ósea con aquellos otros cráneos de bibliografía especializada de especímenes fósiles como de actúales. Los trabajos previos utilizados fueron: Bouetel y Muizon, 2006; Geisler y Luo, 1996; Kellogg, 1965, Kimura y Hasegawa, 2010, Kimura y Ozawa, 2002, Sanders y Barnes, 2002a y 2002b, Jonhston, *et al.*, 2010. En dichos trabajos, se enlistan todas las secciones óseas de los elementos craneales y mandibulares de misticetos, lo cual sirvió para utilizar una terminología estandarizada.

Como base se tomó el esquema del cráneo (figura 11) mandíbula (figura 12) y huesos del oído (figura 13) del trabajo realizado por Bouetel y Muizon (2006), debido a que es uno de los misticetos fósiles mejor preservados. La descripción morfológica, consistió entonces en describir con detalle todas las características anatómicas de cada sección ósea, referenciando en un esquema y/o imagen la parte descrita así como la o las características principales. La descripción se apoyó en la bibliografía antes citada.

6.3 Comparación y ubicación taxonómica

Con el objetivo de conocer las semejanzas y diferencias de los especímenes descritos con otros taxa, se realizaron comparaciones de cada

sección ósea compartida con aquellos fósiles resguardados dentro de la Colección Paleontológica del estado de Baja California, y con algunos del Museo de Historia Natural de Los Ángeles (LACM), así como con los taxa referenciados en la literatura pertenecientes a la misma familia, familias afines o de igual edad. Dichas comparaciones ayudaron en el establecimiento de la posición taxonómica y a soportar las relaciones filogenéticas de los restos fósiles.

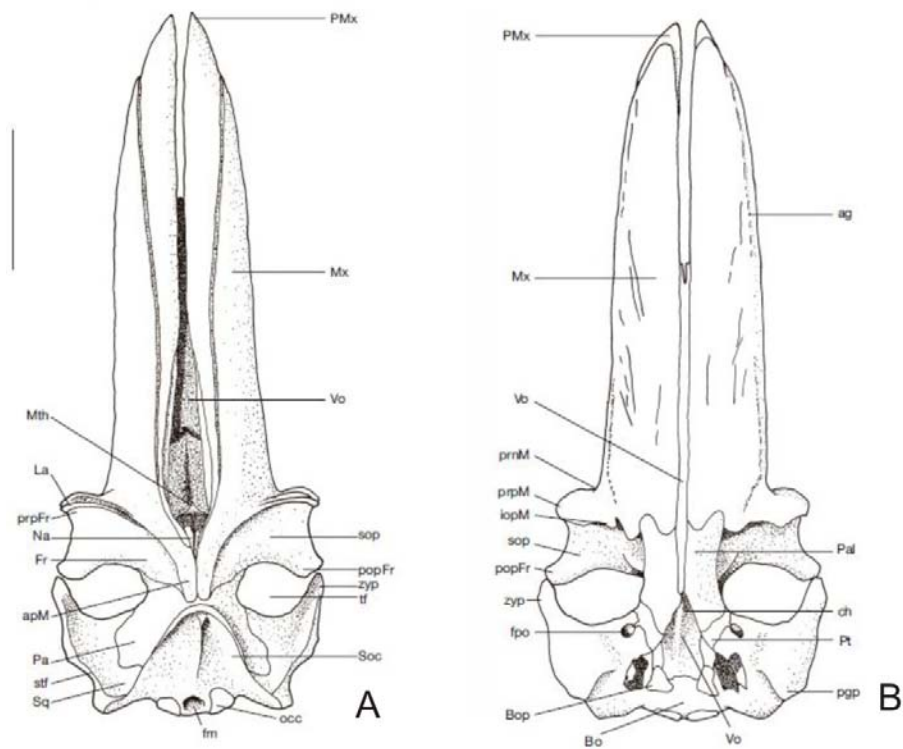


Figura 11. Esquema del cráneo de un misticeto. A) Vista dorsal del cráneo de *Piscobalaena nana*; B) Vista ventral de *P. nana*. Línea de escala 20 cm. Tomadas de Bouetel y Muizon, 2006.

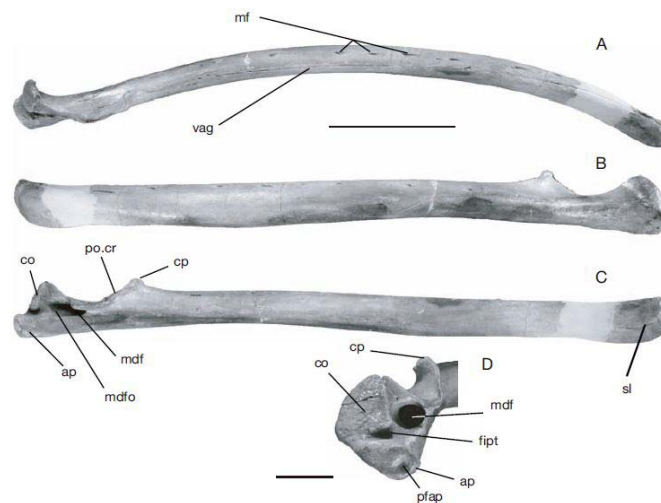


Figura 12. Esquema de la mandíbula de un misticeto de la especie *P. nana*. A) Vista dorsal; B) vista lateral; C) vista medial; D) vista posterior. Imagen tomada de Bouetel y Muizon, 2006.

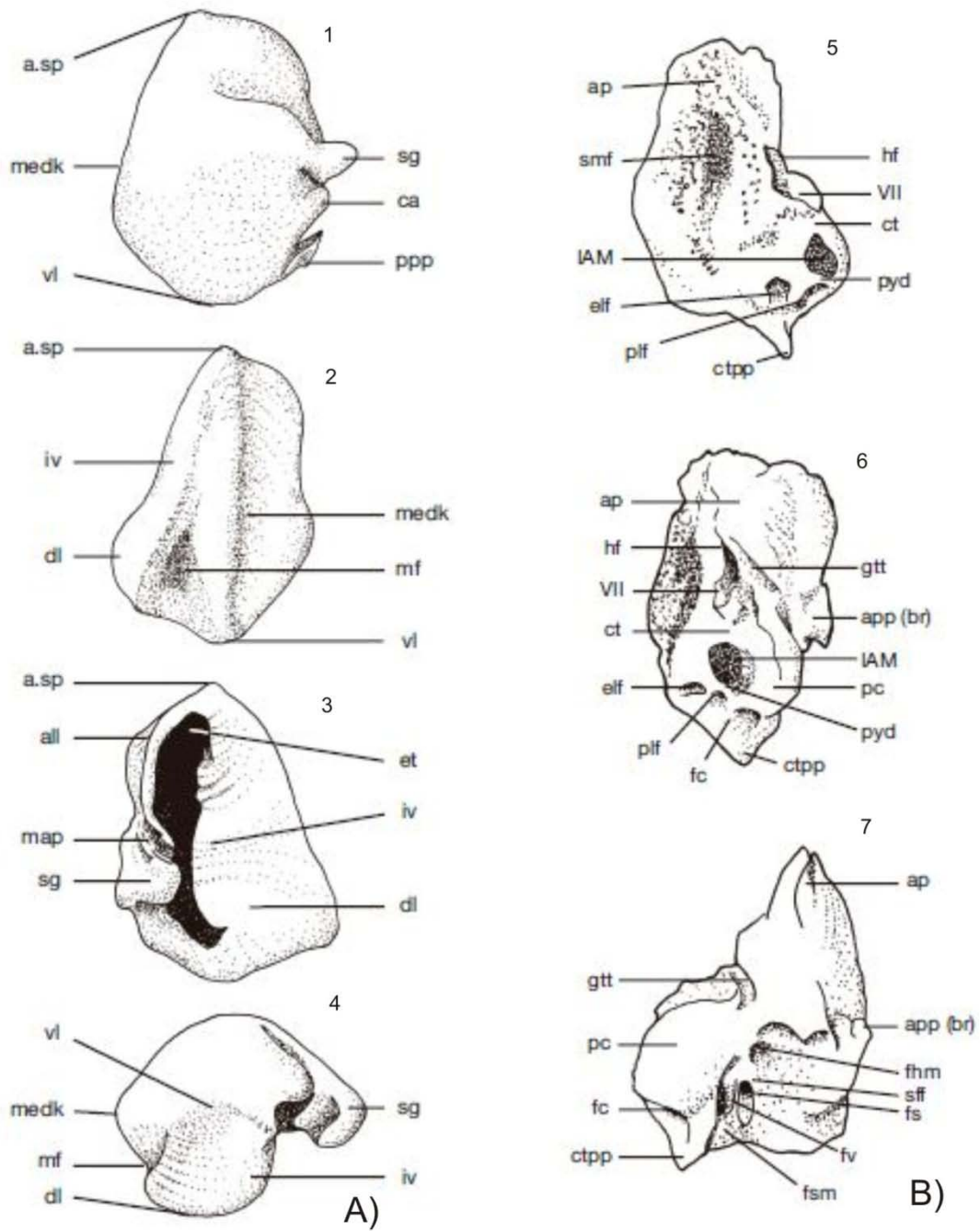


Figura 13. Esquemas de la bula timpánica (A) y el periótico (B) un mysticeto de la especie *P. nana*; 1 A, Vista ventral; 2 A, Vista medial; 3 A, Vista dorsal; 4 A, Vista posterior. 5 B, vista dorsal; 6 B, vista medial; 7 B, vista ventral. Imágenes tomadas de Bouetel y Muizon, 2006.

6.3.1. Material usado para comparación

a) UABC-FCMM 3373

El espécimen UABC-FCMM 3373 se comparó con aquellos especímenes que se observó compartían características morfológicas similares, en las que se incluyen especies fósiles de la superfamilia Baleanopteroidea, la familia Cetotheriidae *sensu lato* Brandt, 1872 *sensu* Ray *et al.*, 2008 y Cetotheriidae *sensu stricto*, Kimura y Hasegawa, 2010, con quien comparte algunas características y además es evolutivamente muy cercana (Kimura y Hasagawa, 2010).

Dos especímenes de la familia Cetotheriidae *sensu stricto* Brandt, 1872:

Las comparaciones con la especie *Cetotherium rathkei*, holotipo sin catalogar en Paleontological Institute of the Academy of Science, Moscow; descrito por Brandt, 1843 *sensu* Pilleri, 1990. De edad Mioceno Tardío, en el Sur de Rusia. Con él se realizaron comparaciones del cráneo en vista dorsal y la bula timpánica, por ser el espécimen tipo de la familia.

La especie *Piscobalaena nana*, SMNK PAL 4050, MNHN SAS 1617, MNHN SAS 1618, MNHN SAS 892, holotipo y especímenes referidos, respectivamente; descritos por Pilleri y Siber *sensu* Bouetel y Muizon, 2006; en el Plioceno Temprano, de la Formación Pisco, Perú. Es una especie muy

completa y con ella se realizaron comparaciones de la región del cráneo, oído y mandíbulas.

Especímenes referidos a la familia Cetotheriidae

La especie *Tiphyocetus temblorensis* CAS 4355, holotipo de la especie, CAS 4353, CAS 4356 y CAS 4357, especímenes referidos de la especie, descrita por Kellogg, 1931, del Mioceno Medio, en la Formación Temblor. Con los especímenes se compararon las regiones del cráneo y perióticos.

Los especímenes FCMM-1928, FCMM-1934 y FCMM-3106, especímenes referidos a la especie *Tiphyocetus temblorensis*, por Gascón-Romero, 1997; del Mioceno Medio, Mesa la Misión, Miembro Los Indios, en la Formación Rosarito Beach. Con los cuales se compararon secciones del escamosal, cigomático y perióticos.

La especie *Peripolocetus vexillifer* CAS 4370, holotipo de la especie, descrito por Kellogg, 1931, del Mioceno Medio, en la Formación Temblor. Se comparó la sección del escamosal y el cóndilo, así como la bula y el periótico.

El espécimen FCMM-3100, en adelante catalogado como: FCMM-3377, correspondiente a un nuevo morfotipo de género y especie, proponiendo el nombre de *Misionocetus minchensis* en Gascón-Romero, 1997, del Mioceno Medio, Mesa la Misión, Miembro Los Indios, en la Formación Rosarito Beach. Con él se compararon las secciones del rostro, escamoso, cigomático y mandíbulas.

Los especímenes FCMM-3107, referido como Morfotipo 1, especie a y FCMM-3108, referido como género y especie sin identificar, por Gascón-Romero, 1997; del Mioceno Medio, Mesa la Misión, Miembro Los Indios, en la Formación Rosarito Beach. Con ellos se compararon los perióticos y bulas timpánicas.

Un género de la familia Aqlaocetidae Steeman, 2007:

La especie *Isanacetus laticephalus* MFM 28501 y MFM 18004, holotipo y paratipo de la especie respectivamente, descrita por Kimura y Osawa, 2002, de finales del Mioceno Temprano, en la localidad Oyamada-mura y en la Formación Akeyo en Japón. Ambos holotipo y paratipo se utilizaron para la comparación del cráneo y huesos del oído.

Tres géneros de la familia Pelocetidae Steeman, 2007:

La especie *Cophocetus oregonensis* UO 305 holotipo del género y la especie, descrita por Packard y Kellogg, 1934, de la Formación Astoria en Oregon, para el Mioceno Medio. Se realizaron comparaciones del cráneo, mandíbula y periótico.

La especie *Pelocetus calvertensis*, USNM 11976, holotipo del género y de la especie, descrita por Kellogg, 1965 del Mioceno Medio en la Formación Calvert en Maryland; con él se comparó el cráneo, bula timpánica y periótico.

La especie *Parietobalaena palmeri*, USNM 10668, holotipo del género descrita por Kellogg en 1924, del Mioceno Medio, para la Formación Calvert en Maryland. Se utilizó para las comparaciones de la caja craneana, el periótico y la bula timpánica; también se comparó con la especie *Parietobalaena securis* CAS 4371, holotipo de la especie, descrito por Kellogg, 1931, del Mioceno Medio, Formación Temblor en Sharktooth Hill, California; se utilizó para las comparaciones del periótico.

Una especie de la familia Diorocetidae Steeman, 2007:

La especie *Diorocetus hiatus* USNM 16783 holotipo de la especie, descrita por Kellogg, 1968, del Mioceno Medio para la Formación Calvert. Con la cual se comparó el cráneo en ambas vistas.

Dos especies de la familia Balaenopteridae Gray, 1864:

La especie *Balaenoptera davidsonii*, ANSP 12922 y SDSNH 25190, holotipo y espécimen referido de la especie respectivamente, descrita por Cope

1872, del Plioceno Tardío en la Formación San Diego, en Deméré, 1986 Con ella se hicieron comparaciones mandibulares.

Subfamilia Parabalaenopterinae.

La especie *Parabalaenoptera baulinensis* CASG 66660, holotipo de la subfamilia Parabalaenopterinae, del género y la especie, descrita por Zeigler *et al.*, 1997, del Mioceno Tardío en la Formación Santa Cruz Mudstone. Se utilizó para la comparación del cráneo, rostro y mandíbulas.

b) UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM-3376

Familia Aetiocetidae Emlong, 1966

Chonecetis goerdertorum LACM-131146, holotipo de la especie, descrita por Barnes *et al.*, 1994, del Oligoceno tardío de la Formación Pysth, en Washington.

Familia Eomysticetidae Sanders y Barnes, 2002.

Eomysticetus whitmorei ChM PV4253, holotipo de la familia, género y la especie, descrita por Sanders y Barnes, 2002 del Oligoceno Tardío, para la Formación Chandler Bridge.

6.4 Caracteres diagnósticos y análisis

Para establecer las relaciones filogenéticas del espécimen se realizó un análisis estadístico multivariado (análisis filogenético de máxima parsimonia); para ello fue necesario construir una base de datos con los caracteres diagnósticos (características cualitativas de los restos óseos) de 27 especímenes de mysticetos tanto primitivos como actuales. Los caracteres de las especies utilizadas en el análisis filogenético fueron obtenidos de los especímenes tipo de cada género y/o especie. Los caracteres diagnósticos considerados importantes fueron tomados del cráneo, mandíbulas y huesos del oído. Estos son codificados con números (estados de los caracteres) con el fin de que se puedan analizar comparativamente; en aquellos caracteres con información adicional es necesario asignar más de dos estados, asignado una ordenación y orientación al cambio evolutivo (ordenación y polaridad de los caracteres; Lopez-Caballero y Pérez-Suárez, 1999) de tal manera que aquellos caracteres con estado 0 son primitivos y según sea el caso, un estado 1, 2, 3 ó 4 es derivado. La mayoría de dichos caracteres se obtuvieron de los trabajos desarrollados por Bouetel y de Muizon, 2006; Geisler y Sanders, 2003; Deméré et al, 2005, 2008, Kimura y Ozawa, 2002; Kimura y Hasegawa, 2010 y Geisler y Luo, 1996 (Anexo 1).

Para el análisis filogenético se utilizaron la mayor cantidad de caracteres preservados en los especímenes descritos y se utilizó a *Zygorhiza kochii* como grupo externo (outgroup), debido a que sus caracteres se consideran

plesiomórficos (ancestrales) para misticetos. El análisis filogenético de máxima parsimonia se hizo utilizando el programa PAUP* versión 4.0 (Swofford, 2002).

La opción seleccionada para obtener los arboles mas parsimoniosos fue utilizar búsqueda heurística con el método “branch and swapping” (rama de intercambio). Este método mejora la estimación inicial mediante el reordenamiento de las ramas, se utilizó el algoritmo Three visection tree bisection and reconnection (TBR, Árbol de bisección y reconexión), en el cual, en el borde de una rama se producen dos subárboles disjuntos, estos se reconectan para unirse a un par de ramas, una de cada subárbol (Swofford y Begle, 1993).

Todas las posibles bisecciones y reconexiones son evaluadas por pares. Los caracteres se tomaron como ordenados (método Wagner), apropiado para todos los caracteres multiestado. A los caracteres se les dio un peso de 100 pasos con el fin de igualar la influencia de cada carácter. La optimización de los caracteres fue tipo DELTRAN (transformación retrasada) en la cual se asignan transformaciones a los caracteres dentro del árbol con el fin de retrasar la transformación del carácter dentro del árbol. Pues según, ésta es más conservativa al asignar sinapomorfías a los grupos producto de una matriz de datos en la que hay un número substancial de estados de carácter no determinados (Gaudin, 1995; Hirayama y Chitoku, 1996 e Hirayama, 1998 en Sánchez-Gutiérrez, 2003).

Después de obtener los árboles igualmente parsimoniosos se obtuvo un árbol de consenso estricto (Contree), el cual es un resumen jerárquico de un conjunto de árboles. En primer lugar, PAUP calcula un consenso sin enraizar y entonces toma al grupo externo y lo enraiza, cabe señalar que el árbol de consenso no es el árbol más óptimo, solo es un resumen de los otros (Swofford y Begle, 1993).

Los árboles resultantes de la búsqueda heurística se les aplicó un análisis de Bootstrap para asignar peso estadístico a la topología propuesta (Felsenstein, 1985; Shaffer *et al* 1997 en Sánchez-Gutiérrez, 2003). Se utilizaron 100 replicas con el criterio de parsimonia, de búsqueda heurística. Estas órdenes dieron lugar a un cladograma de consenso por regla mayoritaria con la resolución al 50%. Las proporciones de bootstrap indican la frecuencia con la que se encontraron los grupos en los árboles remuestreados con base a los datos del análisis branch and swapping. Estas proporciones, según Shaffer y colaboradores 1997; en Sánchez-Gutiérrez, 2003, nos dan el grado o evidencia de la monofilia en los nodos, teniendo:

- BPs \geq 90%: Evidencia de monofilia altamente significativa;
- BPs 70% – 89 %: Evidencia de monofilia marginalmente significativa;
- BPs < 70 %: Evidencia de monofilia limitada.

7. RESULTADOS

En total se describieron cuatro especímenes bajo el número de campo NGS-LM98-050, en La Mesa La Misión, Baja California; dichos especímenes quedaron registrados con los siguientes números de catálogo: UABC-FCMM 3373, UABC-FCMM 3374, UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376. En la siguiente lista se señala que partes contiene cada uno de ellos.

1. UABC-FCMM 3373: Caja craneana sin proceso supraorbital del frontal, mandíbula izquierda parcialmente completa, Ambas bulas timpánicas, martillo izquierdo y periótico izquierdo sin proceso posterior.
2. UABC-FCMM 3374: Basicráneo con escamoso y proceso cigomático y ambas mandíbulas parcialmente completas.
3. UABC-FCMM 3375: Mandíbulas izquierda y derecha.
4. UABC-FCMM 3376: Poción del proceso coronoides de la mandíbula izquierda.

7.1 Descripción de los mysticetos colectados en la localidad 103 capa G, de La Mesa La Misión.

7.1.1. Espécimen UABC-FCMM 3373

Sistemática

Clase **Mammalia** Linnaeus, 1758

Orden **Cetacea** Brisson, 1762

Suborden **Autoceta** Haeckel, 1866

Infraorden **Mysticeti** Cope, 1891

Superfamilia Baleaneptera, Gray, 1868 *sensu* Mitchel, 1989

Familia *aff* Pelocetidae Steeman, 2007

Material de referencia: UABC-FCMM 3373. Espécimen representado por el cráneo parcial, el cual cuenta con la caja craneana con todos sus huesos; parte de la región intertemporal del frontal; ambas maxilas parcialmente preservadas, premaxila derecha, fracción del vómer en la parte posterior del basicráneo, mandíbula izquierda semicompleta; ambas bulas timpánicas y periótico izquierdo. No se tienen algunos fragmentos craneales como palatinos, proceso supraorbital de los frontales, parte del vómer, procesos ascendentes de la maxila, premaxila, nasales, premaxila izquierda, mandíbula derecha, parte anterior de la bula timpánica derecha, periótico derecho y ambos procesos posteriores (figuras 14 y 15).

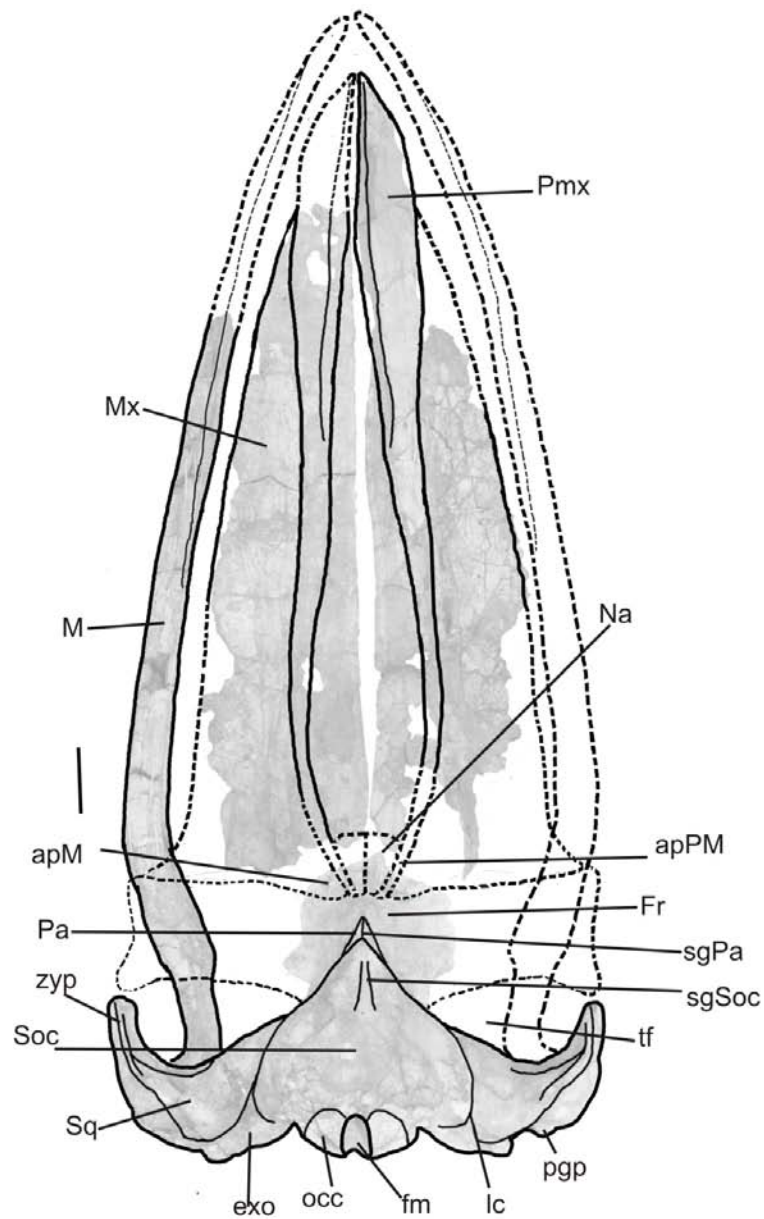


Figura 14. Reconstrucción del cráneo en vista dorsal del espécimen UABC-FCMM 3373. apM, proceso ascendente de la maxila; apPmx, proceso ascendente de la premaxila; exo, exoccipital; fm, foramen magnum; Fr, frontal; lc, cresta lambdoideal; M, mandíbula; Mx, Maxila; Na, nasales; occ, cóndilos occipitales; Pa, Parietales; pggp, proceso postglenoides del escamosal; Pmx, premaxila; sgSoc, cresta sagital del supraoccipital; Soc, Escudo supraoccipital; spPa, cresta sagital de los parietales; Sq, escamosal; tf, fosa temporal; Zyp, proceso cigomático del escamosal. Línea de escala 10 cm.

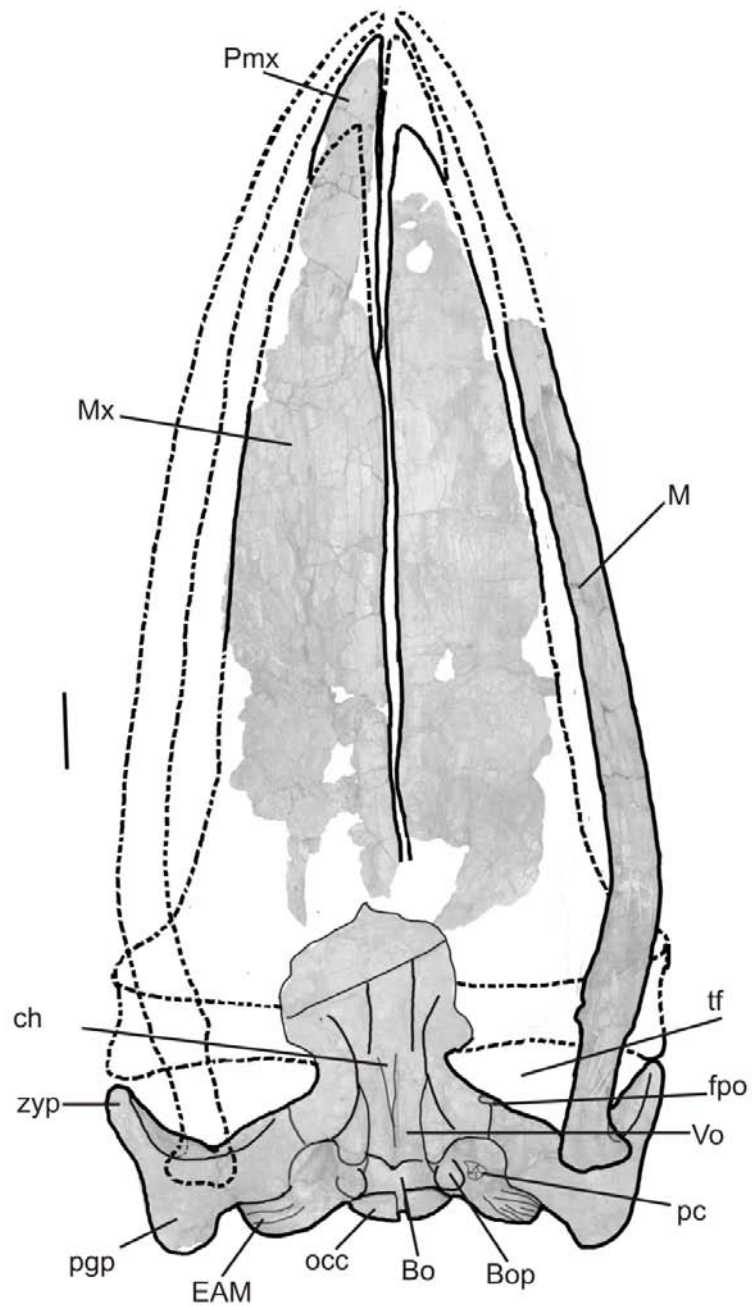


Figura 15. Reconstrucción del cráneo en vista ventral del espécimen UABC-FCMM 3373. Bo, basioccipital; Bop, proceso del basioccipital; ch, coana; EAM, meatus acústico externo; exo, exoccipital; fpo, foramen pseudo-oval; M, mandíbula; Mx, Maxila; occ, cóndilos occipitales; pc, pars coclearis; ppg, proceso postglenoides del escamosal; Pmx, premaxila; tf, fosa temporal; Vo, vómer; Zyp, proceso cigomático del escamosal. Línea de escala 10 cm.

Localidad y Edad: Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, Mesa La Misión, Localidad 103, capa "G", de edad Mioceno Medio.

Diagnosis

Tiene una longitud cóndilo basal aproximada de 160 cm (1.5 m.). La característica principal del cráneo es la forma de la sutura entre ambos parietales, los cuales se unen medialmente en la parte anterior de la caja craneana en una quilla casi vertical a la superficie dorsal del cráneo, originando una prominente y muy desarrollada cresta sagital, cuya unión, marca el límite entre la caja craneana y el rostro. Tanto parietales como frontales no están expuestos en el vértice. El supraoccipital es ancho posteriormente y se estrecha a un punto sobrepasando anteriormente el nivel de unión de ambos procesos cigomáticos, posteriormente es lobado, semejando la forma de un corazón, además cuenta con una amplia cresta lambdoidal. La mandíbula presenta el arqueamiento en la parte anterior del proceso coronoides sobre la mitad posterior de ésta. La parte anterior es casi recta. El cóndilo mandibular es distintivamente más grande que el proceso angular, se dobla fuertemente hacia afuera y es sólo ligeramente cóncavo en vista posterior. Cuenta con un amplio foramen mandibular. Las maxilas son anchas y ligeramente convexas; el proceso ascendente de la maxila parece no haber estado muy desarrollado. El

periótico cuenta con un reducido *pars cochlearis*, el proceso posterior del periótico pudo haber sido muy largo y alojado entre el escamosal y exaoccipital.

Descripción. La descripción del cráneo se realizó en tres partes:

1. Caja craneana, que incluye frontal, parietal, supraoccipital, exaoccipital, escamosal, alisfenoides, basioccipital, vómer y pterigoides.
2. Rostro, incluye las maxilas, premaxilas, parte anterior del vómer, nasales y mandíbulas
3. Huesos del oído, entre ellos se incluye la bula timpánica (timpánico), periótico y martillo.

1. Caja craneana

Frontal.

Solo se conservó una pequeña porción del frontal, la cual se une a los parietales, la sutura entre parietales y frontales, no se aprecia claramente, lo que le confiere al espécimen un estado maduro o de adulto joven; el contacto entre parietal y frontal en la parte anterior es inferior al nivel dorsal del cráneo, debido a que la unión de ambos parietales es vertical y perpendicular a la superficie dorsal. Según la altura de la sutura entre el parietal y frontal así como la altura del proceso cigomático, el proceso supraorbital del frontal parece ser plano o casi vertical es decir, no contaba con una pendiente que se inclinara de

la parte medial al borde de la órbita. El proceso postorbital del frontal pudo ser muy desarrollado, pues la línea de unión entre el límite posterior del proceso supraorbital del frontal en su parte medial y el proceso cigomático es casi recta, sólo se encuentra ligeramente por detrás el proceso cigomático. Los procesos ascendentes de maxilas y premaxilas cubren parcialmente la exposición sagital de los frontales. La sutura para de los procesos ascendentes de la maxila y premaxila es corta, no muy profunda y transversal, lo que indica un ligero grado de empuje de los elementos rostrales hacia atrás.

Parietal

En vista dorsal (figura 14) el parietal está casi totalmente cubierto por la cresta lambdoidal del supraoccipital, sólo la unión de ambos parietales es visible en plano sagital del cráneo, ambos huesos forman una aguda y prominente cresta sagital. El ápice anterior de ambos parietales llega aproximadamente más allá anteriormente de la línea que une el punto medio de las órbitas. No es visible la sutura frontoparietal, pero ésta es inferior al nivel de la altura media del cráneo; el parietal cubre el frontal extendiéndose ligeramente hacia adelante. En vista lateral y oblicua (figura 16), el parietal forma la mayor parte de la pared lateral de la caja craneana; la parte anterior de éste, está ampliamente expuesta en vista lateral, mientras que la posterior está cubierta lateralmente por el proceso cigomático. En vista oblicua anterolateral, la superficie anterior es cóncava hasta su unión con los frontales, mientras que la

superficie posterior es convexa hasta su unión con el escamosal y alisfenoides. La sutura parieto-escamosal, comienza sobre el borde dorsal de la foramen pseudoval y se expande posterodorsalmente, pasa sobre un largo borde o saliente, orientado anteroventralmente, sobre la pared de la caja craneana, del cual se origina el músculo temporal. El parietal no es visible en vista ventral.

Supraoccipital

El escudo supraoccipital es ligeramente plano, tiene una cresta sagital gruesa y corta sobre la parte anterior de éste; a ambos lado de ésta cresta se encuentra fosa o surco largo en sentido anteroposterior, ambas fosos sirven para el origen del músculo semispinalis (Schulte 1916, en Bouetel y Muizon, 2006). Su ápice más anterior es posterior al nivel anterior de los parietales, pero anterior al proceso cigomático y al proceso postobital del frontal. Es subtriangular en vista dorsal, y converge anteriormente en una punta; en sentido anteroposterior corre una amplia y delgada cresta lambdoidal, la cual sobresale del techo del cráneo y cubre dorsalmente la mayoría de los parietales, se extiende posteriormente hasta unirse con la cresta lambdoidea del escamosal (figura 16). La parte posterior del supraoccipital es ancha (formando la base del triángulo) y los vértices laterales son redondeados. La arista del triángulo se dobla suavemente hacia la parte medial (interior) para unirse con los cóndilos (estas características semejan la forma de un corazón, Figura 14 y 16).

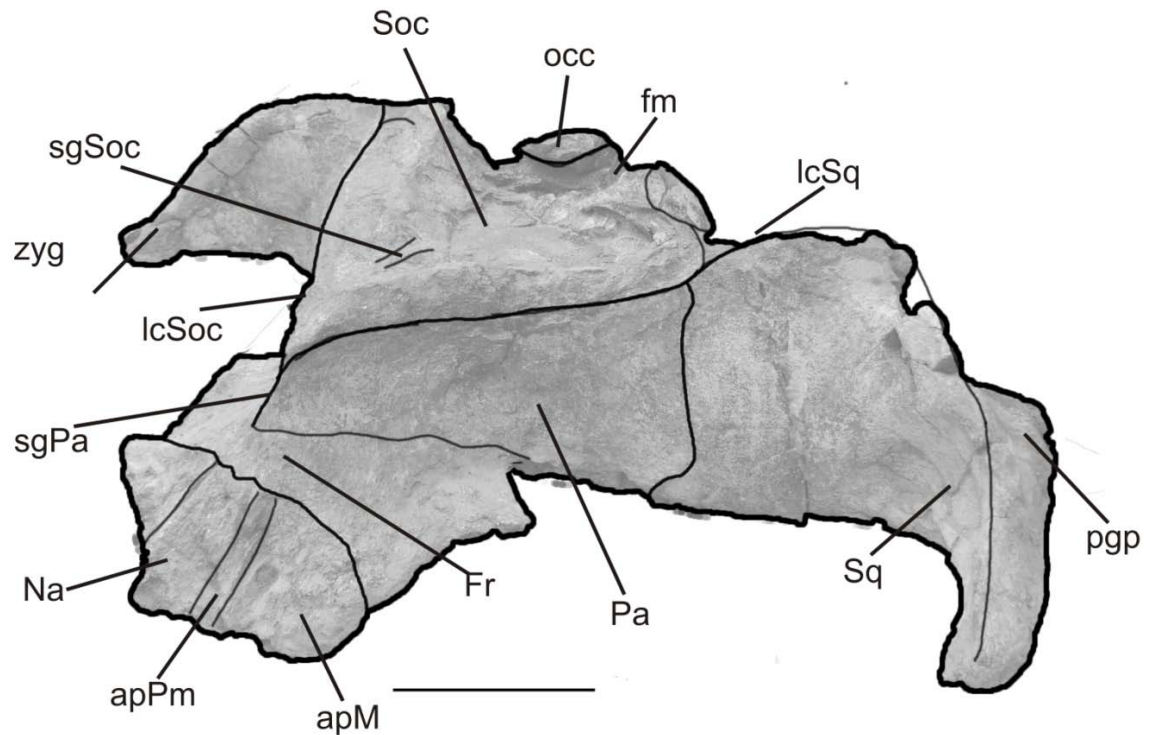


Figura 16. Reconstrucción del cráneo en anterolateral del espécimen UABC-FCMM 3373. apM, proceso ascendente de la maxila; apPm, proceso ascendente de la premaxila; fm, foramen magnum; Fr, frontal; lcSoc, cresta lambdoidal del supraoccipital; lcSq, cresta lambdoidal del escamosal; Na, nasales; occ, cúndilos occipitales; Pa, Parietales; ppp, proceso postglenoideo del escamosal; sgSoc, cresta sagital del supraoccipital; Soc, Escudo supraoccipital; spPa, cresta sagital de los parietales; Sq, escamosal; Zyp, proceso cigomático del escamosal. Línea de escala 10 cm.

Exaoccipital.

El exaoccipital es largo mediolateralmente en vista dorsal (figura 14), mientras que en vista posterior es ancho y robusto, en forma de un semicírculo, en esta vista es plano a ligeramente convexo (figura 17). En vista dorsal el proceso paraoccipital del exaoccipital está posterior al proceso postglenoides del escamosal, mientras que en vista ventral es anterior al proceso postglenoides del escamosal. Entre el exaoccipital y los cóndilos occipitales existe un surco, ancho el cual se orienta dorsoventromedialemente (figura 17) El foramen magnum es de forma ovalada y con orientación dorso-ventral, los cóndilos occipitales tienen forma de riñón o semicírculo, son más anchos en la mitad ventral que en la mitad dorsal; ambos cóndilos están separados medialmente por un surco ancho y profundo, el cual se extiende dorsalmente hasta el límite de la apertura del foramen magnum (figura 17). En vista lateral no son visibles, debido a la extensión posterior de los procesos paraoccipital y postglenoides.

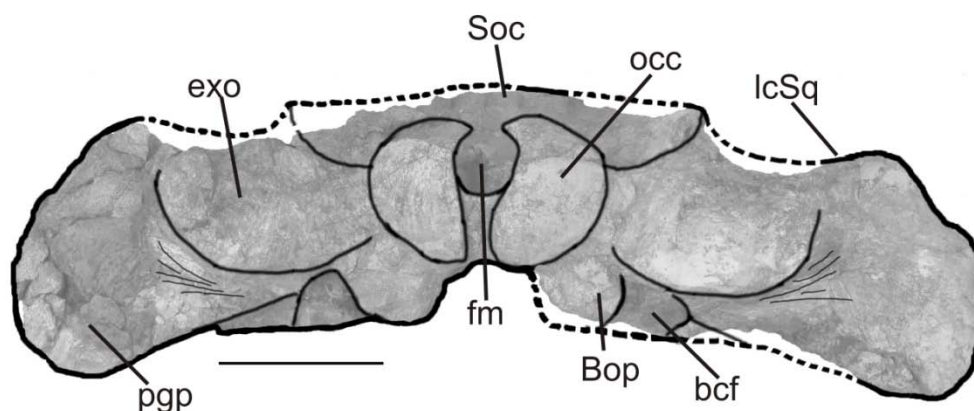


Figura 17. Reconstrucción del cráneo en vista posterior del espécimen UABC-FCMM 3373. bcf, fisura basicasular; Bop, proceso basioccipital; exo, exaoccipital; fm, foramen magnum; lcSq, cresta lambdoidal del escamosal; Occ, cóndilos occipitales; pgp, proceso postglenoides del escamosal; Soc, supraoccipital; Línea de escala 10 cm.

El proceso paraoccipital es largo y masivo, forma una pared más o menos plana y transversal a la parte dorsal del cráneo, la cual articula con la parte posterior dorsal del escamosal. La base de este proceso forma el límite dorsal del canal donde se aloja el proceso posterior del periótico. El borde lateral del proceso paraoccipital es redondeado, masivo y rugoso. La línea de unión de la parte más posterior de los procesos paraoccipitales izquierdo y derecho del exaoccipital está por delante de los cóndilos occipitales (figura 14 y 15). En vista ventral se puede observar en una forma más clara la pared dorsal del canal para el proceso posterior del periótico, el cual es largo (figura 15).

Escamosal.

Compuesto por el proceso cigomático, escamosal y proceso postglenoides. El proceso cigomático es robusto en su parte posterior y delgado

en la parte anterior, el borde medial del proceso cigomático en vista dorsal converge con el borde de la fosa glenoidea formando un semicírculo. La superficie medial del proceso cigomático es cóncava formando la fosa glenoidea, lugar en el cual la mandíbula se articula. En vista lateral, el proceso cigomático es robusto y ligeramente convexo, su altura es mayor en la base (posteriormente) que en el ápice (anteriormente); sobre ésta vista se aprecia una alta cresta lambdoideal sobre la parte dorsal del proceso cigomático, dicha cresta origina que la altura se vaya incrementando anteroposteriormente hasta unirse con la cresta lambdoidea del escamosal. En vista dorsal (figura 14), la cresta lambdoidea es alta y ligeramente delgada, la parte más alta es dirigida hacia adelante hacia arriba y hacia afuera. Bajo la base de la cresta lambdoidea se encuentra la concavidad del proceso cigomático (cara medial del cigomático). El proceso postglenoides es ancho y sub-cuadrado en vista ventral (figura 15), pero en vista dorsal (figura 14) es semi-oval, ancho transversalmente y su superficie se inclina anteroposteriormente. Éste es delgado en su ápice posterior, orientado posteroventralmente y robusto anteriormente. En vista ventra (figura 15) los procesos postglenoides y cigomático son casi rectos a ligeramente cóncavos desde su extremidad anterior (proceso cigomático) hasta la extremidad del proceso postglenoides, formando un ángulo ligeramente menor a 180° externamente, mientras que internamente el escamosal y el proceso cigomático forman un ángulo menor a 90° . Por otro lado, el perfil dorsal de la curvatura externa del cigomatico-postglenoides es ligeramente convexo. El proceso postglenoides en vista

ventral se proyecta anteriormente más allá del nivel externo del exaoccipital. Anteromedialmente al proceso postglenoides corre un surco profundo en sentido poster-interno, el cual forma la pared dorsal del meatus acústico externo (figura 15). Dorsalmente a este surco se unen el proceso postglenoides y el exaoccipital y transversalmente quedan unidos por el meatus acústico externo (figura 15 y 17).

Alisfenoides

El alisfenoides contribuye en la formación de la pared posteromedial de la fosa temporal. Es una superficie ligeramente convexa, subrectangular, ancha en sentido transversal y se extiende verticalmente desde la base del cráneo a la altura del borde inferior de la fosa temporal hasta el límite entre el supraoccipital y el temporal en la parte dorsal, por debajo de la cresta lambdoidal del supraoccipital. Contacta dorsal y lateralmente con el escamosal en su parte más posterior. El largo transversal de esta estructura le otorga un alargamiento singular a la fosa temporal, la proporción de su ancho es similar al ancho del escamosal en sentido antero-posterior (figura 16).

Basioccipital.

El basioccipital está parcialmente cubierto por la parte posterior del vómer (figura 15). La pared lateral del basioccipital se eleva en vista ventral y posterior, para constituir el proceso del basioccipital, el cual es masivo, poroso (rugoso; Figura 15 y 17). Éste se eleva casi al nivel del proceso postglenoides

del escamoso. El proceso basioccipital es ancho en vista ventral, formando lateralmente la pared de la fisura basicapsular (figura 17). Entre ambos procesos basioccipitales, existe una superficie cóncava y firme, la cual se extiende y forma parte de la superficie cóncava del pterigoides, sobre la cual se inserta el vómer (figura 15).

Vómer

Se conservó solo la parte posterior, apreciable en vista ventral (figura 15), bajo la superficie de la caja craneana, se extiende posteriormente muy próximo a los cóndilos y anteriormente aproximadamente hasta a la sutura entre el parietal y frontal en vista ventral. Sólo se puede observar en vista ventral y sobre la parte media presenta una cresta (carina), la cual es relativamente alta, aproximadamente de la mitad en su ancho.

Pterigoides. No es visible, no se puede describir.

2. Rostro

Maxila.

En general la maxila es muy plana a lo largo de toda su extensión (largo); las partes perdidas incluyen: el borde lateral, el ápice anterior, el proceso ascendente de la maxila y el proceso preorbital de la maxila. La superficie dorsal de la maxila es plana en la mitad medial y convexa en su mitad lateral.

Tiene una quilla que corre longitudinalmente sobre la parte media, desde el extremo posterior hasta el último cuarto antes de su extremo anterior; aproximadamente a la mitad de la longitud de la maxila su orientación cambia de anteromedialmente a anterolateralmente y, sobre el último cuarto de la extensión maxilar ésta comienza a desvanecerse; dicha quilla marca el borde lateral de la premaxila. El proceso ascendente de la maxila (visto sobre el cráneo en la parte conservada del frontal, Figura 14) casi alcanza el vértice del frontal y el parietal en línea media; éstos, junto con los procesos ascendentes de la premaxila y nasales son casi rectos a semiconvexo posteriormente y sus extremos son ligeramente más posteriores al ápice anterior del proceso preorbital del frontal.

Sobre la parte dorsal posterior de la maxila se conserva tres forámenes maxilares.

La superficie ventral (figura 15) es casi plana lateralmente y cóncava longitudinalmente en su lado medial. No se observa el surco vestigial alveolar sobre el borde ventro-lateral de la maxila. La parte anterior de la maxila en vista ventral es cóncavo-convexa, convexa en la mitad ventro-medial y cóncavo en la mitad lateral. Sobre la región medial de la maxila hay varios surcos los cuales están orientados postero-anteriormente, divergen sobre la parte anterior y se encuentran sobre las tres cuartas partes posteriores del rostro. La maxila izquierda tiene seis surcos (en misticetos actuales estos surcos tienen vasos sanguíneos y nervios los cuales alimentan al epitelium palatal para la

producción de las barbas (ballenas; Bouetel y Muizon, 2006). Sobre el extremo más posterior de la maxila izquierda es encontrado un fragmento óseo imbricado en dirección postero-medial, éste es plano en vista ventral y cóncavo con una quilla longitudinal en vista dorsal. Dicho fragmento óseo semeja la forma del palatino, aunque no se puede describir con precisión (figura 14 y 15).

Premaxila

La premaxila derecha es delgada la mayor parte de su extensión, sólo se amplía ligeramente en la parte más anterior, a partir del último tercio anterior de la maxila (figura 14); el mayor ancho es de 77 mm justo al nivel de la terminación anterior de la maxila en vista dorsal. Posteriormente, es muy estrecha y casi vertical. Según las marcas encontradas en la maxila y los frontales, el proceso ascendente de la premaxila llegaba posteriormente al mismo nivel que el extremo del proceso ascendente de la maxila y se supone estaba acuñada entre el nasal y maxilar con una inclinación dorso-medial (figura 14). Ambas premaxilas divergen fuertemente posteriormente, y aproximadamente al nivel del arqueamiento mandibular, comienzan a doblarse medialmente hasta converger medialmente en los procesos ascendentes de la maxila.

Cerca de la base del cráneo, sobre la superficie dorso-medial de la premaxila, se encuentran dos fosas alargadas antero-posteriormente; la primera de ellas es de forma oval, tiene un largo de 34.8 mm, un ancho de 9.6 mm y

una profundidad de 3.5 mm, el fondo es irregular y estriado; la segunda, es encontrada a 31 mm anterior a la primera, es más pequeña, tiene una longitud de 22.4 mm, un ancho de 4.3 mm y una profundidad de 1.2 mm, su fondo está sólo ligeramente estriado (figura 14). La superficie lateral de la premaxila es convexa posteriormente y plana a ligeramente cóncava anteriormente. Conforme se extiende anteriormente, esta superficie cambia de lateral en la parte posterior a oblicua en la parte media y de oblicua a dorsal en la parte anterior. Sobre la superficie medial, la premaxila es plana posteriormente, ligeramente cóncava en la parte medial y cóncava y angulosa anteriormente. En la mitad anterior, sobre la superficie dorsal se observa el borde dorsal de la premaxila el cual es más angosto que el borde ventral, ambos bordes convergen medialmente y forman una superficie medial cóncavo angulosa. En el extremo más anterior el borde dorsal es casi nulo (figura 14).

Mandíbula.

En vista dorsal (figura 18 A), el dentario izquierdo está casi totalmente preservado, sólo la porción más anterior se perdió. En esta vista se aprecia el arqueamiento lateral hacia la línea media, característico de los misticetos, éste es doblado fuertemente antes de la mitad posterior, el doble comienza a la altura del proceso coronoides, llega a su máximo a los 37 cm después de su ápice posterior y a partir de ahí comienza a desvanecerse y se pierde justo antes de la mitad de la extensión de la rama. La mitad anterior es casi recta (figura 18). Conserva siete forámenes mandibulares distribuidos a lo largo de la

rama mandibular. El primero de ellos en sentido posterior-anterior se encuentra después del proceso coronoides en los 34.4 cm y el último en los 18.5 cm antes de su ápice anterior. El diámetro transversal es delgado previo al proceso coronoides y a partir de este se hace más ancho disminuyendo ligeramente hacia el punto de su máxima curvatura y anterior a ésta se hace más angosto hasta su ápice anterior. El cóndilo mandibular se dobla fuertemente hacia afuera, es delgado y redondeado.

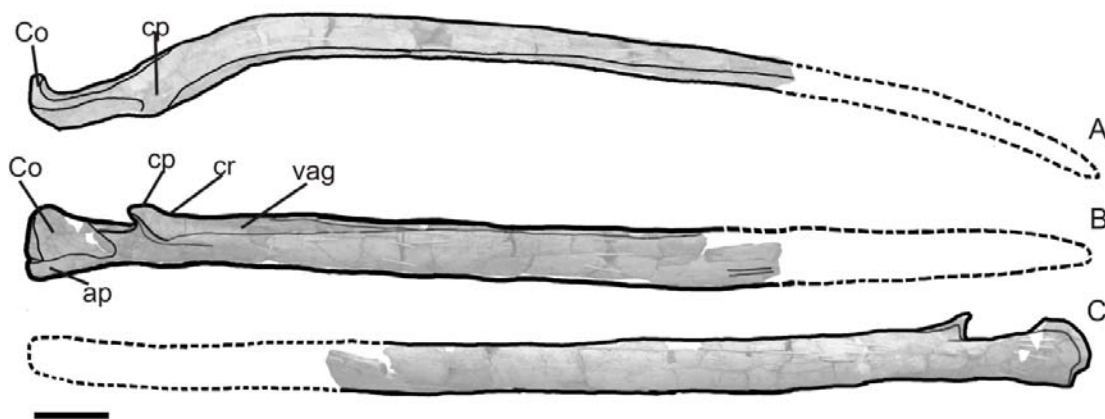


Figura 18. Reconstrucción de la mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Vista dorsal; B, Vista medial y C, vista lateral. ap, proceso angular; Co, cóndilo mandibular; cp, proceso coronoides; cr, cresta anterior al proceso coronoides; vag, surco vestigial alveolar. Línea de escala 10 cm.

En vista medial (figura 18 B) se observa casi recta y su superficie interna es plana principalmente en los 3 cuartos anteriores; el proceso coronoides se eleva ligeramente sobre el borde dorsal, el cual se muestra ancho; el cóndilo mandibular es alto, delgado y cóncavo, aunque su altura no sobrepasa la altura del proceso coronoides (figura 18 B y 19 B y C). El proceso angular es ancho

dorsalmente, no se extiende posteriormente más allá del cóndilo, están alineados. Bajo el borde dorsal de la mandíbula en vista medial, se encuentra un surco paralelo al borde dorsal, comienza posteriormente anterior al proceso coronoides y se extiende hasta la terminación anterior; cerca del proceso coronoides este surco es ancho y profundo y aproximadamente a la mitad de la extensión de la rama se vuelve delgado y suave hasta el extremo anterior de la mandíbula. En el extremo anterior de la mandíbula se observan dos surcos suaves y delgados. En esta vista la altura de la mandíbula es casi constante (figura 18 B).

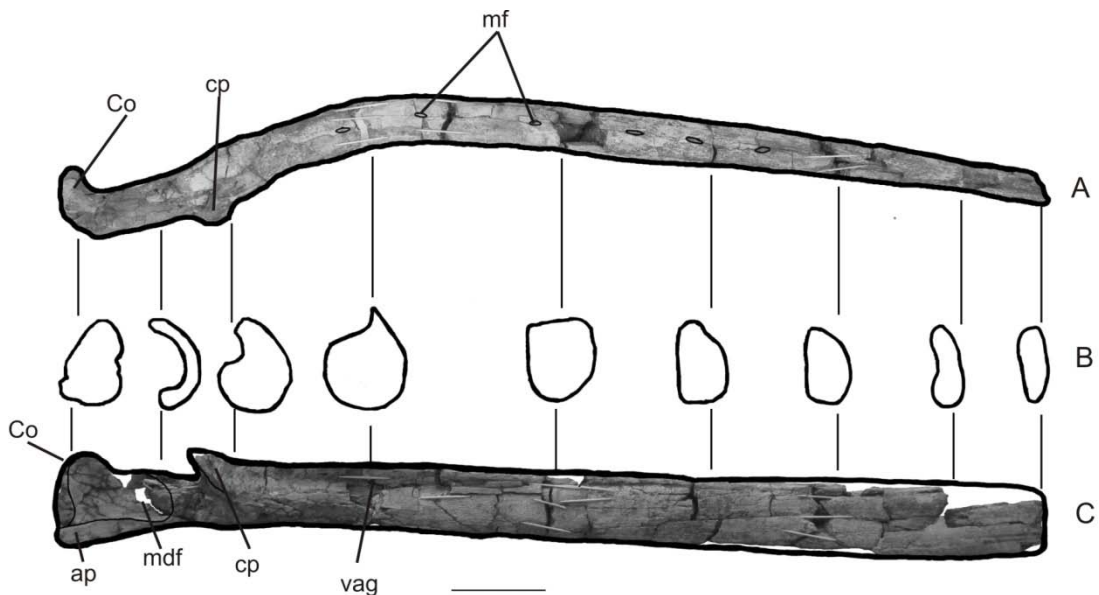


Figura 19. Cortes transversales de la mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Vista dorsal; B, cortes y C, vista medial. ap, proceso angular; Co, cóndilo mandibular; cp, proceso coronoides; mdf, foramen mandibular; vag, surco vestigial alveolar. Línea de escala 10 cm.

Vista ventral. Un fuerte arqueamiento hacia adentro es observado en esta vista en la mitad posterior de la mandíbula. En la parte posterior, el proceso angular es más pequeño en diámetro que el cóndilo mandibular. El proceso coronoides sobresale ligeramente sobre la superficie medial y las dos terceras partes anteriores de la mandíbula son rectas lateral y medialmente. Sobre la superficie inferior (ventral) de la mandíbula se observa un borde ancho y robusto el cual comienza anterior al cóndilo y se extiende longitudinalmente hasta el extremo anterior, conforme avanza hacia la parte anterior se vuelve más delgado y suave. El diámetro transversal es más grande posterior que anteriormente.

En vista lateral (figura 18 C), la mandíbula es casi recta, el proceso angular es más pequeño y apenas se logra observar sobre la parte ventral; el cóndilo mandibular sobresale en extensión al proceso angular, es ovalado y convexo. El proceso coronoides sobresale de la superficie dorsal y se observa ancho y no muy largo. La superficie externa se muestra convexa, y en la extremidad anterior se observa un giro en el sentido de las manecillas del reloj, de tal manera que en este extremo no es visible completamente su superficie lateral.

3. Huesos del oído

Timpánico

Se cuenta con ambas bulas timpánicas del espécimen UABC-FCMM 3373 en muy buen estado de preservación, el timpánico izquierdo está casi completo a excepción del borde anterior; mientras que el derecho sólo se tiene las dos terceras partes posteriores (Anexo 3). La vista ventral tiene una forma sub-oval alargada anteroposteriormente, la parte anterior es ligeramente más angosta que la posterior, siendo el nivel la apófisis cónica la parte más ancha; la apófisis cónica está muy poco desarrollada y su forma es similar a un semicírculo, con una ligera orientación hacia la base del proceso sigmoides. El pedículo del proceso posterior del petrotimpanico se encuentra posterior a la apófisis cónica, es angosto y de forma circular. En vista dorsal (figura 20 C) el involucrum es ancho y espeso dorsoventralmente en su parte posterior, éste se estrecha y se adelgaza fuertemente hacia su terminación anterior aproximadamente al nivel de las dos terceras partes posteriores, siendo la parte más anterior muy estrecha y delgada dorsoventralmente. El último tercio posterior del involucrum es globoso en vista dorsal, y posteriormente constituye el lóbulo dorsal del timpánico.

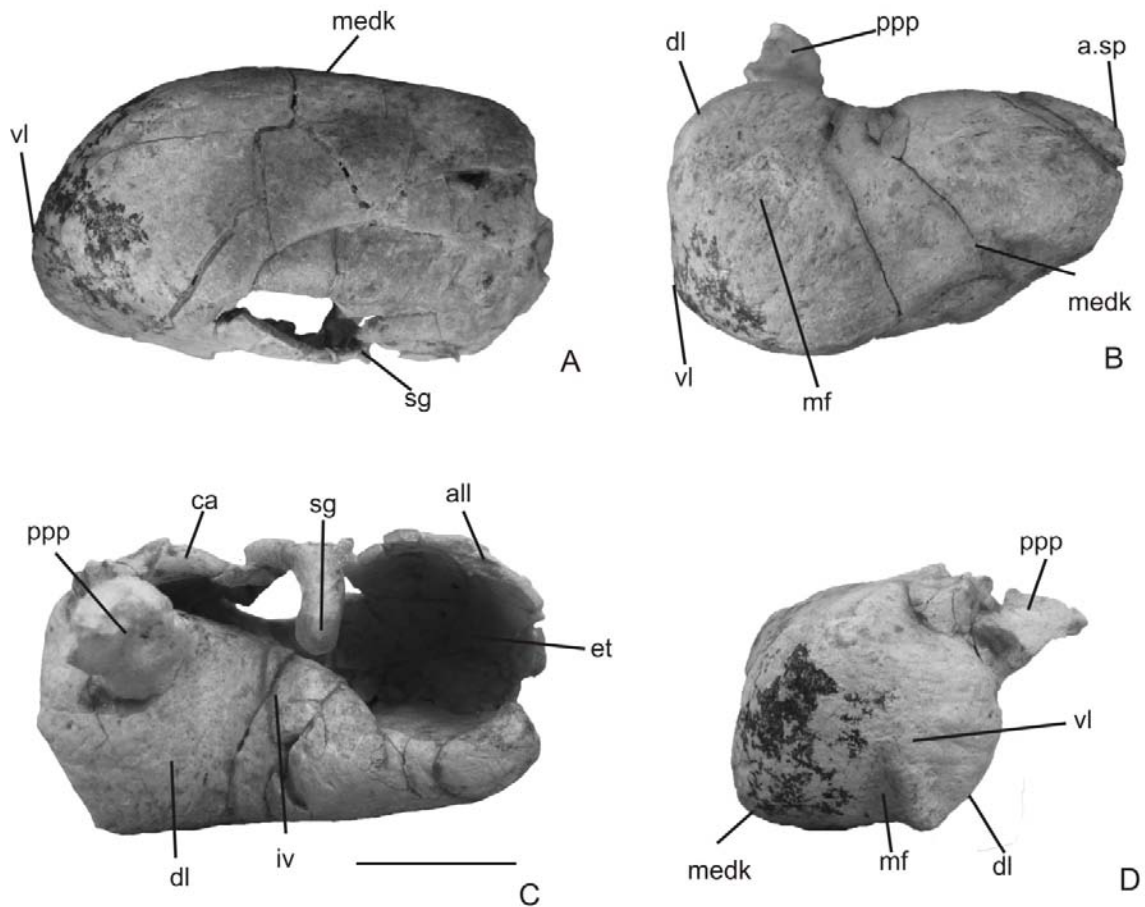


Figura 20. Bula timpánica izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, vista ventral; B, vista medial; C, vista dorsal y D, vista posterior. al, labio anterolateral; ca, apófisis cónica; dl, lóbulo dorsal; et, muesca para el tubo de Eustaquio; iv, involucrum; medk, quilla media; mf, surco medio; ppp, pedículo para el proceso posterior; sg, proceso sigmoides; vl, lóbulo ventral. Línea de escala 3 cm.

En vista posterior y medial el lóbulo dorsal del timpánico tiene un ápice medial muy agudo (figura 20 A y D) y forma un borde que recorre el largo del primer tercio posterior de la bula; en el ápice de ambas vistas, éste borde forma un pequeño pero prominente pico o espina con una orientación postero-dorsal en vista medial. Posterior y anterior a ésta espina existen dos fosas, una sobre

el borde posterior del timpánico la cual es alargada medio-lateralmente y otra bajo el borde posterior del timpánico en vista medial, alargada anteroposteriormente, ambas están alineadas oblicuamente en sentido anteroposterior y forman el surco medio de la bula timpánica. Ésta fosa en vista posterior es muy somera. El lóbulo ventral (en vista ventral, medial y posterior) está muy desarrollado, es grueso y ancho; comienza posteriormente bajo el pedículo del proceso posterior del petrotimpanico y corre dorsoventralmente hasta fusionarse con la quilla medial la cual ésta solo ligeramente desarrollada y alcanza la espina anterior del timpánico. Ambos lóbulos, ventral y dorsal, se separan en función de su desarrollo, pues no presentan ninguna depresión entre ellos, sin embargo, el lóbulo ventral se extiende posteriormente mas allá que el lóbulo dorsal.

El proceso sigmoides se desarrolla hacia la parte dorsal, tiene un giro en sentido de las manecillas del reloj en el timpánico izquierdo, quedando su ápice con una orientación dorso-lateral, su desarrollo ventral esta casi al mismo nivel que el eje lateral de la bula, mientras que su desarrollo dorsal está muy extendido. Anterior al proceso sigmoides está un surco que comienza justo sobre el pedículo malear en vista dorsal y posterior al mismo proceso hay una delgada depresión entre el proceso sigmoides y la apófisis cónica. En vista posterior el proceso sigmoides tiene forma esférica, ligeramente cóncava, forma parte de la superficie donde se inserta el ligamento timpánico, para la inserción

de la membrana timpánica (Ekdale, *et al.*, 2001); la vista anterior del proceso sigmoideo es convexa y sobre ella se encuentra el pedículo malear.

La espina anterior del timpánico no se encuentra preservada, sin embargo, en posición ventral y ligeramente posterior a su ápice más anterior se observa un lóbulo ancho y poco desarrollado el cual es convexo ventro-posteriormente y cóncavo dorso-medialmente (figura 20 C).

Periótico

El periótico izquierdo de UABC-FCMM 3373 tiene un proceso anterior ancho, grueso y semicircular, formado de un hueso denso (figura 21); el proceso anterior es notablemente más grande que el pars coclearis. El extremo más anterior del proceso anterior está formado por un hueso poroso, rugoso. En general, el proceso anterior es recto y liso medialmente, con una ligera inclinación medio-ventral. Ventro-lateral al proceso anterior se encuentra la proyección lateral del proceso anterior, la cual es delgada y cuenta con un ápice anterior muy agudo.

En vista dorso-medial la fosa suprameatal es ancha y está orientada dorso-medialmente, su profundidad no se puede definir con precisión, pues parte de su superficie rugosa y vesicular se perdió, pero se puede observar como ésta se expande dorsalmente dando una forma de lagrima invertida al periótico en vista medial; el tegmen timpánico forma el borde dorsal de la fosa

suprameatal, éste es grueso y está formado de un hueso denso y poros (figura 21 A, B y D).

El pars coclearis es muy pequeño en comparación con la extensión total del periótico, es oblicuo y ligeramente más largo que ancho y tiene forma de semicírculo. El meatus acústico interno sobre la superficie medial es oval anteroposteriormente y tiene forma de cono, es decir, su base interna es más estrecha que la superficie externa (figura 21 A); el extremo anterior del meatus es alto debido a lo ancho y prominente de la crista transversa, la cual separa al meatus acústico interno del canal para nervio facial. El foramen facial es oval, muy largo anteroposteriormente, es encontrado entre el meatus acústico interno y el borde posterior del surco promontorial o surco para el musculo tensor del timpánico. Medial al foramen facial se encuentra el surco para el musculo tensor del timpánico, el cual es ancho y corre posterodorsalmente dividiendo al proceso anterior por un lado y al promontorium y la fosa suprameatal por otro (figura 21 A y C).

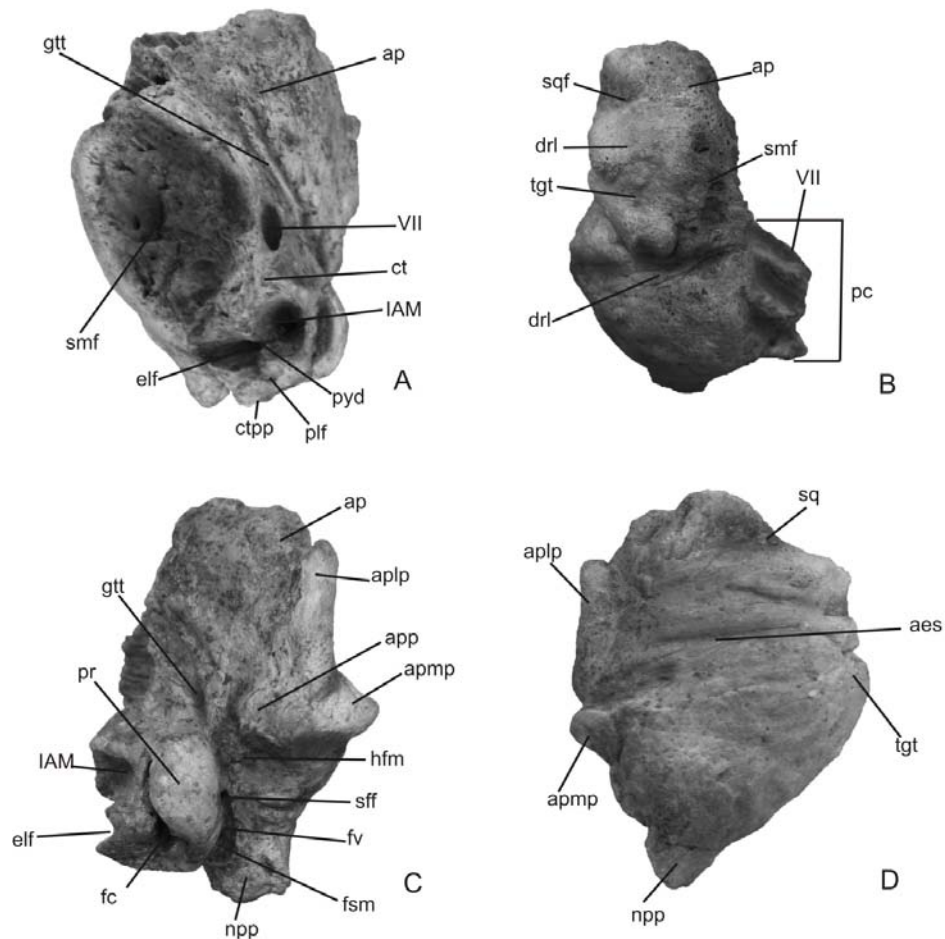


Figura 21. Periótico izquierdo del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Medial; B, Dorsa; C, ventral y D, lateral. Abreviaciones: aes, surco antero externo; ap, proceso anterior; aplp, proyección lateral del proceso anterior; apmp proyección medial del proceso anterior; app, pedículo del proceso anterior; ct, crista transversa; ctp, proceso timpanicocaudal del periótico; dri, borde dorsolateral; elf, foramen endolinfático; fc, fenestra coclear o fenestra rotunda; fsm, fosa para el músculo estapeidal; fv, fenestra vestibular; gtt, surco para el músculo tensor del timpánico; hfm, fosa para la cabeza del martillo; IAM, Meatus Acustico Interno; npp, cuello del proceso posterior; pc, pars coclearis; plf, foramen endolinfático; pr, promontorium; pyd, proceso piramidal; sff, foramen facial secundario; smf, fosa suprameatal; sq, fosa escamsoal; sqf, fosa escamosa; tgt, tegmen timpánico; VII, canal del nervio facial. Línea de escala 3 cm.

Dorsal al meatus acústico interno se encuentra el foramen endolinfático el cual es en forma de semilla; ambos, meatus acústico interno y foramen endolinfático están separados por el proceso piramidal, el cual es delgado al centro y ancho en los extremos. Posterior al foramen endolinfático y medial a la fenestra rotunda se encuentra el proceso timpánico caudal del petrosal el cual es muy agudo y orientado dorsomedialmente, su superficie posterior está quebrada. En vista posterior, bajo el proceso timpánico caudal del petrosal y anterior al cuello para el proceso posterior del petrosal se encuentra la fosa estilomastoidea, la cual es muy somera y está limitada ventralmente por la fosa para el músculo estapeidal (figura 21 C).

Ventrolateralmente al pars coclearis se encuentra un surco profundo, el cual contiene a la fenestra vestibular en forma de ojo, el foramen facial secundario o la abertura timpánica del canal para el nervio facial (tomado de Boutel y Muizon, 2006, en Wible, 1990), situado lateralmente a la fenestra vestibular, y posteriormente a estos dos orificios se encuentra el surco para el nervio facial. En vista ventral, el pars coclearis o promontorium es suave y convexo en forma de semicírculo, más ancho anterior que posteriormente (figura 21 C)

En vista ventral y anterolateralmente al segundo foramen facial, está la fosa para la cabeza del martillo, la cual es circular y muy somera. Posteromedial a la fosa para la cabeza del martillo se encuentra la cresta periotica; ventral a la cresta periotica se encuentra la fosa para el yunque, la cual es muy somera y

apenas se logra diferenciar de la superficie del periótico; posterior, dorsal y medial al canal para el nervio facial se encuentra la fosa para el musculo estapeidal, la cual es circular. Posterior a estas estructuras se encuentra la base para el proceso timpánico caudal del petrosal, con una orientación posterolateral (figura 21 C).

En vista lateral, el periótico es limitado dorsalmente por el borde dorsolateral, y ventralmente por borde ventrolateral, éste último es recto anteroposteriormente y está formado por la proyección lateral del proceso anterior. En sentido dorsoventral corre un largo y ancho canal, el cual constituye el surco antero externo (Figura 21 D), siendo más ancha ventral que dorsalmente. Anterior a esta fosa y en posición ligeramente más dorsal se encuentra otra fosa lateral del proceso anterior denominada fosa escamosal, ésta es ancha, y está limitada anteriormente por el borde mas anterior del proceso anterior y posteriormente por el borde anterior de la fosa escamosal. En el borde ventral y posterior al surco anteroexterno, hay una cresta o saliente llamada pedículo del proceso anterior o pedículo anterior para la bula muy desarrollada con orientación ventrolateral (figura 21 D).

Martillo.

En vista dorsal el pedículo del martillo o proceso anterior del martillo esta fusionado con la lámina anterior y ambos forman una especie de canal que

corre desde la parte anterior de la cabeza articular, este canal es ancho y en su parte anterior está quebrado. La cabeza articular para el yunque, tanto la parte dorsal y ventral son convexas, la dorsal es más ancha y robusta que la parte ventral, esta última en sección transversal es plana y parece tener un corte con un ángulo mayor a 90° , el cual separa la parte dorsal de la ventral. El cuerpo consta de dos procesos el manubrio en la parte medial y el proceso muscular en la parte dorsal. La cabeza es ligeramente más ancha y robusta que el cuerpo. El proceso muscular es ligeramente convexo en vista dorsal, el manubrio es largo y en forma de pico, ligeramente doblado ventralmente (figura 22).

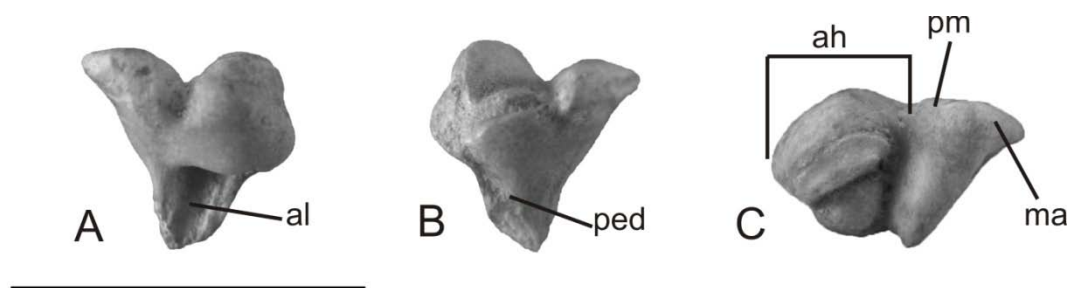


Figura 22. Martillo izquierdo del espécimen UABC-FCMM 3373. A Vista dorsal; B, Vista ventral y C, Vista posterior. ah, cabeza articular; al, lamina anterior; ma, manubrio; ped, pedibulo; pm, proceso musculares. Línea de escala 2 cm.

7.1.2. Especimen UABC-FCMM 3374

Sistemática

Clase **Mammalia** Linnaeus, 1758

Orden **Cetacea** Brisson, 1762

Suborden **Autoceta** Haeckel, 1866

Infraorden **Mysticeti** Cope, 1891

Superfamilia *aff* Balaenopteroidea

Material de referencia: UABC-FCMM 3374. El espécimen está representado por ambas mandíbulas izquierda y derecha, las cuales les falta ambos extremos, próximal y distal; también se cuenta con el escamosal y parte de su proceso cigomático así como el proceso postglenoides izquierdo; la parte medial del escamosal derecho, la cual conforma el borde lateral del foramen pseudo-oval, la parte terminal del proceso cigomático del escamosal derecho así como un fragmento del proceso postglenoides derecho. Existen partes del basicraeno, pero el estado de preservación que presentan es imposible su reconocimiento preciso (figuras 23 y 24).

Localidad y Edad: Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, Mesa La Misión, Localidad 103, capa "G", de edad Mioceno Medio.

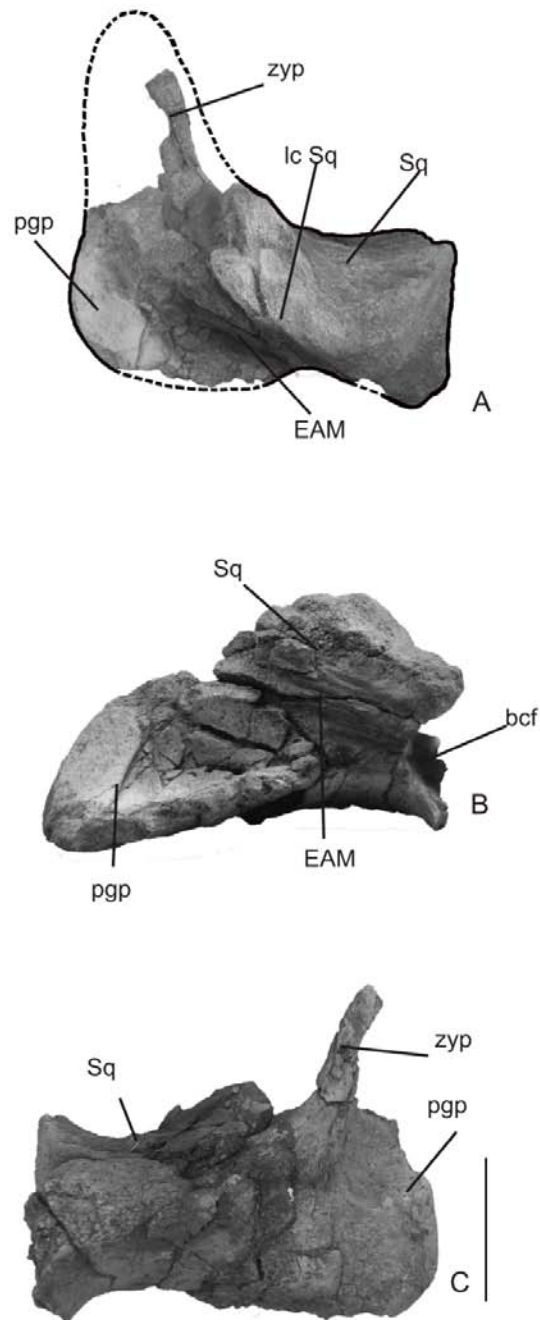


Figura 23. Escamosal izquierdo del espécimen UABC-FCMM 3373. A, Reconstrucción en vista dorsal, B, vista posterior y C, vista ventral. Abreviaciones: bcf, fisura basicapsular; EAM, meatus acústico externo; lcSq, cresta lambdoidal del escamosal; pgp, proceso postglenoide del escamosal; Sq, escamosal; Zyp, proceso cigomático.

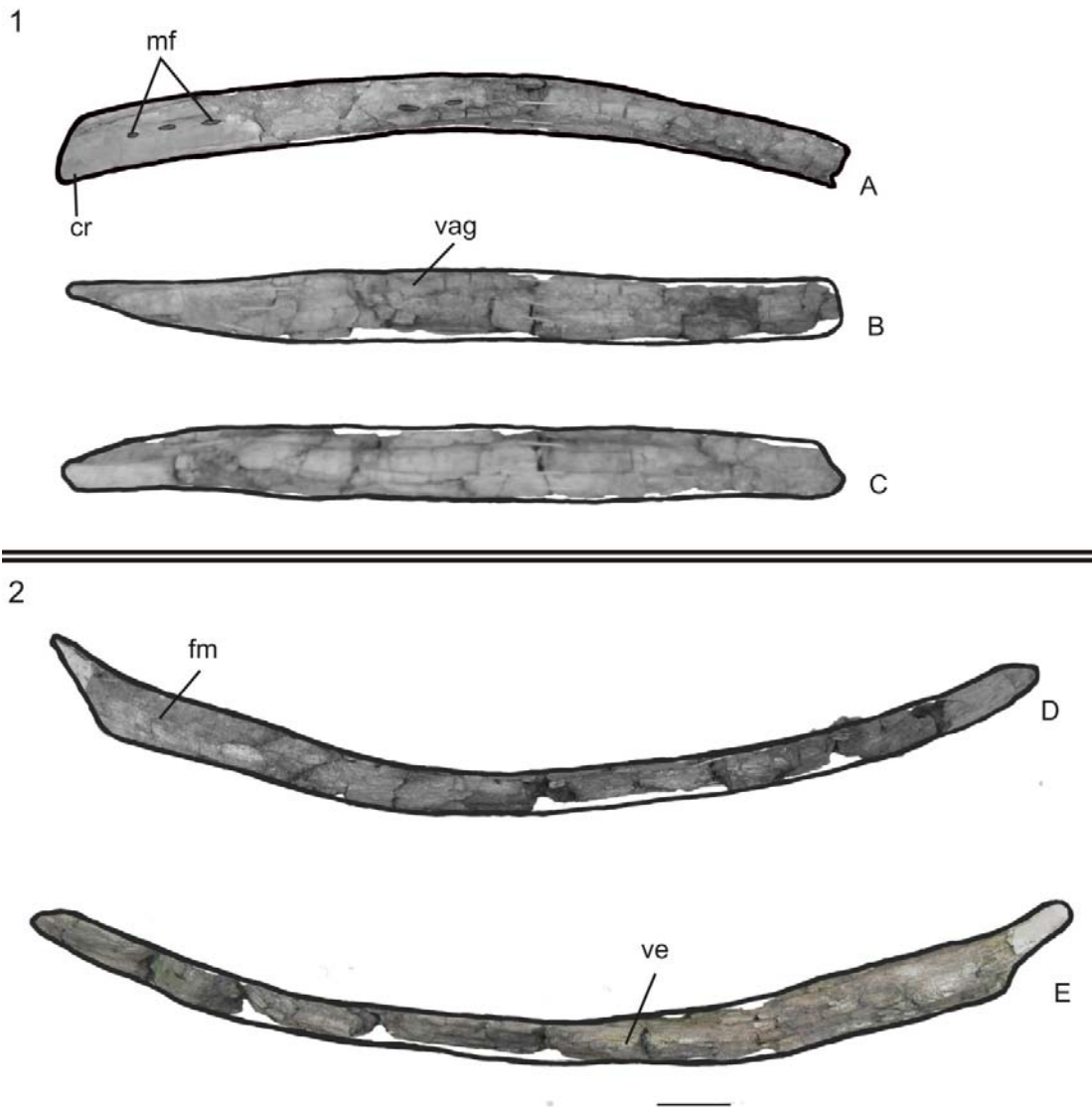


Figura 24. Mandíbulas del espécimen UABC-FCMM 3373. 1 Mandíbula izquierda, A, vista dorsal; B, vista medial; C, vista lateral y 2, mandíbula derecha, D, vista dorsal y E, vista ventral. Abreviaciones: cr, cresta anterior al proceso coronoides; mf, forámenes mandibulares; vag, surco vestigial alveolar; ve, borde ventral. Línea de escala 10 cm.

Diagnosis:

Masivo escamosal con un grande proceso postglenoides orientado hacia abajo, hacia atrás y ligeramente hacia afuera, es delgado y de forma cuadrada. El proceso cigomatico al parecer es largo y grueso orientado hacia adelante y hacia afuera. Fosa glenoidea para la articulación de la mandíbula es ligeramente cóncava. Un masivo escamosal derecho es observado en su parte medial conformando un amplio foramen pseudo-oval, el cual está formado por el escamosal y el pterigoides.

Ambas mandíbulas tienen un grado de preservación de moderado a bueno y quizá sufrieron deformaciones diagenéticas. La característica más sobresaliente de ambas mandíbulas es el evidente arqueamiento gradual y homogéneo a lo largo de toda rama mandibular; además, el borde dorsal de la mandíbula, es plano en la parte anterior, mientras que la posterior es aguda. La superficie medial es plana y vertical en la mayoría de la extensión mandibular, solo en la parte anterior existe un torcido en sentido de las manecillas del reloj de la rama mandibular, cambiando de horizontal a oblicua la superficie medial mandibular.

Descripción. La descripción del cráneo se realizó en dos partes:

1. Caja craneana, que incluye escamosal
2. Rostro, incluye ambas mandíbulas

1. Caja craneana

Escamosal

Sólo se conservó la parte medial-posterior del proceso cigomático izquierdo, y junto con el extremo distal del proceso cigomático derecho se logró hacer una descripción muy general del mismo. El escamosal y el proceso postglenoides izquierdo casi se conservaron en su totalidad, mientras que el escamosal derecho se conservó en partes (figura 23).

El proceso cigomático es largo, grueso y en forma de triángulo, el cual está dirigido hacia adelante y hacia afuera; el proceso postglenoides es delgado en sentido anteroposterior, de forma semicuadrada y está orientado hacia atrás, ligeramente hacia abajo y hacia afuera. En su superficie dorsal es lisa, con una amplia fosa, la cual se ubica lateral a los pliegues para el encajamiento del proceso posterior del periótico. La parte medial del escamosal es masiva y su superficie anterointerna guarda una muy somera fosa glenoidea para la articulación de la mandíbula; dicha fosa es indistinta en vista ventral. En vista ventral, el escamoso en la superficie lateral es ligeramente cóncavo, desde el proceso cigomático hasta el proceso postglenoides, mientras que la superficie ventromedial es ligeramente convexa y posterior a ésta en sentido medial; se dobla fuertemente ventralmente para conformar la pared lateral del foramen pseudo-oval mediante un largo y grueso proceso falciforme (visto en el escamosal derecho). En la superficie cerebral o medial del escamosal esta una

suave y profunda fosa para acomodar el peritico y los demás huesos del oído. En la superficie posterolateral se encuentran ligeros pliegues o ranuras para el encajamiento del proceso posterior, sin embargo estos no se encuentran en un profundo y amplio surco, si no sobre una superficie casi plana y somera (figura 23).

2. Rostro

Mandíbula.

Ambas mandíbulas se encuentran preservadas casi en su totalidad (figura 24), sólo los extremos se perdieron; anteriormente sobre la mandíbula derecha se observa el comienzo de la sínfisis mandibular, mientras que en la mandíbula izquierda no se presenta esta característica; posteriormente ambas mandíbulas están rotas en aproximadamente la misma dirección, justo antes del proceso coronoides, La longitud total en línea curva de las mandíbulas es 117 cm y 150 cm para la mandíbula izquierda y derecha respectivamente. Sobre el borde dorsal de la terminación posterior en ambas mandíbulas parece estar el comienzo anterior del proceso coronoides, el cual, según las características de este borde, pudo haber estado muy desarrollado y muy largo, otra característica visible sobre la posible forma del proceso coronoides es que éste tal vez tenía una orientación medial, sobresaliendo del margen mandibular más horizontalmente sobre la parte medial, en vez de elevado verticalmente y

ligeramente horizontal sobre la parte dorsal (figura 24 A) cabe señalar, que esta característica también pudo ser efecto de alguna deformación postmortem y de procesos tafonómicos, pues justo aquí la superficie dorsal es lisa y casi completamente horizontal, además el resto de la mandíbula está muy irregular y quebrado, sin embargo esta característica es preservada en las dos mandíbulas (figura 24 A y D). El arqueamiento hacia la parte medial en la mandíbula izquierda no está muy marcado, solo presenta un ligero arqueamiento en la mitad anterior, mientras que la mitad posterior es casi recta (figura 24 A); sin embargo, en la mandíbula derecha, se observa un arqueamiento gradual a lo largo de toda su extensión (figura 24 D); el estado de preservación en ambas mandíbulas es similar, sin embargo, el arqueamiento mandibular no parece haber sufrido grandes modificaciones. Sobre la superficie dorsal de la mandíbula izquierda se aprecian cinco forámenes mandibulares, en todos ellos en la mitad posterior, el primero de ellos en sentido postero-anterior se encuentra a los 11.4 cm, el segundo 3.5 cm después, y los últimos dos se encuentran 33 cm después y son muy someros, no muy evidentes en comparación con los dos primeros. Por otro lado en la mandíbula derecha solo es visible un foramen mandibular, encontrado a los 20 cm antes de su extremo más posterior. La superficie dorsal anterior no está preservada; en el borde dorsal anterior de la rama mandibular hay un borde que sobresale ligeramente medialmente, formando posiblemente el techo del surco alveolar. El diámetro transversal es mayor en la parte posterior que en la anterior. El mayor ancho es de 9.32 cm y se mantiene casi constante sobre la mitad posterior hasta poco

antes de la mitad de la rama mandibular. En la mitad de la rama mandibular el ancho es de 7.33 cm, mientras que el extremo más anterior tiene un ancho de 5.76 cm; en general, se observa como la mandíbula disminuye ligeramente su ancho en sentido postero-anterior, sin marcar saltos abruptos en las dimensiones (figura 24). En vista medial, la superficie interna de la mandíbula es plana, y es más evidente en el primer tercio posterior. Poco más del primer tercio posterior, presenta un ligero giro en sentido de las manecillas del reloj, lo cual es muy evidente en vista posterior. La cara dorsal de la mandíbula está comprimida, originando un mayor diámetro transversal (ancho) que alto mandibular.

7.1.3. Especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376

Sistemática

Clase **Mammalia** Linnaeus, 1758

Orden **Cetacea** Brisson, 1762

Suborden **Autoceta** Haeckel, 1866

Infraorden **Mysticeti** Cope, 1891

Familia: *aff* **Eomysticetidae** Sanders y Barnes, 2002.

Genero y especie indeterminado.

Material de referencia: UABC-FCMM 3375 representado por la mandíbula izquierda incompleta sin el proceso coronoides sin el proceso angular y sin el

extremo más posterior; así como una parte media de la mandíbula derecha. UABC-FCMM 3376, representado una fracción de la mandíbula izquierda a la altura del proceso coronoides. Fueron colectados en Enero de 1998 por Francisco Javier Aranda-Manteca (figuras 25 y 26).

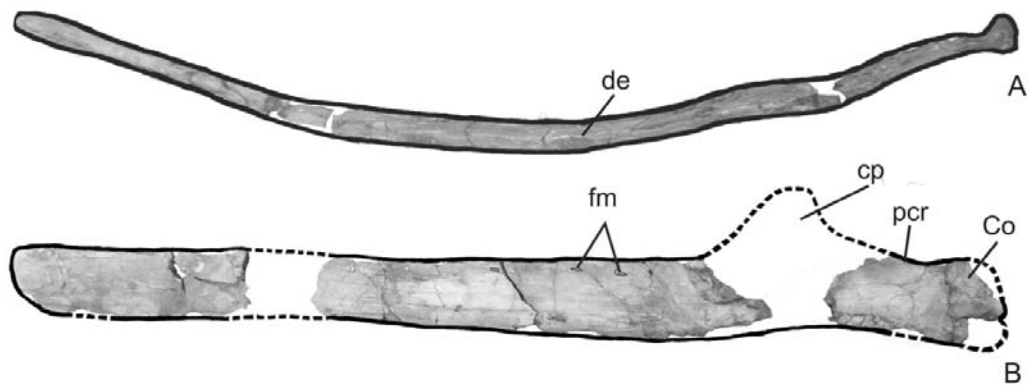


Figura 25. Mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3373. A, vista dorsal; B, vista lateral. Abreviaciones: Co, cóndilo mandibular; cp, proceso coronoides; de, borde dorsal; fm, forámenes mandibulares; pcr, cresta posterior al proceso coronoides. Línea de escala 10 cm.

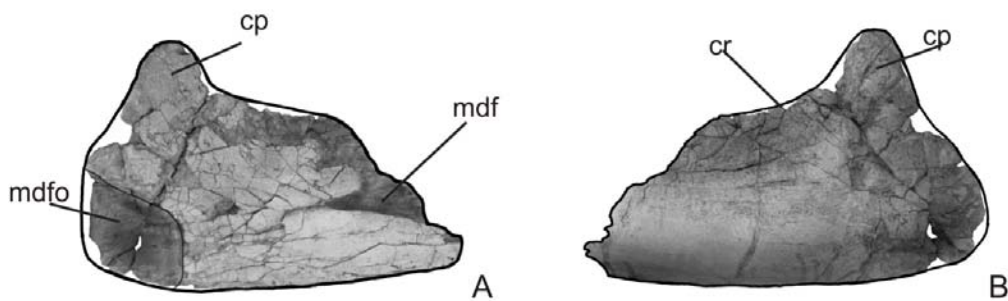


Figura 26. Pedazo de la mandíbula izquierda del espécimen UABC-FCMM 3376. Abreviaciones: cp, proceso coronoides; cr, cresta anterior al proceso coronoides; mdf, foramen mandibular; mdfo, fosa mandibular. Línea de escala 10 cm.

Localidad y Edad: Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, Mesa La Misión, Localidad 103, capa “G”, de edad Mioceno Medio.

Espécimen UABC-FCMM 3375.

Diagnosis:

Una de las características más importantes de éste espécimen resalta a primera vista en la mandíbula: Mandíbula relativamente plana, delgada y muy larga; además el proceso coronoides aunque no está presente, parecía estar muy alto, tipo hoja y ligeramente doblado. La superficie medial es plana a ligeramente cóncava, mientras que la superficie lateral es plano-convexa. Está poco doblada medialmente.

Descripción.

La mandíbula UABC-FCMM 3375 está casi completamente preservada, sólo le faltan el extremo más anterior, el proceso coronoides y el proceso angular. La descripción del proceso coronoides está basada en el espécimen UABC-FCMM 3376 por su gran afinidad, con la cual se realizó una reconstrucción (figura 25 B). La mandíbula está ligeramente doblada hacia la parte medial, es profunda y comprimida lateromedialmente, muy plano-convexa a convexa por ambos lados. El borde dorsal de la mandíbula no está completo en las tres cuartas partes posteriores, sin embargo, se puede deducir que el diámetro transversal de la mandíbula y el alto mandibular se mantienen casi

constantes a lo largo de toda su extensión, siendo el margen anterior ligeramente más estrecho y menos alto. El borde dorsal es muy agudo o afilado en las tres cuartas partes posteriores anterior al proceso coronoides, mientras que la cuarta parte anterior es redondeado y más ancho. Por el contrario, el borde ventral es inverso al borde dorsal, las tres cuartas partes posteriores son anchas y redondeadas, y la cuarta parte anterior es delgada a afilada ventralmente. En vista lateral y dorsal, se aprecia como la mandíbula se dobla suave hacia la superficie ventral (figura 25 A y B).

La terminación anterior de la mandíbula es totalmente vertical. El largo mandibular es de casi 2 metros. En la terminación distal, sobre la superficie medial se observa una ranura relativamente ancha y profunda, dicha ranura es parte de la sínfisis mandibular, por lo que se supone el extremo anterior faltante no era muy largo. La ranura para el ligamento sinfisial mide aproximadamente 7 cm de longitud anteroposterior y se encuentra ligeramente superior al nivel de la mitad de su altura y está orientada dorsalmente. Bajo la ranura para el ligamento sinfisial y posterior a la misma, se encuentran dos surcos paralelos, muy someros y delgados, los cuales miden 17.5 cm y terminan a 9.5 cm antes del extremo mandibular anterior. Sobre la superficie lateral de la mandíbula, se observan 6 forámenes mandibulares, los cuales se encuentran a 73, 88, 100, 108, 116 y 125 cm a partir de su extremo más anterior. Los forámenes mandibulares están orientados anteriormente y ligeramente hacia la superficie

dorsal, los más posteriores son más largos y profundos, y los anteriores se vuelven cortos y someros (figura 25 B).

El proceso coronoides de este espécimen está casi completamente perdido (figura 25 B), solo es posible observar en la parte más posterior, una elevación con orientación dorso-medial, indicando una muy desarrollada cresta posterior al proceso coronoides, muy próxima al cóndilo; bajo esta elevación en vista lateral, se encuentra una profunda y suave concavidad. La superficie lateral bajo esta concavidad es totalmente convexa teniendo su ángulo de inflexión aproximadamente a la mitad de su altura. La configuración del proceso coronoides pudo parecerse a la encontrada en el espécimen UABC-FCMM 3376, el cual presenta una morfología algo similar, pero de mayor tamaño. El proceso coronoides pudo haber sido muy alto y delgado en vista dorsal y lateral, en forma de una hoja, con una orientación dorsal y con una ligera inclinación lateral. En sentido anterior, a partir del proceso coronoides, existe una cresta dorsal muy delgada y afilada dorsalmente, la cual recorre anteriormente la longitud del dentario hasta unirse con el borde dorsal, el cual presenta esta misma configuración (figura 25). La fosa mandibular es muy somera, grande, alta y en forma de cuña, cubre más de la mitad superior de la altura de la mandíbula, en esta sección, se extiende postero-dorsalmente hasta casi alcanzar el borde dorso-ventral del cóndilo. La distancia entre el borde ventral de la mandíbula y la fosa mandibular es de aproximadamente 4.8 cm. La abertura para el canal mandibular es angosta, en comparación con lo alto del

canal mandibular y es encontrada bajo la parte más elevada del proceso coronoides. El canal mandibular es muy alto y delgado. La superficie medial bajo el proceso coronoides es cóncava, mientras que las partes anteriores son plano-convexas.

En el extremo anterior, sobre la superficie dorsal, se observa el surco vestigial alveolar con una longitud de 21 cm, es profundo y ancho en su parte más anterior y delgado y somero en su parte más posterior; cabe resaltar que sobre el resto de la mandíbula no se observan restos del surco vestigial alveolar. El cóndilo mandibular tiene una orientación posterior; es más ancho ventral que dorsalmente; la superficie articular es convexa y se extiende lateralmente a ambos lados de la mandíbula; en vista lateral el cóndilo se muestra suave y ligeramente convexo hacia la terminación posterior, y sobre la superficie medial es abruptamente convexo. La superficie postero-dorsal del cóndilo no está completa, sin embargo la parte que se preservó indica que ésta era aguda y con una ligera orientación dorsal. El proceso angular aunque no está presente parece haber sido muy pequeño en comparación con el cóndilo, se encontraba bajo el mismo, con una orientación ventro-posterior (figura 25).

Espécimen UABC-FCMM 3376

Diagnosis:

Proceso coronoides muy desarrollado elevado y tipo hoja; éste está sólo ligeramente doblado lateralmente, es más bien vertical; anterior al proceso coronoides hay una cresta muy delgada y sub vertical. El proceso coronoides se eleva bruscamente a partir de esta cresta, hasta su ápice dorsal; el ápice dorsal o punta es redondeado y, a partir de éste desciende tajantemente posteriormente. No presenta cresta posterior al proceso coronoides. En vista medial, la apertura para el canal mandibular está ubicada cerca del borde ventral, es pequeña y orientada posteriormente. Al parecer, la mandíbula era muy alta; además, muy delgada ventrolateralmente.

Descripción. Sólo incluye una mandíbula.

El espécimen UABC-FCMM 3376, está representado sólo por la parte mandibular que contiene el proceso coronoides de la mandíbula izquierda. La característica principal de esta mandíbula, es lo elevado y delgado del proceso coronoides al igual que el borde anterior del mismo. Debido a las características de la parte preservada se puede deducir que la mandíbula era muy grande (mayor a 2 metros), casi recta en vista dorsal y lateral, muy convexa en la superficie lateral y plana en la superficie medial. Sobre la superficie labial el ángulo de inflexión o mayor convexidad se encuentra inferior al nivel de la

altura media de la mandíbula. Sobre éste mismo lado se observa como la mandíbula tiene una ligera orientación anterior hacia la superficie dorsal, es decir, la mandíbula pudo haber estado ligeramente doblada u orientada hacia la superficie dorsal en vista lateral. Debido a estas características el borde ventrolateral esta redondeado. Bajo el borde dorsal se aprecia un concavidad extendida a lo largo de la parte preservada, la cual es más evidente sobre la parte inferior al proceso coronoides (figura 26 B). No se observa ningún foramen mandibular, quizá debido a lo cercano al proceso coronoides, pues en la mayoría de las mandíbulas se encuentran anteriores a éste. El proceso coronoides está casi completo, a excepción de pequeñas partes quebradas sobre el borde dorsal; éste tiene un ápice muy alto y termina en una punta redondeada, orientada dorsal y ligeramente lateral; está muy grande y desarrollado, delgado tipo hoja, con una elevación muy pronunciada; la base posterior del proceso está a un nivel ligeramente inferior de la mitad de altura mandibular; mientras que en la parte anterior, la base se encuentra ligeramente superior a la mitad de la misma; anterior al proceso coronoides se encuentra una cresta con inclinación gradual hacia el extremo anterior, formando una lamina delgada y alta. La superficie medial de la mandíbula es plana horizontal como verticalmente, lo cual sugiere que la mandíbula era recta anteroposteriormente; el borde ventromedial es anguloso o cuadrado (figura 26 A). La fosa mandibular es relativamente pequeña y corta, menos de la mitad de la altura de la rama, se ubica inmediatamente superior al borde ventral, es ligeramente cóncava y en su parte posterior está orientada posteriormente. La

abertura para el canal mandibular comienza bajo el proceso coronoides, tiene una orientación posterior ligeramente ventral, y anteriormente se proyecta ligeramente hacia la superficie dorsal, esta característica es concordante con el ligero arqueamiento de la mandíbula hacia el dorso. Al nivel de la abertura para el canal mandibular se aprecia un canal reducido, y conforme recorre anteriormente la parte de la mandíbula crece en altura y diámetro. Tanto la fosa mandibular, como el canal mandibular en la parte posterior se encuentran en la mitad inferior de la mandíbula, inmediatamente superiores al borde ventral (figura 26).

7.2 Análisis filogenético de máxima parsimonia

El análisis filogenético sólo se realizó con el espécimen UABC FCMM 3373 debido a que es el más completo. Con los 103 caracteres diagnósticos del cráneo, huesos del oído y mandíbulas de 27 taxa (Anexo 4), se realizó el análisis estadístico multivariado utilizando el método de máxima parsimonia. Como resultado, se obtuvieron 12 árboles igualmente parsimoniosos de 389 pasos en los cuales se observó que había alto grado de variación. El Índice de Consistencia (CI) fue de 0.42 (<.50) y el Índice de Retención (RI) de 0.70. De los 12 árboles, se realizó un consenso estricto y un análisis de Bootstrap, por medio de búsquedas heurísticas con 100 replicas, mediante el algoritmo "Branch-swapping algorithm" (rama de intercambio)-Tree Bisection and Reconnection (TBR). El árbol de consenso estricto se muestra en la Figura 27 y el de Bootstrap con una regla mayoritaria del 50% en la Figura 28.

La topología del árbol de consenso, sugiere un grupo grande donde incluye todos los mysticetos barbados (nodo 47) con un 96 % de porcentaje de bootstrap. A partir de éste nodo, se desprenden dos grupos con un 100% de bootstrap (nodo 46).

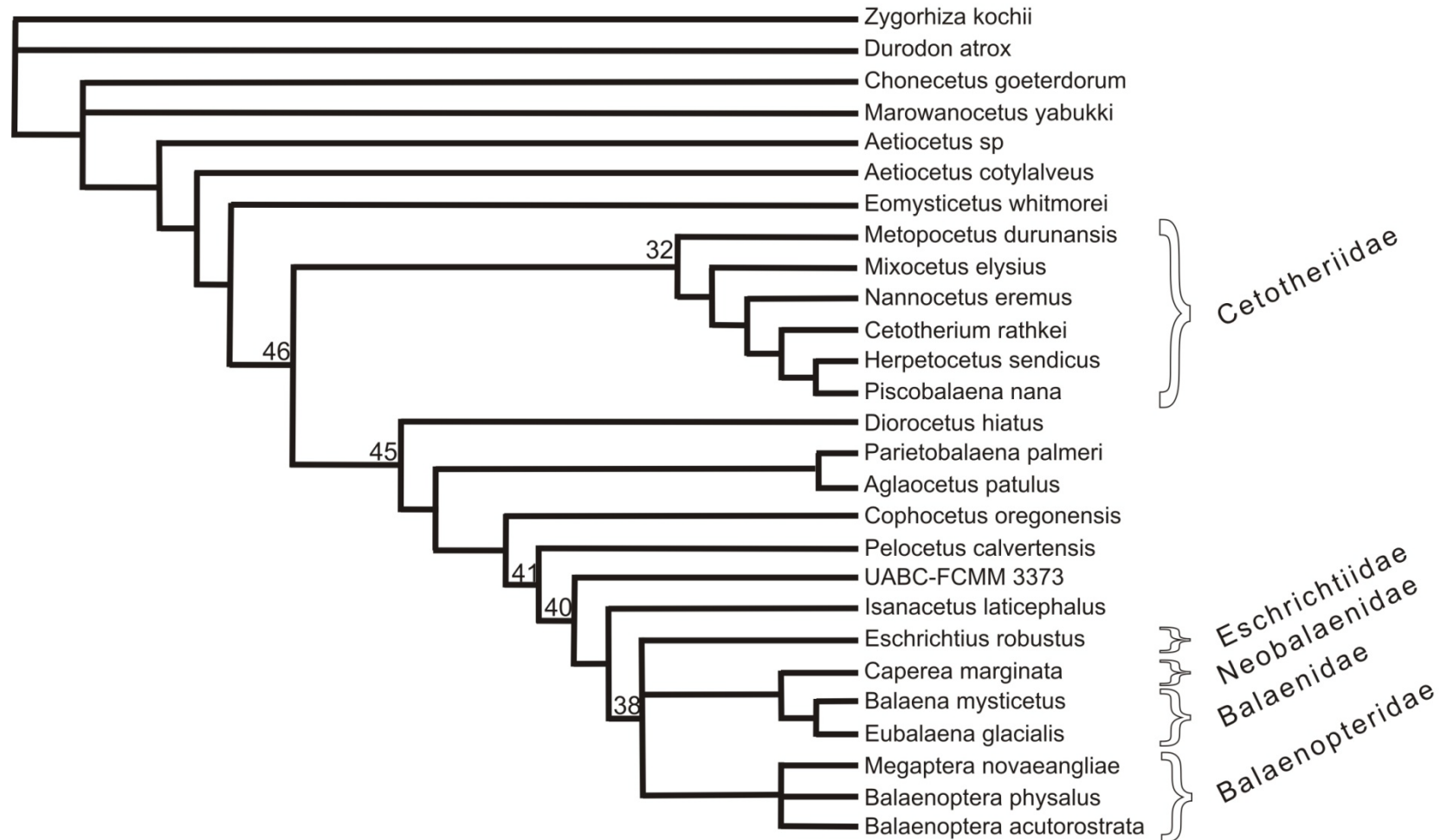


Figura 27. Consenso estricto del análisis de máxima parsimonia, resultante en 12 árboles igualmente parsimoniosos. Números indican el número de nodo.

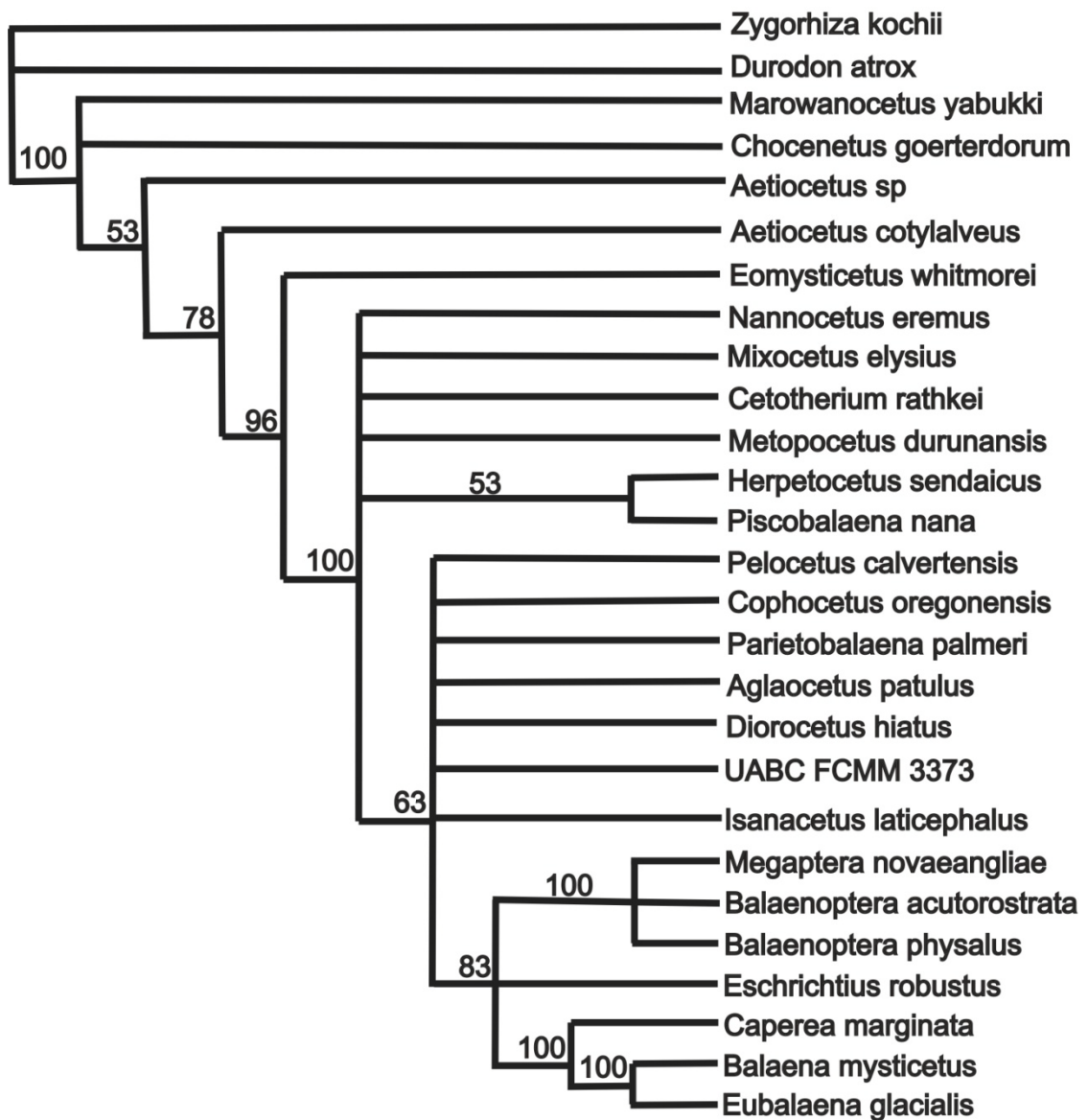


Figura 28. Bootstrap de regla mayoritaria al 50 %. Los números sobre la base de los nodos indican el porcentaje o grado de congruencia de los arboles mas parsimoniosos.

8.DISCUSIÓN

Debido a las características de cráneo, mandíbulas y huesos del oído encontradas en los especímenes UABC-FCMM 3373, UABC-FCMM 3374, UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 se proponen cuatro posibles diferentes especies de misticetos:

UABC-FCMM 3373 es el primero de ellos, es el cráneo mejor preservado. Se caracteriza visualmente por tener los parietales unidos en plano sagital del cráneo, formando una muy fuerte cresta sagital sub-vertical que separa la caja craneana del rostro. El vértice del rostro es muy bajo, en relación a la altura de la caja craneana y es casi recto transversalmente. La mandíbula está doblada fuertemente en la primera mitad posterior, anterior al proceso coronoides; mientras que el resto de la extensión mandibular es casi recta. El periótico tiene un borde medioventral en la base del proceso anterior de forma triangular.

UABC-FCMM 3374, misticeto de mayor tamaño al primero, con un cráneo en un muy malo estado de preservación, en el cual las mandíbulas y el escamosal izquierdo es lo mejor preservado. Por su larga mandíbula, fuertemente arqueada medialmente, se asignó a la Superfamilia Balaenopteroidea.

Dos especímenes, UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 fueron encontrados con afinidad a la familia Eomysticetidae. Esto se determinó en base a las mandíbulas. Ambos especímenes tiene mandíbulas muy altas y delgadas, con un proceso coronoides en forma de hoja. Con éste espécimen se extiende el registro de la familia Eomysticetidae desde el Oligoceno Tardío al Mioceno Medio y además se amplía su área de distribución y el número de taxa (Tabla II).

Tabla II. Especies y especímenes utilizados en comparación. ~ Especies y especímenes asignados a la familia Cetotheriidae, pero que no se ha comprobado.

Espece	No catalogo	Familia	Lugar o Formacion	Edad
<i>Cetotherium rathkei</i>	NO	Cetotheriidae	Sur de Rusia	Mioceno Tardío
<i>Piscobalaena nana</i>	SMNK PAL 4050, MNHN SAS 1617, MNHN SAS 1618 Y MNHN SAS 892	Cetotheriidae	Formación Pisco	Plioceno Temprano
<i>Tiphycetus temblorensis</i>	CAS 4355, CAS 4353, CAS 4356 y CAS 4357	~Cetotheriidae	Formación Temblor	Mioceno Medio
	FCMM-1928, FCMM-1934 y FCMM-3106	~Cetotheriidae	Formación Rosarito Beach	Mioceno Medio
<i>Peripolocetus vexillifer</i>	CAS 4370	~Cetotheriidae	Formación Temblor	Mioceno Medio
Nuevo morfotipo	FCMM-3377	~Cetotheriidae	Formación Rosarito Beach	Mioceno Medio
Morfotipo 1 Especie a	FCMM-3107	~Cetotheriidae	Formación Rosarito Beach	Mioceno Medio
Gen y sp indet	FCMM-3108	~Cetotheriidae	Formación Rosarito Beach	Mioceno Medio
<i>Isanacetus laticephalus</i>	MFN 28501 MFN 18004	Aglaocetidae	Formación Akeyo	Mioceno Temprano
<i>Cophocetus oregonensis</i>	UO 305	Pelocetidae	Formación Astoria	Mioceno Medio
<i>Pelocetus calvertensis</i>	USNM 11796	Pelocetidae	Formación Calvert	Mioceno Medio
<i>Parietobalaena palmeri</i>	USNM 10668	Pelocetidae	Formación Calvert	Mioceno Medio
<i>Parietobalaena securis</i>	CAS 4371	Pelocetidae	Formación Temblor	Mioceno Medio
<i>Diorocetus hiatus</i>	USNM 16783	Diorocetidae	Formación Calvert	Mioceno Medio
<i>Balaenoptera Davidsonii</i>	ANSP 12922 y SDSNH 25190	Balaenopteridae	Formación San Diego	Plioceno Tardío
<i>Parabalaenoptera baulinensis</i>	CASG 66660	Balaenopteridae	Formación Santa Cruz Mudstone	Mioceno Tardío
<i>Chonecetus goerdertorum</i>	LACM-131146	Aetiocetidae	Formación Pysth	Oligoceno Tardío
<i>Eomysticetus whitmorei</i>	ChM PV4253	Eomysticetidae	Formación Chandler Bridge	Oligoceno Tardío

8.1 COMPARACIONES

8.1.1. Comparación del espécimen UABC-FCMM 3373

Familia Cetotheriidae (figura 29)

UABC-FCMM 3373 con *Cetotherium rathkei* Holotipo sin catalogar en Paleontological Institute of the Academy of Science, Moscow, en Pilleri, 1990

Semejanzas

- Procesos ascendentes de la maxila muy próximos al ápice del escudo occipital en ambos especímenes
- Ambos especímenes tiene un proceso cigomático delgado y alargado anteriormente, con una orientación anterior y ligeramente medial en sobre los extremos distales del cigomático.
- Los cóndilos occipitales *C. rathkei* son anteriores a la línea de unión de los procesos exaoccipitales similar a UABC-FCMM 3373.
- La cresta lambdoidal del escamosal en vista dorsal es convexa posteriormente en los dos especímenes.

Diferencias

- Los procesos ascendentes de las premaxilas de *C. rathkei* son anteriores a la terminación posterior de los proceso ascendentes de las maxilas; en

cambio, en UABC-FCMM 3373 ambos proceso ascendentes terminan al mismo nivel junto con los nasales.

- Los frontales y parietales de *C. rathkei* están totalmente cubiertos por el empuje hacia atrás de los elementos rostrales medios y por el escudo supraoccipital. Por el contrario en UABC-FCMM 3373, tanto frontales como parietales tienen una corta exposición en la región sagital del cráneo.
- El vértice del cráneo de *C. rathkei* forma una “X” debido a la forma lateral del escudo supraoccipital y a la proyección anterior del borde anterior del proceso supraorbital del frontal. En cambio, en UABC-FCMM 3373 el vértice es casi recto anteriormente, debido que los procesos ascendentes de la maxila y premaxila así como los nasales terminan a un mismo nivel posteriormente.
- El escudo supraoccipital está orientado posteriormente e inclinado hacia la base de los cóndilos occipitales posteriormente en *C. rathkei*; no así en UABC-FCMM 3373, en el cual tiene una exposición mas dorsal, y solo ligeramente inclinado hacia atrás y hacia abajo.
- La fosa temporal es de forma oval, sólo ligeramente más ancha que larga en *C. rathkei*; sin embargo, en UABC-FCMM 3373 es en forma de ojo, más amplia que larga.

- Los parietales de *C. rathkei* están expuestos ampliamente a cada lado del escudo supraoccipital; en cambio en UABC-FCMM 3373, éstos están cubiertos por la cresta lambdoidal del escudo.

UABC-FCMM 3373 con *Piscobalaena nana* (SMNK PAL 4050, MNHN SAS 1617, MNHN SAS 1618, MNHN SAS 892), en Bouetel y Muizon, 2006, Figura 29 B.

Semejanzas

- Ápice anterior de la maxila, muy posterior al ápice de la premaxila.
- Las premaxilas en vista dorsal son muy delgadas posteriormente y se van ampliando anteriormente, la parte más ancha de las premaxilas es al nivel de extremo distal de las maxilas.
- Proceso cigomático del escamosal delgado y alargado, con una orientación anterior y ligeramente lateral.
- Reducida exposición de los parietales en plano sagital del cráneo.

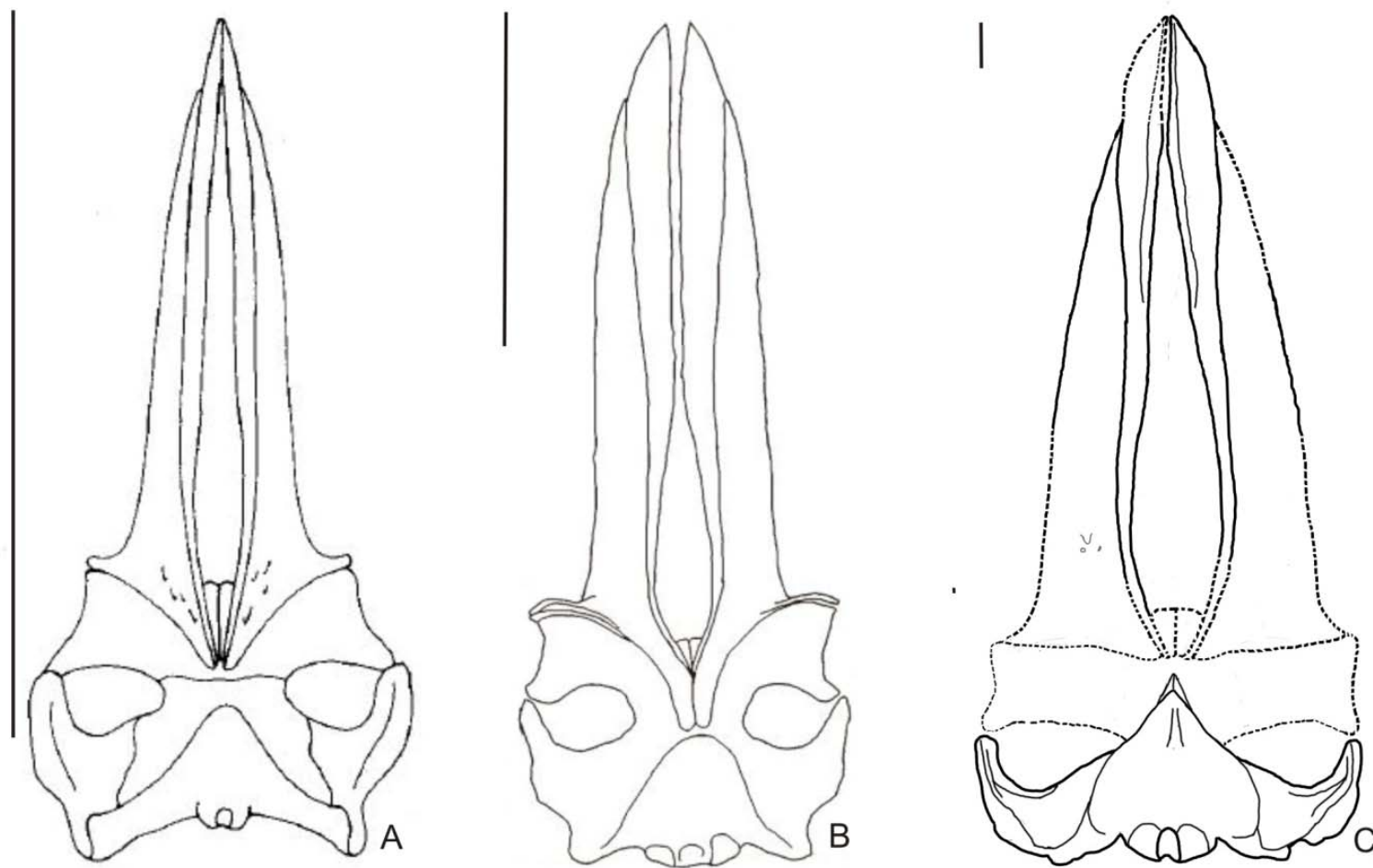


Figura 29. Vista dorsal de los cráneos de *Cetotherium rathkei* (A), *Picobalaena nana* (B) y UABC-FCMM 3373 (C).
Líneas de escala, 50 cm, 40 cm y 10 cm respectivamente.

- En vista ventral, el vómer de *P. nana* al igual que el de UABC-FCMM 3373 tiene una fuerte quilla ventral, y se extiende posteriormente hasta el nivel del proceso del Basioccipital.
- Escudo supraoccipital ancho posteriormente.
- Al parecer, la quilla medial de la bula timpánica está igual de pronunciada en ambas especies.
- El martillo de ambos especímenes tiene fusionado el pedículo con la lamina anterior y esto a su vez esta fusionado al borde anterior del proceso sigmoides del timpánico. Tanto el pedículo como la lámina anterior como el pedículo son paralelos y están separadas por un profundo surco.

Diferencias

- Vértice transversal, en forma de “T” o recto, a diferencia de *P. nana* que tiene un vértice en forma de “X”.
- Proceso ascendente de la maxila largo y ancho, cubriendo dorsalmente a los frontales y llega casi al ápice del escudo supraoccipital, en vez de corto y solo cubre parcialmente a los frontales como en UABC-FCMM 3373. En *P. nana* el proceso ascendente de la premaxila es corto y no alcanza posteriormente el extremo posterior de los nasales y el proceso ascendente de la maxila; a diferencia de UABC-FCMM 3373 en la cual, tanto nasales como procesos ascendentes de la maxila y premaxila llegan posteriormente al mismo nivel.
- Parietales se unen anteriormente en vista dorsal y no tiene quilla sagital, además están expuestos lateralmente al escudo supraoccipital en *P. nana*.

Por el contrario, en UABC-FCMM 3373 los parietales se unen anteriormente en plano sagital del cráneo formando una quilla sagital sub-vertical al eje horizontal del cráneo, y lateralmente están cubiertos por la cresta lambdoidal del supraoccipital.

- *Piscobalaena nana* tiene un escudo supraoccipital en posición posterodorsal, y no casi completamente dorsal como en UABC-FCMM 3373.
- La fosa temporal de *P. nana* es sub-oval y está formada por los bordes mediales de los parietales, escamosal y frontal en vista dorsal. En cambio, en UABC-FCMM 3373 está alargada transversalmente, y está formada por los bordes mediales del proceso supraorbital del frontal, escamosal y escudo supraoccipital.
- Escudo supraoccipital con un ápice lobado anteriormente y una quilla sagital larga y alta en *P. nana*; a diferencia del ápice puntiagudo y quilla sagital del supraoccipital corta y baja encontrada en UABC-FCMM 3373. Además, el ápice anterior en *P. nana* es posterior al nivel de los procesos cigomáticos del escamosal en vez de anterior a éstos como en UABC-FCMM 3373.
- Cóndilos occipitales son anteriores a la línea de unión entre los exaoccipitales, en UABC-FCMM 3373; mientras que, en *P. nana* son posteriores a ésta.
- Cráneo angosto en *P. nana* mientras que en UABC-FCMM 3373 es ancho.

- Los bordes laterales de las maxilas posteriormente son paralelos y anteriormente se estrechan a un punto en *P. nana*; mientras que en UABC-FCMM 3373 es en forma de cono a largo del rostro
- La mandíbula de *P. nana* es ancha y homogénea dorsalmente, arqueada suavemente ventralmente a lo largo de toda la extensión de la rama, en vez de delgada y doblada fuertemente sólo en la parte posterior de la rama mandibular como en UABC-FCMM 3373. Proceso coronoides pequeño, de forma triangular y orientado dorsalmente, en *P. nana*, además presenta una cresta posterior al proceso coronoides; en cambio, UABC-FCMM 3373 tiene un proceso coronoides, pequeño, pero contundente, en forma de gancho y orientado posterodorsalmente, no presenta cresta posterior. Extensión posterior del proceso angular mas allá posteriormente que el cóndilo; por el contrario, en UABC-FCMM 3373, la terminación posterior del proceso angular es al mismo nivel que la del cóndilo.
- La bula timpánica tiene un surco medio menos profundo en UABC-FCMM 3373 que en *P. nana*, debido a que en ésta última está muy desarrollado el lóbulo dorsal, apreciable en vista posterior. La apófisis cónica de la bula es más aguda, gruesa y alta en *P. nana*, mientras que en UABC-FCMM 3373 es baja y semicircular (visible en vista posterior y ventral de la bula); el proceso sigmoides es más ancho y doblado dorsalmente en *P. nana* que en UABC-FCMM 3373. El involucrum está más estriado y grueso en *P. nana* que en UABC-FCMM 3373.

- El proceso anterior del periótico es más grande en UABC-FCMM 3373 que en *P. nana*; el pars coclearis es más grande en *P. nana* que en UABC-FCMM 3373. En vista medial el periótico de *P. nana* es más angosto o alargado que en UABC-FCMM 3373, además, en ésta última el pedículo timpánico caudal del petrosal tiene una orientación dorsal, en vez de posterior como en *P. nana*. El pars coclearis de *P. nana* en vista ventral es bulboso y aproximadamente de igual dimensión que el proceso anterior; contrariamente, en UABC-FCMM 3373, el pars coclearis es bulboso y notoriamente más pequeño que el proceso anterior.
- El ápice del manubrium en el martillo está fuertemente doblado y orientado ventralmente en *P. nana*; y en UABC-FCMM 3373 está solo ligeramente orientado ventralmente. La cabeza articular del martillo de *P. nana* es más grande, bulbosa y expandida dorsal y lateralmente; y más pequeña y solo ligeramente expandida lateralmente. El proceso muscularis está separado de la cabeza articular por un surco somero en *P. nana* y en UABC-FCMM 3373 éste surco es más profundo y se extiende dorsoventralmente.

Especímenes referidos a la familia Cetotheriidae

UABC-FCMM 3373 con *Tiphocetus temblorensis* (CAS 4355) Kellogg 1931

(figura 30 A).

Semejanzas

- En ambas especies los parietales convergen fuertemente anteriormente formando una prominente cresta sagital y cubriendo a los frontales en la región sagital del cráneo.
- Supraoccipital es ancho y anguloso en *T. temblorensis* muy similar al del UABC-FCMM 3373. En ambos especímenes cuenta con una desarrollada cresta sagital con dos fuertes depresiones o fosas alargadas a cada lado de ésta.
- Proceso basioccipital fuertemente desarrollado ventralmente; foramen pseudoval orientado anterolateralmente y formado por el escamosal y pterigoides.
- Amplio proceso postglenoides del escamosal observado en vista posterior.

Diferencias

- En *T. temblorensis* los parietales están expuestos a cada lado del supraoccipital, y anteriormente forman una larga región interorbital en plano sagital del cráneo. Diferente a lo encontrado en UABC-FCMM 3373, donde la región interorbital es corta y los parietales están cubiertos por la cresta lambdoidal del supraoccipital.
- Los cóndilos occipitales son muy bulbosos en *T. temblorensis* y están posteriormente ubicados a la línea que une a los procesos exaoccipitales.

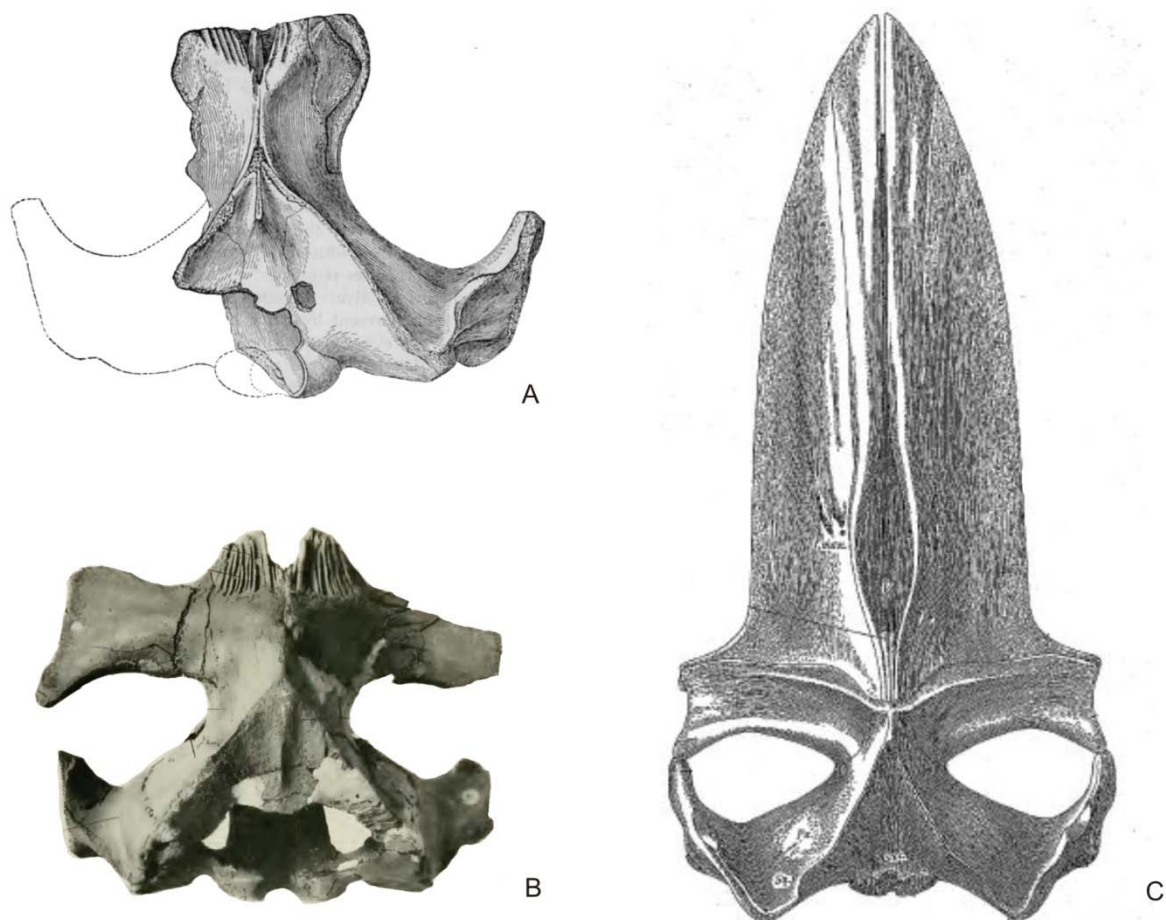


Figura 30. Especímenes similares y referidos al grupo *Isanacetus*-group. A. *Tiphioctetus temblorensis*; B. *Parietobalena palmeri* y C, *Pelocetus calvertensis*. Las imágenes no se representan a escala.

- En vista dorsal el proceso cigomático es corto, robusto y orientado antero-lateralmente en *t. temblorensis*, mientras que en UABC-FCMM 3373 es delgado y largo, orientado anterior, lateral y ligeramente medialmente.
- La cresta lambdoidal del escamosal es alta y cóncava posteriormente bajo la superficie dorsal de ésta.

UABC-FCMM 3373 con CAS 4353 referido a *Tiphlocetus temblorensis* en Kellogg 1931

Semejanzas:

- Ambos tienen un proceso posterior elongado. Superficie medial del proceso anterior plana y lisa. Pars coclearis pequeño, promontorium (o pars coclearis en vista ventral) es similar en forma, además cuentan con un profundo surco para el nervio facial. El meatus acústico interno es en forma de embudo. La superficie externa es fuertemente convexa, el surco antero-externo en ambos especímenes es muy similar, profundo, amplio y rugoso. Fenestra ovalis muy hundida en el promonturium

Diferencias:

- El periótico de CAS 4353 tiene una pequeña fosa suprameatal, en comparación con UABC-FCMM 3373. A pesar de que ambos tiene un largo proceso posterior, en CAS 4353 éste es cuadrado en vista medial, en vez de redondo como en UABC-FCMM 3373. Proceso anterior más profundo y ancho en UABC-FCMM 3373 que en CAS 4353, éste último tiene una larga fosa para la cabeza del martillo sobre el proceso anterior y no cuenta con la proyección lateral del proceso anterior.

UABC-FCMM 3373 con CAS 4356 referido a *Tiphlocetus temblorensis* en Kellogg 1931

Semejanzas:

- Pequeño pars coclearis en ambos especímenes; meatus acústico interno en forma de embudo. Proceso anterior largo y delgado en su ápice.

Diferencias:

- El periótico de CAS 4356 tiene un proceso anterior ampliamente expandido lateralmente, muy grueso y hacia el ápice anterior se vuelve delgado y orientado medialmente, aunque en UABC-FCMM 3373 tiene un proceso anterior expandido lateralmente, éste no es tan delgado en el ápice y no se orienta medialmente. La superficie anterior sobre esta cara es rugosa, cóncava e irregular. El proceso anterior es muy corto en relación con el pars coclearis, El pars coclearis es relativamente grande y orientado dorsalmente, en vista medial no se observa ningún foramen, por el contrario, UABC-FCMM 3373 tiene un pars coclearis muy pequeño. Sobre la cara ventral y posterior se observa una profunda y amplia fosa para el musculo estapeidal, además el promontorium en vista ventral es muy grande y largo, muy diferente al de UABC-FCMM 3373. Meatus acústico interno tubular, en vez de cónico. Surco para el musculo tensor del timpánico transversalmente orientado, en vez de oblicuo como en UABC-FCMM 3373. Foramen vestibular de CAS 4356 muy profundo y amplio,

UABC-FCMM 3373 con FCMM-1928 referido a *Tiphlocetus temblorensis* en Gascón-Romero, 1997.

Semejanzas:

- Superficie ventral del escamosal socavada en ambos especímenes.

Diferencias:

- Proceso cigomático delgado elongado y dirigido hacia adelante y hacia afuera; a diferencia de UABC-FCMM 3373 que es elongado y delgado, pero dirigido hacia adelante y hacia adentro. La superficie medial del proceso cigomático está expuesta dorsalmente, debido a que presenta un giro en sentido de las manecillas del reloj sobre el cigomático izquierdo; en cambio la superficie medial de UABC-FCMM 3373 es ligeramente cóncava, de tal forma que el borde dorsal del cigomático cubre parcialmente la superficie medial.
- Cresta lambdoidal alta, delgada y orientada hacia atrás sobre la región del escamosal, formando una larga fosa posterolateralmente orientada bajo la superficie dorsal de la cresta. En cambio, en UABC-FCMM 3373 la cresta lambdoidal es alta y no se dobla posterolateralmente.
- Proceso postglenoides delgado o comprimido dorso-ventralmente, está proyectado oblicuamente hacia atrás, hacia afuera y marcadamente hacia abajo. Contrariamente, en UABC-FCMM 3373 el proceso postglenoides es corto, delgado en el ápice posterior, dirigido hacia adentro, hacia atrás y ligeramente hacia abajo.

- Profunda fosa glenoidea del escamosal es encontrada sobre la superficie anterior de UABC-FCMM 3373, en comparación con una muy somera fosa glenoidea de FCMM-1928.
- El periótico de FCMM-1928 tiene un proceso timpánico caudal del petrosal orientado posteriormente; en cambio UABC-FCMM 3373 lo tienen orientado medialmente. FCMM-1928 tiene una fosa estilomastoidea mucho más profunda y cóncava que UABC-FCMM 3373, debido a que el proceso timpánico caudal está más alto. FCMM-1928 más pequeña la fosa suprameatal que UABC-FCMM 3373. En vista medial el periótico es más ancho en UABC-FCMM 3373 que en FCMM-1928. Ancho y alto proceso piramidal en FCMM-1928. Canal para el músculo tensor del timpánico profundo y corto en FCMM-1928 y más amplio y largo en UABC-FCMM 3373. Corto proceso anterior casi igual de largo que el pars coclearis. Fenestra rotunda circular en FCMM-1928 y ovalada en UABC-FCMM 3373.

UABC-FCMM 3373 con FCMM-1934 referido a *Tiphioctetus temblorensis* en Gascón-Romero, 1997.

Semejanzas:

- Forma oval del proceso postglenoides del escamosal similar en ambos especímenes.

Diferencias:

- Corto proceso postglenoides del escamosal dirigido hacia atrás y hacia abajo, en cambio en UABC-FCMM 3373 es corto, pero está dirigido hacia atrás, hacia adentro y ligeramente hacia abajo.
- Proceso cigomático delgado, corto y dirigido hacia adelante; sin embargo, en UABC-FCMM 3373 es largo, delgado y dirigido hacia adelante y hacia adentro. La superficie medial del proceso cigomático se puede observar ampliamente en vista dorsal.
- Somera fosa glenoidea es encontrada sobre la superficie medial de FCMM-1934, en vez de profunda como en UABC-FCMM 3373.

UABC-FCMM 3373 con FCMM-3106_referido a *Tiphioctetus temblorensis* en Gascón-Romero, 1997.

Semejanzas:

- Vista ventral del promontorium similar en ambos especímenes. Meatus acústico interno en forma de embudo. Foramen endolinfático alargado dorsalmente. Ambos tienen un delgado proceso piramidal para la separación del meatus acústico interno del foramen endolinfático.

Diferencias:

- Fenestra rotunda redonda en FCMM-3106 en vez de ovalada como en UABC-FCMM 3373. Delgada crista transversa en FCMM-3106, mientras que en UABC-FCMM 3373 es gruesa y pirameidal. La fosa para el músculo estapeidal es más profunda y ancha en FCMM-3106 que en UABC-FCMM 3373. Una muy pequeña y somera fosa suprameatal es encontrada en FCMM-3106, en cambio UABC-FCMM 3373 tiene un amplia y profunda fosa suprameatal.

UABC-FCMM 3373 con *Peripolocetus vexillifer* (CAS 4370) Kellogg 1931.**Semejanzas**

- En vista posterior sobre la fracción del cráneo de *P. vexillifer* tiene amplios exaoccipitales. Los cóndilos occipitales están separados del exaoccipital por un canal amplio y muy somero, pero fuertemente marcado.
- La apófisis cónica de la bula timpánica está ligeramente desarrollada en ambos especímenes.
- Proceso anterior del periótico largo e inchado, de forma similar al de UABC-FCMM 3373, pequeño pars coclearis es compartido en ambos especímenes; amplia fosa suprameatal extendida dorsalmente.

Diferencias

- Una alta cresta lambdoidal sobre el escamosal es encontrada en *P. vexillifer*, bajo la cual, y posterior a ella, en vista dorsal se aprecia una somera fosa sobre el escamosal. El proceso cigomático no se desarrolló la cresta dorsal.
- Corto proceso cigomático, robusto y anteriormente orientado, es observado en *P. vexillifer*; a diferencia del de UABC-FCMM 3373, que es largo y anteromedialmente orientado.
- Proceso postglenoides corto y orientado ventralmente y ligeramente posterior, en vez de largo y orientado posteriormente y ligeramente ventral.
- Los cóndilos occipitales son posteriores a la los exaoccipitales en *P. vexillifer*; mientras que en UABC-FCMM 3373 son anteriores a los cóndilos occipitales.
- La bula timpánica es mucho más grande en *P. vexillifer* que en UABC-FCMM 3373. El involucrum es ancho y fuertemente estriado en vista dorsal, la parte más anterior del involucrum es más gruesa en *P. vexillifer* que en UABC-FCMM 3373. En vista ventral a cada lado del proceso sigmoides, se aprecian dos surcos largos. El surco medio ligeramente encontrado en UABC-FCMM 3373 no es visible en *P. vexillifer*.
- El periótico de *P. vexillifer* tiene una superficie rugosa donde se aloja la cabeza del martillo; en cambio en UABC-FCMM 3373 es pequeña y lisa. No se observan proyecciones laterales del proceso anterior en *P. vexillifer*.

UABC-FCMM 3373 con UABC-FCMM 3377 (3100) morfotipo sugerido como *Misionocetus minchensis* nuevo género y especie por Gascón-Romero, 1997.

Semejanzas

- La forma de las premaxilas es similar en ambos especímenes, ligeramente ampliada anteriormente y delgada posteriormente.
- Cóndilo mandibular similar, superficie posterior ligeramente convexa, fuertemente doblado lateralmente.
- Cóndilo mandibular similar

Diferencias

- El rostro de UABC-FCMM 3377 es delgado posteriormente, los bordes laterales posteriores son cóncavos, la parte media es convexa y la parte anterior converge fuertemente; mientras que en UABC-FCMM 3373 tiene un rostro ancho y cónico; en general los bordes laterales son convexos a lo largo de todo el rostro.
- El escamosal de UABC-FCMM 3377 es angosto transversalmente y tiene una cresta lambdoidal dorsal muy elevada en forma de "S" dorsalmente, es decir, convexa muy próxima al supraoccipital y cóncava cerca del proceso cigomático. Por el contrario en UABC-FCMM 3373, aunque el escamosal sí forma una cresta lambdoidal elevada, ésta no es sigmoidea, sino que es totalmente convexa posteriormente.

- La fosa temporal de UABC-FCMM 3377 es sub-circular formada por la profunda fosa glenoidea del escamosal en vista anterior, los parietales medialmente y los frontales anteriormente. Por el contrario en UABC-FCMM 3373 es más ancha que larga, en forma de ojo y, está formada por la cresta lambdoidal del supraoccipital medialmente, posteriormente por la fosa glenoide del escamosal y anteriormente por los frontales.
- La mandíbula de UABC-FCMM 3377 tiene un suave y gradual arqueamiento a lo largo de toda la rama, mientras que UABC-FCMM 3373 el arqueamiento es fuertemente marcado sólo en la parte posterior mientras que la anterior es casi recta. El proceso coronoides de UABC-FCMM 3377 es laminar, alto y fuertemente doblado hacia afuera, en vista medial se observa en forma de triángulo, orientad dorsalmente y sólo ligeramente posterior.

UABC-FCMM 3373 con FCMM-3107 referido como Morfotipo I, especie “a”, por Gascón-Romero, 1997.

Semejanzas

- El involucrum sobre la parte anterior de la bula timpánica en vista dorsal es muy delgado y parcialmente liso en ambos especímenes. Posteriormente el involucrum es grueso.

- Ambos especímenes tienen el pars coclearis muy pequeño en vista timpánica o ventral y el proceso anterior es evidentemente más largo. La fosa suprameatal es amplia dorsalmente y profundamente escavada.

Diferencias

- El lóbulo ventral en FCMM-3107 está más desarrollado, redondeado y homogéneo a lo largo de la bula; mientras que en UABC-FCMM 3373, tiene el lóbulo ventral con una proyección posterior y otra medial. El involucrum es suave en FCMM-3107 en vez de ligeramente estriado como en UABC-FCMM 3373. A cada lado del lóbulo para el proceso sigmoides existen dos profundas y amplias depresiones dejando un lóbulo muy marcado ventral al proceso sigmoides, En cambio, en UABC-FCMM 3373 ventral al proceso sigmoides solo existe ligeras depresiones.
- El periótico de FCMM-3107 tiene un proceso anterior delgado, alargado y cóncavo medialmente; la proyección lateral del proceso anterior no es evidente. En cambio, UABC-FCMM 3373 tiene un proceso anterior amplio medialmente, liso a ligeramente convexo con una proyección lateral muy marcada. La superficie posterodorsal que va del pedículo para el proceso posterior al borde posterior de la fosa suprameatal es ligeramente cóncava en FCMM-3107, en cambio en UABC-FCMM 3373 ésta superficie es convexa. Ventralmente, en FCMM-3107 la fenestra vestibuli es mas redonda, , la fosa para el músculo estapeidal es más amplia y profunda, la fosa para la cabeza del martillo es más larga y profunda, el canal para el nervio facial es más amplio que en UABC-FCMM 3373. El surco para el

musculo tensor del timpánico es más largo, amplio y profundo en UABC-FCMM 3373 que en FCMM-3107. Lateralmente, la superficie externa de UABC-FCMM 3373 es muy prominente y la fosa escamosal es amplia y larga sobre toda la superficie lateral del periótico; en cambio en FCMM-3107 ésta superficies es menos prominente, además de tener una fosa escamosal pequeña y somera.

UABC-FCMM 3373 con FCMM-3108 referido como Género y especie indeterminada por Gascón-Romero, 1997.

Semejanzas

- Involucrum ligeramente estriado, robusto posteriormente y muy delgado anteriormente. Similar proyección medial del lóbulo ventral. La cresta o prominencia encontrada sobre el lóbulo dorsal está igualmente desarrollada en ambos especímenes.
- Fosa suprameatal dorsalmente expandida. Meatus acústico interno cónico en ambos especímenes. En vista lateral, el surco anteroexterno está profundamente socavado en ambos especímenes.

Diferencias

- Quilla medial de la bula timpánica más desarrollada medialmente en UABC-FCMM 3373, mientras que en FCMM-3108 ésta quilla está más desarrollada anteriormente.

- El periótico de FCMM-3108 es estrecho medialmente; superficie medial cóncava cerca del borde ventral y convexo bajo el surco para el musculo tensor del timpánico; por el contrario, en UABC-FCMM 3373 es amplio medialmente y la superficie medial es plano-convexa. El surco para el musculo tensor del timpánico es más amplio y profundo en FCMM-3108 que en UABC-FCMM 3373. Ventralmente la fosa para la cabeza del martillo es más larga que ancha en FCMM-3108, en cambio en UABC-FCMM 3373 es aproximadamente igual de larga y de ancha. Promonturium en vista ventral más denso y esférico en FCMM-3107, además, éste último no tiene desarrollada la proyección lateral del proceso anterior. En vista lateral o externa de FCMM-3108, el tegmen timpánico está más desarrollado hacia el borde ventral; mientras que, en UABC-FCMM 3373 es externamente homogéneo. El surco antero externo está fuerte marcado en ambos especímenes.

Familia Aglaocetidae

UABC-FCMM 3373 con *Isanacetus laticephalus* (MFM 28501 y MFM 18004)

Kimura y Ozawa, 2002.

Semejanzas

- La configuración del rostro en ambos especímenes es similar, ancho en la base (posteriormente) y se estrecha a un punto anteriormente, dando una forma cónica. Las premaxilas siguen un mismo patrón en ambos especímenes.
- Los frontales están casi totalmente cubiertos mayormente por la unión anterior de ambos parietales y menormente por los elementos rostrales medios. Éstos últimos son sólo ligeramente más largos en *I. laticephalus* que en UABC-FCMM 3373, sin embargo, terminan a un mismo nivel en ambos especímenes.
- El proceso cigomático en vista dorsal es similar, largo anteroposteriormente, delgado y orientado anteriormente, dorsal y sólo ligeramente lateral.
- En vista ventral, el vómer se extiende muy posteriormente, al nivel del meatus acústico externo, además tiene una quilla ventral fuertemente desarrollada.
- El cráneo es ancho al nivel del escamosal, pues en ambos especímenes, además de tener un escudo supraoccipital posteriormente ancho, los escamosales son largos transversalmente. La fosa temporal es más ancha que larga en los dos ejemplares y el escudo occipital tiene una exposición dorsal.
- La bula timpánica se observa poco estriada al nivel del involucrum en *I. laticephalus* y UABC-FCMM 3373; el involucrum es un ancho

posteriormente y fuertemente angosto anteriormente. El lóbulo ventral de los dos especímenes está muy desarrollado y proyectado posteriormente

- Sobre la parte lateral de ambos perióticos, se observa una amplia y profunda fosa escamosal. Tegmen timpánico bulboso. Amplia fosa suprameatal. Proceso anterior en vista medial redondeado anteriormente y plano medialmente. Largo proceso posterior.

Diferencias

- El vértice de los elementos rostrales medios está elevado a partir de la base del cráneo hasta aproximadamente la mitad de la altura total del cráneo en vista lateral, en la especie *I. laticephalus*; mientras que en UABC-FCMM 3373, el vértice es inferior a la altura media del cráneo.
- Los parietales están ampliamente expuestos al lado del escudo supraoccipital y anteriormente en plano sagital del cráneo en *I. laticephalus*, contrario a lo encontrado en UABC-FCMM 3373, en éste los parietales son completamente nulos en vista dorsal y sólo tienen una corta exposición en plano sagital del cráneo.
- EL escudo supraoccipital es de forma triangular en *I. laticephalus* y no lobada posteriormente y estrechándose a un punto anteriormente como en UABC-FCMM 3373. Además, *I. laticephalus* no tiene proyectada lateralmente o no está desarrollada la cresta lambdoidal, como en UABC-FCMM 3373. El ápice anterior del escudo occipital se proyecta

anteriormente al mismo nivel que la terminación anterior de los procesos cigomáticos del escamosal; a diferencia de UABC-FCMM 3373 que es anterior a los procesos cigomáticos.

- Los cóndilos occipitales se proyectan ligeramente posteriores a la línea de unión de ambos exaoccipitales,
- La cresta ventrolateral de la bula timpánica para la formación del proceso sigmoideas está más desarrollada en *I. laticephalus* que en UABC-FCMM 3373. Además, en vista dorsomedial, la bula tiene una forma ovalada a sub-circular en *I. laticephalus* en vez de sub-cuadrada como en UABC-FCMM 3373.
- El proceso anterior del periótico es más corto y delgado en *I. laticephalus* que en UABC-FCMM 3373; en vista lateral, el periótico se estrecha a un punto ventralmente en *I. laticephalus*, mientras que en UABC-FCMM 3373 es más lobado. La fenestra rotunda es apreciable en vista ventral en UABC-FCMM 3373 y no así en *I. laticephalus*. En vista lateral y medial, el periótico es más ancho en *I. laticephalus* que en UABC-FCMM 3373.

Familia Pelocetidae.

UABC-FCMM 3373 con *Cophocetus oregonensis* (UO 305) Packard y Kellogg

1934

Semejanzas

- Premaxilas guardan casi la misma configuración, amplias anteriormente y estrechas posteriormente. Borde medial de los maxilares en vista dorsal del cráneo es convexo anteriormente y cóncavo posteriormente, siguiendo el borde lateral de las premaxilas
- Procesos ascendentes de la maxila y premaxila, relativamente cortos y, junto con los nasales terminan posteriormente casi al mismo nivel, originando una forma de “T” al vértice craneal.
- Escudo occipital ancho posteriormente y puntiagudo anteriormente, su ápice anterior empuja anteriormente mas allá que el extremo anterior del proceso cigomático.
- Fosa temporal larga transversalmente.
- Amplio escamosal a la altura del proceso postglenoides, con una muy desarrollada cresta lambdoidal y sigmoides dorsalmente.
- Proceso postglenoides amplio transversalmente en vista posterior y dorsal.
- Cóndilos occipitales anteriores a la línea de unión de los exaoccipital.
- Proceso lateral del Basioccipital ampliamente desarrollados ventralmente, apreciable en vista posterior y ventral.

- Ambos perióticos tiene un pars coclearis pequeño; en vista cerebral o dorsal, el pars coclearis es ovalado y desciende hacia la fenestra rotunda, la fenestra ovalis se localiza bajo el ápice del pars coclearis. En vista ventral tienen un amplio canal para el nervio facial.

Diferencias

- *Cophocetus oregonensis* tiene los bordes laterales de las maxilas paralelos posteriormente y se estrechan fuertemente a un punto anteriormente, y no de forma cónica como en UABC-FCMM 3373.
- Parietales expuestos ampliamente en ambos lados del escudo occipital y convergen anteriormente; en UABC-FCMM 3373 los parietales están cubiertos lateralmente por la cresta lambdoidal del occipital y convergen fuertemente anteriormente en una fuerte y subvertical cresta sagial.
- Proceso cigomático del escamosal es robusto y bulboso en *C. oregonensis*, en vez de delgado y alargado como en UABC-FCMM 3373. En vista dorsal, existe un fuerte ángulo postero-externo formado por el proceso postglenoides del escamosal y el exaoccipital en *C. oregonensis*; mientras que en UABC-FCMM 3373 este ángulo es muy somero y tiene una posición posterior
- En vista posterior el cóndilo supraoccipital de *C. oregonensis* es semi-circular en vez de triangular a ligeramente plana como en UABC-FCMM 3373.
- La mandíbula de *C. oregonensis* es delgada y con un arqueamiento moderado y paulatino a lo largo de la extensión de la rama; contrario al arqueamiento de UABC-FCMM 3373, donde éste está sólo en la parte posterior y el resto de la mandibula es recta. El proceso coronoides de *C. oregonensis* está más desarrollado dorsal y lateralmente que en UABC-FCMM 3373.

- El periótico de *C. oregonensis* tiene un proceso anterior muy corto, además de presentar una fosa suprameatal muy expandida dorsalmente y de forma irregular. Por el contrario, en UABC-FCMM 3373 el proceso anterior está más largo, y cuenta con una fosa suprameatal con menor expansión dorsal y de forma oval.

UABC-FCMM 3373 con *Pelocetus calvertensis* (SNM 11976) Kellogg 1965 (figura 30 C).

Semejanzas

- Ambos especímenes tienen un amplio rostro posteriormente, el cual se va estrechando gradualmente hacia su extremo distal, donde ambas premaxilas convergen.
- Limitado empuje hacia atrás de los elementos rostrales medios, debido a los cortos procesos ascendentes de las maxilas y premaxilas encontrados en *P. calvertensis*, tal vez muy similares a los que presentaba el espécimen UABC-FCMM 3373, según las marcas encontradas en los frontales. En ambos especímenes, tanto los nasales como los procesos ascendentes de la maxila y premaxila llegan al mismo nivel posteriormente.
- Ambos parietales convergen anteriormente formando una prominente cresta sagital, que cubre parcialmente a los frontales en plano sagital del cráneo, además esta región en los dos especímenes es muy corta.

- Ápice anterior del escudo supraoccipital es mucho mas anterior a la línea de unión de los procesos cigomáticos.
- La fosa temporal es ancha transversalmente, la fosa glenoidea vista sobre la superficie anterior del escamosal es muy somera en ambos especímenes.
- Cóndilos occipitales son anteriores a la unión de ambos procesos exaoccipitales.
- En vista posterior, en ambos especímenes, se observa un desarrollado proceso del basioccipital; además el proceso postglenoides es amplio transversalmente.

Diferencias

- Los parietales están ampliamente expuestos lateralmente y forman la pared medial de la fosa temporal en *P. calvertensis*, mientras que en UABC-FCMM 3373 éstos están totalmente cubiertos lateralmente por la cresta lambdoidal del supraoccipital.
- A diferencia de lo encontrado en UABC-FCMM 3373, en *P. calvertensis* los procesos cigomáticos están orientados anterior y lateralmente de tal forma que en vista posterior se pueden observar proyectados hacia los lados.
- *Pelocetus calvertensis* tiene un escudo supraoccipital triangular y angosto posteriormete, una exposición posterodorsal, que en vista posterior tiene una forma cuadrada angulosa.
- En vista ventral, las maxilas de *P. calvertensis* son cónicas y no convergen medialmente, como en UABC-FCMM 3373.

- La curvatura mandibular es homogénea en *P. calvertensis* a lo largo de toda la rama mandibular, además cuenta con un proceso coronoides muy desarrollado, laminar y orientado hacia atrás y hacia afuera. Éstas características no son encontradas en UABC-FCMM 3373.
- La bula timpánica es ovalada y ancha en *P. calvertensis* no así UABC-FCMM 3373.

UABC-FCMM 3373 con *Parietobalaena palmeri* (USNM 10668), Kellogg 1924 (figura 30 B).

Semejanzas

- Es similar a *P. palmeri* en que ambos tienen unos largos parietales que se unen medialmente en el vértice del cráneo formando la cresta sagital entre el ápice del escudo supraoccipital y los frontales.
- Los frontales están expuestos entre la unión de los parietales y los elementos rostrales medios.
- Los procesos ascendentes de la maxila, premaxila y nasales son cortos, llegando posteriormente sólo ligeramente más allá del proceso preorbital de los frontales, sin aproximarse al ápice anterior del escudo occipital.
- El escudo supraoccipital es ancho posteriormente y su ápice anterior es puntiagudo, sobre la cima del escudo existe una muy desarrollada cresta sagital del escudo occipital. La terminación anterior del escudo es anterior a la línea de unión de los procesos cigomáticos del escamosal.

- Bula timpánica con proceso sigmoides muy desarrollado dorsolateralmente en ambos especímenes, apófisis cónica poco desarrollada.

Diferencias

- En vista dorsal los cóndilos occipitales de *P. palemeri* son posteriores a la línea que une ambos exaoccipitales; a diferencia de UABC-FCMM 3373 que son anteriores a la línea de unión de los exaoccipitales.
- El escamosal está comprimido lateromedialmente en *P. palmeri*, de tal manera que el proceso postglenoides del escamosal es casi nulo en vista dorsal; en cambio, en UABC-FCMM 3373 el escamosal es ancho y el proceso postglenoides del escamosal es apreciable en vista dorsal.
- Los parietales están expuestos a cada lado del escudo supraoccipital de *P. palmeri*; mientras que en UABC-FCMM 3373 estos se encuentran lateralmente cubiertos por la cresta lambdoidal del supraoccipital.
- El proceso cigomático del escamosal es más largo y delgado en UABC-FCMM que en *P. palmeri*, en esta última es triangular y robusto.
- En vista posterior es más ancha El pars coclearis es más pequeño y el proceso anterior del periótico es más largo en 3373 que en *P. palmeri*.
- En vista posterior, el cráneo es largo con un proceso supraoccipital subhorizontal, largo exaoccipitales y proceso postglenoide del escamosal orientado posteroventralmente; a diferencia de *P. palmeri* que tiene un cráneo corto de lado a lado, alto escudo supraoccipital, cortos exaoccipitales y muy desarrollado y orientado ventralmente proceso postglenoides.

- La bula timpánica es de forma oval a sub-circular en *P. palmeri*, con el lóbulo dorsal poco desarrollado; sin embargo, en UABC-FCMM 3373 esta es alargada con el lóbulo dorsal muy desarrollado posteriormente, originando que sea más ancha posterior que anteriormente. Involucrum desciende suavemente desde el proceso posterior hasta la parte anterior en *P. palmeri*, en vez de abruptamente como en UABC-FCMM 3373.
- El periótico tiene un pars coclearis más grande en relación con la extensión del proceso anterior en *P. palmeri*, a diferencia de UABC-FCMM 3373 que tiene un pars coclearis reducido en todos los sentidos y un proceso anterior muy desarrollado. El proceso anterior del petrosal es agudo y estrecho, en vez de lobado y ancho. Corto proceso posterior del periótico en *P. palmeri* a diferencia de UABC-FCMM 3373, que es largo.

UABC-FCMM 3373 con *Parietobalaena securis* (CAS 4371), Kellogg 1931

Semejanzas

- No se encontraron semejanzas a nivel periótico

Diferencias

- *Parietobalaena securis* tiene un proceso anterior muy grueso y mucho más pequeño que el pars coclearis, éste último es oblicuo y recto dorsalmente, a diferencia del encontrado en UABC-FCMM 3373 que tiene un proceso anterior grande y un pars coclearis pequeño oblicuo pero cóncavo.

Promontorium muy elongado anteroposteriormente en vista ventral, la proyección lateral del proceso anterior muy expandida ventralmente. Una fosa para el musculo estapeidal muy profunda y ancha es encontrada en *P. securis*, la fosa incus está posteriormente definida en cambio en UABC-FCMM 3373.

Familia Diorocetidae

UABC-FCMM 3373 con *Diorocetus hiatus* (USNM 16783) Kellogg 1968.

Semejanzas

- Forma del rostro similar en ambos especímenes, es cónico y las premaxilas convergen fuertemente anteriormente. En vista ventral ambos maxilares convergen medialmente.
- Premaxilas son delgadas y altas posteriormente, en el primer tercio proximal se vuelven ligeramente anchas y continúan ampliándose hacia su extremo distal.
- Los parietales convergen anteriormente formando una fuerte cresta sagital en ambos especímenes.
- Los procesos ascendentes de la maxila son cortos.
- Sobre la superficie dorsal de *D. hiatus* y UABC-FCMM 3373 se observa un amplio escamosal, originando un caja craneana más amplia en esta región.
- Los cóndilos occipitales están ligeramente anteriores a la línea que une a los exaoccipitales.

Diferencias

- En *D. hiatus* los parietales están expuestos lateralmente al escudo supraoccipital, además su unión anterior forma una amplia región interorbital, de tal forma que los procesos ascendentes de la maxila no están próximos al apice del escudo supraoccipital.
- Los procesos ascendentes de la premaxila no llegan posteriormente como los de la maxila,
- Procesos ascendentes de la premaxila no se extienden posteriormente igual que los procesos ascendentes de la maxila.
- El ápice anterior del escudo supraoccipital en *D. hiatus* es ovalado y se encuentra ligeramente posterior a la línea que une anteriormente a los procesos cigomáticos del escamosal. A diferencia del de UABC-FCMM 3373, en el cual es puntiagudo y anterior a los extremos distales de los cigomáticos.
- *D. hiatus* tiene un escudo supraoccipital cóncavo de lado a lado, de forma triangular y ligeramente orientado posteriormente, en vez de lobado y ancho como en UABC-FCMM 3373.

Familia Balaenopteridae:

UABC-FCMM 3373 con *Balaenoptera davidsonii* (ANSP 12922 y SDSNH 25190) Cope, 1872 y Deméré, 1986.

Semejanzas

- La superficie dorsal de ambas mandíbulas se muestra delgada a largo de casi toda la extensión mandibular, sólo la parte más anterior es ligeramente más delgada que el resto.
- Sobre el extremo distal mandibular se observa un giro en sentido de las manecillas del reloj sobre la mandíbula izquierda y en sentido contrario sobre la mandíbula derecha.
- Superficie lateral ligeramente convexa, mientras que la superficie medial es casi plana.

Diferencias

La altura mandibular en vista ventral y lateral, cerca del proceso coronoides de *B. davidsonii* es mayor que el resto de la mandíbula. No así en UABC-FCMM 3373, ya que en ella, la altura mandibular es constante.

- La curvatura lateral de la maxila es muy suave y progresiva a lo largo de toda la rama mandibular de *B. davidsonii*. Mientras que en UABC-FCMM 3373 esta curvatura está fuertemente marcada sólo en la parte posterior, anterior al proceso coronoides.

Subfamilia Parabalenopterinae

UABC-FCMM 3373 con *Parabalaenoptera baulinensis* (CASG 66660), Zeigler et al, 1997.

Semejanzas

- Ambos especímenes tienen una ligera a totalmente cubierta exposición de los frontales, en la región del vértice en plano sagital del cráneo, originada por el empuje hacia adelante del escudo occipital y, para el caso de *P. baulinensis*, por el empuje hacia atrás de los elementos rostrales medios, característica compartida además por los representantes actuales de la familia Balaenopteridae.
- La forma del rostro es similar a partir del ángulo del proceso preorbital de la maxila, ambos tienen un paulatino acortamiento del rostro hacia la región anterior.
- Las premaxilas de ambos especímenes sobresalen notoriamente en la parte anterior de las maxilas.
- Los extremos posteriores de los procesos ascendentes de las maxilas y premaxilas, así como los nasales terminan aproximadamente en un mismo nivel en ambos especímenes.
- El escudo supraoccipital en ambos especímenes está expuesto mayormente dorsalmente que posteriormente y cubre lateralmente a los parietales. El ápice anterior de supraoccipital, en ambos especímenes llega más allá que los extremos anteriores de los procesos cigomáticos del escamosal.
- El proceso cigomático de UABC-FCMM 3373 en vista dorsal, tiene un ligero parecido con el de *P. baulinensis*.

Diferencias

- En el espécimen UABC-FCMM 3373, los frontales en plano sagital del cráneo, se encuentran entre los parietales y los elementos rostrales medios; a diferencia de *P. baulinensis*, en ella los frontales se encuentran expuestos entre el ápice anterior del escudo occipital y los elementos rostrales medios.
- El proceso coronoides de la mandíbula es alargado en forma de lamina en *P. baulinensis* en vez de corto y en forma de gancho como en UABC-FCMM 3373. Aunque en ambos especímenes no está desarrollada la cresta posterior al proceso coronoides, de tal manera que existe una concavidad posterior del proceso coronoides.
- El arqueamiento mandibular es más homogéneo a lo largo de toda la extensión de la rama, en *P. baulinensis* que en UABC-FCMM 3373, ésta última tiene un fuerte arqueamiento en dirección de la terminación posterior de los elementos rostrales medios.
- El supraoccipital es triangular y con un ápice anterior redondeado en *P. baulinensis* en vez de lobado y con un ápice anterior puntiagudo como en UABC-FCMM 3373.

En base a la comparación morfológica entre las especies, *Cetotherium rathkei*, *Piscobalaena nana*, *Tiphyocetus temblorensis*, *Peripolocetus vexillifer*, *Isanacetus laticephalus*, *Cophocetus oregonensis*, *Pelocetus calvertensis*, *Parietobalaena palmeri*, *Parietobalaena securis*, *Diorocetus hiatus*, *Balaenoptera davidsonii* y *Parabalenoptera baulinensis*, así como con los especímenes FCMM-3377, FCMM-3107 y FCMM-3108 con UABC-FCMM 3373, se concluye que:

El espécimen tiene mayor afinidad con aquellas especies de la familia Pelocetidae propuesta por Steeman (2007) en los géneros, *Parietobalaena*, *Cophocetus* y *Pelocetus*. También comparte semejanzas craneales con la especie *Tiphyocetus temblorensis*, sin embargo, a nivel periótico es muy diferente.

Además, aunque el espécimen UABC-FCMM 3373 comparte caracteres con los géneros *Parietobalaena*, *Cophocetus*, *Pelocetus* y *Tiphyocetus*, tiene características muy particulares que es posible proponer nuevo género y especie.

8.1.1.1. Análisis comparativo por regiones craneales

Vértice del cráneo y la región interorbital.

Las características del espécimen UABC-FCMM 3373 de la región del vértice del cráneo y la región interorbital son muy similares a aquellas encontradas en *Parietobalaena palmeri*, y *Tiphyocetus temblorensis*. Las especies *Cophocetus oregonensis*, *Pelocetus calvertensis* e *Isanacetu laticephalus* tienen una condición similar, sólo que en ellas, el contacto de los huesos rostrales es más posterior y convexo, alcanzando la parte media de la órbita. Todos estos especímenes tienen solo una ligera interdigitación de los huesos rostrales en el cráneo, similar al segundo grupo de Kellogg (1928). La especie *Parabalaenoptera baulinensis* tiene los procesos ascendentes de la maxila y premaxila muy largos, pero paralelos y de forma cuadrada posteriormente, condición encontrada en balaenopteridos actuales. Esta condición, semeja

mucho a lo encontrado en misticetos actuales de la familia Balaenopteridae y Eschrichtidae, originando un vértice en forma de “T”. Por otro lado, difiere fuertemente de lo encontrado en las especies *Cetotherium rathkii* y *Piscobalaena nana*.

La posición y exposición de los frontales en la región sagital del cráneo de UABC-FCMM 3373 está dada por el empuje hacia adelante del escudo supraoccipital y los parietales. Esta condición es uno de los primeros pasos en el proceso de telescopización del cráneo de los balenopteridos, siendo en estos últimos un proceso más desarrollado y complejo (Barnes y McLeod, 1984). De esta forma se observa que aquellos especímenes como *P.calvertensis*, *C. oregonensis*, *T. temblorensis* e *I. laticephalus* que comparten con UABC-FCMM 3373 esta característica son considerados filogenéticamente más relacionados a balenopteridos que a cualquier otra familia (Kimura y Ozawa, 2002; Deméré *et al.*, 2005; Bouetel y Muizon, 2006; Steeman, 2007). Una característica que no es tomada en cuenta al momento de establecer las relaciones entre misticetos del grupo *Isanacetus*-group es la forma y posición de la cresta sagital, formada por la unión anterior de los parietales en plano sagital del cráneo; dicho rasgo es parcialmente tomado en carácter 36 (Anexo 1) el cual mide el tamaño de la exposición de los parietales en plano sagital de cráneo. Aquí se sugiere utilizar ésta característica en análisis posteriores y darle más peso a región interorbital, pues aunque varios especímenes de *Isanacetus*-group (Kellogg, 1928; Kimura y Ozawa, 2002) ó de las tres nuevas familias (Pelocetidae, Aglaocetidae y

Diorocetidae) propuestas por Steeman (2007) comparte esta característica, la forma y posición de ésta no ha sido evaluada.

En conjunto, las características de la región del vértice, determinan el nivel de telescopización del cráneo, es decir, el grado en que los huesos rostrales encajan en la caja craneana (Miller, 1923; en Whitmore y Barnes, 2008). Siendo esto una característica importante para la agrupación de especímenes dentro de una u otra familia (Barnes y McLeod, 1984).

Región del rostro

Debido a que la forma general del rostro del espécimen UABC-FCMM 3373 tiene varios caracteres compartidos (Carácter 1-6, anexo 1) por especies del grupo Cetotheriidae *sensu stricto*, *Isanacetus*-group y la familia Balaenopteridae, se considera al grupo Cetotheriidae *sensu lato* (Kimura y Hasegawa, 2010) directamente relacionado con los balenoptéridos (Barnes y McLeod, 1984 y Kimura y Hasegawa, 2010).

Por otro lado, es importante darle mayor relevancia a la posición del rostro respecto a la caja craneana, pues se observa como en el grupo Cetotheriidae *sensu stricto* y la familia Balenopteridae tienen un rostro más alto que *Isanacetus*-group. Lo cual a su vez, está directamente relacionado con el grado de inclinación del proceso supraorbital del frontal, característica distintiva entre las familias Cetotheriidae y Balaenopteridae (Kellogg, 1928; Kimura y Ozawa, 2002; Bouetel y Muizon, 2006; Ray *et al.*, 2008; Kimura y Hasegawa, 2010).

También el largo y ancho del rostro, en proporción con el largo total del cráneo, no ha sido un carácter evaluado, aquí se considera un factor muy importante, pues esto influye en gran parte la actividad de alimentación (Bouetel, 2005); sin embargo en las observaciones generales se pueden encontrar cetotherios y balenoptéridos con rostro cónico, ancho y corto y viceversa.

Región basicraneal

A pesar de que muchos de los caracteres del basicraneos sí están incluidos en los análisis filogenéticos (Kimura y Ozawa, 2002; Bouetel y Muizon, 2006; Deméré *et al.*, 2005 y 2008; Kimura y Hasegawa, 2010), la configuración de los nodos no está dada por ninguno de los estados de carácter del basicraneos, salvo aquellos caracteres de los huesos del oído (Geisler y Luo, 1996; Bouetel y Muizon, 2006; Steeman, 2006; Kimura y Hasegawa, 2010). En éste análisis se encontraron diferencias en la posición del vómer sobre el basioccipital, así como el desarrollo de los proceso basioccipital (Anexo 5).

Mandíbulas

La principal característica de la rama mandibular de UABC-FCMM 3373 es la posición de mayor curvatura en vista dorsal (figuras #\$\$%), diferenciándola de los demás misticetos; pues aunque la mayoría de los misticetos presentan un arqueamiento mandibular (Deméré *et al.*, 2008) el grado y posición de este es

distinta y ésto es evaluado por un único carácter (89 Anexo 1 y 5). Es así que aquí se sugiere que en trabajos posteriores con énfasis en la filogenia ó taxonomía de misticetos, incluyan el grado de curvatura mandibular y la posición de ésta curvatura en la rama mandibular, pues de depende de esto en gran parte la forma del rostro, el método de alimentación y por lo tanto la eficiencia alimentaria (observación personal).

Por otro lado el proceso coronoides corto, tipo gancho y elevado hacia afuera (carácter 94) encontrado en UABC-FCMM 3373, es compartido por Cetotheriidae *sensu lato* (Packard y Kellogg, 1934; Kellogg, 1965; Bouetel y Muizon, 2006; Kimura y Hasegawa, 2010; Boessenecker, 2011) y balenoptéridos (Deméré, 1986 y Zeigler *et al.*, 1997), aunque entre los especímenes se tengan diferentes grados de desarrollo. Esta característica indica que Cetotheriidae *sensu lato* tenía una forma de alimentación similar a balenoptéridos (Bouetel y Muizon, 2006).

La posición, elevación y forma del cóndilo mandibular (caracteres 101, 102 y 103) así como la morfología y expansión posterior del proceso angular (carácter 95, 96 y 97) encontrados en UABC-FCMM 3373, ubican a éste espécimen muy dentro de Isanacetus-group y muy cerca de balenoptéridos; además éstas son características distintivas e importantes de las familias de misticetos (Bouetel, 2005), pues están directamente involucrados en los mecanismo asociados con las estrategias de alimentación (Lambertsen *et al.*, 1995 y Bouetel, 2005). De ahí que el grupo Cetotheriidae *sensu stricto* tiene un cóndilo mandibular alto sobre el extremo posterior del dentario (Bouetel y Muizon, 2006 y Boessenecker, 2011),

mientras que en *Isanacetus*-group y balenoptéridos el cóndilo mandibular está opuesto posteriormente sobre el extremo posterior del dentario (Packard y Kellogg, 1934; Kellogg, 1965; Deméré, 1986 y Zeigler *et al.*, 1997).

Periótico

Un proceso anterior ligeramente más largo que el pars coclearis es el que tiene el espécimen UABC-FCMM 3373, cuya característica es compartida por la mayoría de los balenoptéridos (Geisler y Luo, 1996) sin embargo, la familia Pelocetidae tiene un proceso anterior fuertemente reducido (Steeiman, 2007), ésta misma condición es compartida por la familia Balaenopteridae (Geisler y Luo, 1996).

Por otro lado, el ápice del proceso anterior del períótico de UABC-FCMM 3373 es recto, la crista transversa es densa, estas dos características son compartidas con aquellas especies de la familia Cetotheriidae (Bouetel y Muizon, 2006).

Una de las características que sobresale y hace único al períótico de UABC-FCMM 3373 es la cresta ventrolateral del períótico; dicho carácter (68 estado 2) indica una condición derivada similar a *Isanacetus*-group y a todas las familias actuales (Kellogg, 1924; Kellogg, 1931 y Packard y Kellogg, 1934), pues en aquellas especies de Cetotheriidae *sensu stricto* dicha cresta está solo ligeramente visible (Bouetel y Muizon, 2006).

Otra condición característica de UABC-FCMM 3373 y de todas aquellas especies de *Isanacetus*-group es la estructura ósea del periótico, teniendo un hueso esponjoso el proceso posterior y la parte dorsal del proceso anterior, y hueso relativamente denso las partes laterales y ventrales (Geisler y Luo, 1996). Esta característica hace único a este grupo (figura 27, Anexo 5; Geisler y Luo, 1996 y Steeman, 2007) diferenciándolo de una condición primitiva para ballenas barbadas encontrada en Cetotheriidae *sensu stricto*, en la cual sólo el proceso posterior es esponjoso, las demás partes son suaves y densas; también lo diferencia de una condición más derivada presente en balenopteridos, eschrichtidios y balénidos (Geisler y Luo, 1996, Bouetel y Muizon, 2006).

8.1.2. Comparación los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376

8.1.2.1. UABC-FCMM 3375 con UABC-FCMM 3376

Semejanzas

- Alto mandibular. El diámetro vertical en ambos especímenes es alto, en ambas mandíbulas. Dicha característica sugiere una muy larga y desarrollada mandíbula. A pesar de que en el espécimen UABC-FCMM 3376 solo está representado por un pequeño fragmento mandibular, se puede deducir por sus dimensiones que es similar a UABC-FCMM 3375, solo que este último es un poco más grande (figura 25 y 26).

- Muy alto y delgado proceso coronoides. El proceso coronoides del espécimen UABC-FCMM 3376 es muy alto, delgado dirigido hacia arriba y ligeramente hacia afuera. El hecho de que bajo el proceso coronoides y posterior a él, exista una cresta dorsal cóncava lateralmente como lo encontrado en el espécimen UABC-FCMM 3375 es un indicativo que el musco temporal era fuerte. Aunque en el espécimen UABC-FCMM 3375 no se encuentra el proceso coronoides, la elevación de la cresta postcoronoides bajo el borde dorsal, así como su alto mandibular sugieren que pudo ser similar al encontrado en el espécimen UABC-FCMM 3376.
- Superficie lateral convexa y ventral plano-convexa. Ambos especímenes presentan estas características, aunque el espécimen FCMM-3376 tiende a ser mas plano ventralmente que UABC-FCMM 3375, las características son similares (figura 25 y 26).
- Borde ventral de la mandíbula redondeado en vista lateral y cuadrado o acunado en vista ventral, así como borde dorsal anterior muy delgado y afilado el cual converge en vista dorsal (figura 25 y 26).

Diferencias

- Fosa mandibular. La fosa mandibular en el espécimen UABC-FCMM-3375 es más alta que la que tiene el espécimen UABC-FCMM 3376. En el primero, ocupa más de la mitad del alto mandibular y se posiciona inmediatamente inferior al borde dorsal bajo el proceso coronoides, dejando un amplio espacio entre la fosa y el borde ventral; otra característica importante en este espécimen es la orientación de la fosa la cual está

orientada posterodorsalmente alcanzando casi el borde dorsal en su extremo posterior. En general tiene forma de cuña. En el segundo, la fosa mandibular es angosta dorsoventralmente, es ubicada inmediatamente superior al margen ventral, tiene una forma alargada, con ambos bordes casi paralelos dejando un amplio espacio entre el margen dorsal y la fosa. En general está orientada posteriormente (figura 25 y 26).

- Canal mandibular. La abertura para el canal mandibular se encuentra orientada posteroventralmente alcanzando casi el margen ventral en el espécimen UABC-FCMM 3376; es muy angosta y anteriormente se orienta anterodorsalmente. En el espécimen UABC-FCMM 3375 este se abre medialmente y es orientado posteriormente.

- Cresta postcoronoides. La cresta posterior al proceso coronoides al parecer sólo está presente en el espécimen UABC-FCMM 3375, se deduce que era delgada y con una orientación dorsomedial, sugiriendo que anterior a esta el proceso coronoides comenzaba a desarrollarse gradualmente. En el espécimen UABC-FCMM 3376 no se encontró ningún resto de la cresta postcoronoides, mas sin embargo, la inclinación posterior casi vertical del proceso coronoides, sugiere que, ésta mandíbula no tenía una cresta posterior al proceso coronoides o sí la tenía esta era muy pobremente desarrollada.

- Mayor diámetro vertical. La altura mandibular es mayor en el espécimen UABC-FCMM 3376 que en el espécimen UABC-FCMM 3375.

Esto sugiere que el primer espécimen era de mucho mayor tamaño que el segundo.

- Relación entre el largo mandibular en línea recta y largo en línea curva. Ambas mandíbulas, izquierda y derecha, del espécimen UABC-FCMM 3375 guardan amplia relación en éstas dimensiones, además en vista dorsal se aprecia una suave pero marcada convexidad lateral. Aunque la mandíbula del espécimen UABC-FCMM 3376 no está completa, en la porción preservada se observó una superficie medial plana horizontal y vertical, a diferencia de UABC-FCMM 3375. En función de lo anterior, se sugiere que UABC-FCMM 3375 tenía un mayor arqueamiento hacia la superficie medial que UABC-FCMM 3376.

8.1.2.2. UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 con otros especímenes.

Comparación con otros especímenes

Las mandíbulas de los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 comparten muchas características con los representantes de la familia Eomysticetidae (Sanders y Barnes, 2002) y Aetiocetidae (Barnes *et al.*, 1994). A continuación se enlistan similitudes y diferencias con otros taxa.

La morfología de la mandíbula en vista dorsal de UABC-FCMM 3375 es similar a la encontrada en la familia Eomysiticetidae (Sanders y Barnes, 2002) y diferente a la de la familia Aetiocetidae, debido principalmente a que la ausencia

de dientes y la innovación de las barbas, condujo a esta modificación (Fitzgerald, 2006 y Deméré *et al.*, 2008). Una característica primitiva de UABC-FCMM 3375 y compartida por la familia Eomysticetidae, es la posición vertical de la extremidad anterior del dentario (figura comparación de 3 mandíbulas), pues esto es característico de los misticetos más primitivos (Barnes *et al.*, 1994 y Sanders y Barnes, 2002). La altura más o menos constante en toda la extensión de la rama mandibular es una simpleiomorfia compartida con la mayoría de las familias de misticetos (Anexo 1 a. Demere, 1986 y Boessenecker, 2011); sólo en las familias Eschrichtidae y Neobalenidae es diferente (Barnes y McLeod, 1984 y Bouetel y Muizon, 2006).

Una de las características que distingue a UABC-FCMM 3375 de Aetiocetidae y Eomysticetidae (Barnes *et al.*, 1984 y Sanders y Barnes 2002) es la sección transversal de la mandíbula, pues tiene el borde lateral convexo y el medial plano. Sin embargo la fosa mandibular ubicada bajo el ápice del proceso coronoides, es una característica compartida por los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 y las familias de misticetos primitivos (Barnes *et al.*, 1994 y Sanders y Barnes, 2002).

Por último, en ambos especímenes (UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376) la mandíbula es alta y muy delgada, característica muy similar a las especies de la familia Aetiocetidae y Eomysitcetidae (Barnes *et al.*, 1994 y Sanders y Barnes, 2002). Sin embargo, los especímenes de La Mesa La Misión son muy largos, incluso más que los representantes de la familia Eomysticetidae (Sanders y Barnes, 2002).

8.1.2.3. Aproximación sistemática

A pesar de que no hay una relación temporal entre los especímenes *E. whitmorei*, UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376, es apreciable una alta relación morfológica entre ellos.

Los especímenes descritos por Sanders y Barnes (2002) son de edad Oligoceno tardío (28 Ma) para la Formación Chandler Bridge y con ellos se estableció la familia –Eomysticetidae-; éstos son los únicos reportes que se tienen de esta nueva familia para esa edad. Las observaciones realizadas sobre la morfología de los especímenes encontrados en La Mesa de la Misión, de la Formación Rosarito Beach tienen una amplia relación con aquellos encontrados en la Formación Chandler Bridge. Por lo tanto basados en las características descritas en los apartados anteriores para UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 se sugiere la inclusión de estos dos especímenes representados por fragmentos mandibulares dentro la familia Eomysticetidae.

8.1.2.4. Distribución y abundancia de la familia Eomysticetidae

La descripción de ésta familia fue dada por dos especímenes de mysticetos:

- ChM PV4253, holotipo de la especie *Eomysticetus whitmorei*
- ChM PV4845, holotipo de la especie *Eomysticetus carolinensis*

El primero fue encontrado en Carolina del Sur, en la Formación Chandler Bridge, del Oligoceno Tardío (aproximadamente de 28 M.a.; Sanders *et al.*, 1982 en Sanders y Barnes, 2002).

El segundo, igual fue encontrado en Carolina del Sur, para la Formación Chandler Bridge a finales del Oligoceno Tardío.

Otros posibles registros de la familia según Sanders y Barnes, 2002, son encontrados al sur Baja California Sur, México (Barnes, 1998) los cuales parecen compartir características con *E. whitmorei*. Barnes (1998) nombra al menos a seis taxa de mysticetos barbados, para la Formación El Cien del Oligoceno Tardío de Baja California Sur, México. Aunque en Sanders y Barnes (2002, p. 352) se señala que esos especímenes no están completamente limpios de sedimento y por lo tanto, sólo se hicieron observaciones preliminares. También encuentra especímenes similares a *Eomysticetus* algunas especies del género *Mauicetus*, considerándolo como un taxón problemático, pero aumentando la distribución de la familia Japón, Nueva Zelanda y Baja California Sur, México (Fordyce, 1976; Barnes, 1998). Ésto demuestra, según Sanders y Barnes (2002), que los

primeros misticetos barbados, similares a *Eomysticetus* fueron cosmopolitas durante el Oligoceno Tardío.

Sin embargo, los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 amplía el registro geológico y el intervalo de tiempo de la familia Eomysticetidae, llevándola hasta el Mioceno Medio, de la Formación Rosarito Beach.

Por otro lado, Geisler y Sanders (2003), asignan a la Superfamilia Eomysticetoidea, la familia Cetotheriopsidae Brandt 1872, incluyendo en ella los géneros *Cetotheriopsis* Brandt 1871 y *Micromysticetus* Sanders y Barnes 2002b). También Steeman (2007) encuentra que las especies *Mauicetus lophocephalus* y *Mauicetus waitakiensis* están ampliamente relacionadas con la superfamilia Eomysticetoidea, corroborando así, las observaciones sobre el género *Mauicetus* de Baja California Sur, hechas por Sanders y Barnes (2002).

Con ésta nueva inclusión, la superfamilia Eomysticetoidea extiende su intervalo estratigráfico desde el Oligoceno Tardío al Mioceno Medio.

8.2 Discusión del cladograma

En el presente análisis, se acepta la monofilia altamente significativa de los misticetos barbados con un valor de Bootstrap (BPs) de 96 %. Así como los dos grupos de cetotherios y familias actuales con un 100% de BPs. Sin embargo, el

grupo que incluye a los cetotherios *sensu lato* y todas las familias actuales tiene una monofilia limitada (BPs = 63%; Shaffer *et al.*, 1977 en Sánchez-Gutiérrez, 2003). Incluso, atendiendo a este último punto, Geisler y Sanders (2003) encuentra un grado de parafilia en la familia Cetotheriidae, debido principalmente a que el género *Pelocetus* parece ser más estrechamente relacionado con misticetos actuales que con cualquier otro cetotherio. Si además, esto se relaciona con los resultados del análisis morfológico de UABC-FCMM 3373, se encuentra que está muy estrechamente relacionado con el género *Pelocetus* en el nodo 59 y éste a su vez con los misticetos actuales, confirmando lo encontrado por Geisler y Sanders (2003). Éste nodo está representado por las siguientes apomorfias: Los principales ejes del timpánico son paralelos; extremo posterior del timpánico es unilobado; la mandíbula de estos misticetos tiene una fosa mandibular grande que cubre más de la mitad del alto del dentario y es posterior al foramen mandibular. En general, todos los cetotherios son parafiléticos en la mayoría de los estudios previos (Kimura y Ozawa, 2002; Geisler y Sanders, 2003; Deméré *et al.*, 2005; Bouetel y Muizon, 2006; Steeman, 2007; Deméré *et al.*, 2008; Kimura y Hasegawa, 2010; Hampe y Baszio, 2010; Marx, 2010).

La topología del árbol de consenso, sugiere un grupo grande donde incluye todos los misticetos barbados (nodo 47 Figura 27) con un 96 % de porcentaje de bootstrap. A partir de éste nodo, se desprenden dos grupos con un 100% de bootstrap (nodo 46).

1. Por un lado, se encuentra el nodo 32 el cual incluye a aquellos misticetos de relativamente pequeño tamaño, clasificados dentro de la

familia Cetotheriidae *sensu stricto* (Bouetel y Muizon, 2006; Kimura y Hasegawa, 2010, Hampe Baszio, 2010 y Marx, 2010) (figura 27, 28). Este grupo se caracteriza principalmente por las siguientes apomorfias (Anexo 1 y 2):

Ambas maxila contactan medialmente o están muy próximas al ápice; el extremo posterior de la premaxila es anterior al de la maxila; nasales en forma de cuña que convergen posteriormente; frontales totalmente cubiertos por los huesos del rostro en plano sagital del cráneo; el proceso anterior del periótico tiene un ápice recto; espesa crista transversa y el foramen facial y el hiatus falopii convergen internamente.

Cabe mencionar que en el análisis de bootstrap se presentan politomias, con un bootstrap menor al 50% y, debido a ello, el valor no es presentado en la grafica (figura 28).

En el otro grupo se alojan los misticetos de mayor tamaño (balaenopteridos y demás familias actuales) y sus ancestros “inmediatos” (nodo 45, Figura 27). Está agrupado con un 63 % de bootstrap. Dentro de este grupo, se posiciona el espécimen UABC-FCMM 3373. Algunos de los caracteres que agrupan a éste nodo son:

La sutura entre el maxilar y los frontales es más o menos recta transversalmente a ligeramente cóncava posteriormente; ápice del supraoccipital está alineado aproximadamente con el ápice de los procesos cigomáticos; en la bula timpánica el lóbulo dorsal se proyecta mas allá

posteriormente que el lóbulo dorsal; el extremo posterior del proceso posterior del periótico y la parte dorsal del proceso anterior están formados por un hueso esponjoso, mientras que el resto del periótico está formado por un hueso denso; fosa suprameatal expandida lateralmente, con superficie cóncava e irregular; fosa incudis pobremente definida; surco profundo para el nervio facial; el proceso posterior del petrotimpanico es más largo que el resto del periótico; el cóndilo mandibular es amplio, masivo, redondeado, está opuesto posteriormente sobre la mayor parte del extremo posterior del dentario.

Específicamente, en el nodo 40, está como miembro más primitivo el espécimen UABC-FCMM 3373 y, a partir de éste, se encuentran los misticetos más evolucionados; como ejemplo de ello, tenemos a todas las taxa de ballenas actuales. Aunque, en el análisis de bootstrap (figura 28) no se observó un porcentaje alto (mayor a 50%), éste grupo se puede caracterizar por tres principales apomorfias; la sutura fronto-parietal es oblicua, su porción dorsal es aguda; el proceso postglenoides está ventrolateralmente orientado en vista posterior y el foramen pseudo-oval perfora el escamosal y el pterigoides.

Por último, con el objetivo de establecer claramente las diferencias entre taxa fósiles y taxa actuales, se describió el nodo 38, que agrupa únicamente a miembros actuales, representado con un 83% de bootstrap;

y está caracterizado por las siguientes apomorfias: Los procesos ascendentes de la maxila son elongados posteriormente con ápices cuadrados; cresta temporal ausente o fuertemente discernible sobre la superficie dorsal del proceso supraorbital; los parietales en plano sagital del cráneo están totalmente cubiertos por los frontales y el occipital; el periótico está constituido casi totalmente de un hueso esponjoso; fenestra rotunda en forma de lágrima con una fisura dirigida al agujero perilinfático; fosa suprameatal indistinta, debido al desarrollo del tegmen timpánico; meatus acústico interno tubular.

De este modo, se pudo representar el grupo donde el espécimen UABC-FCMM 3373 es base; que, aunque no tiene un porcentaje de bootstrap representativo, sí lo tiene el nodo ancestral y el nodo posterior más evolucionado; quedando entonces, alojado entre grupos con características muy establecidas y altamente representadas por el porcentaje significativo de bootstrap. Lo que da pauta a un análisis futuro más detallado de este grupo de misticetos, atendiendo principalmente la revisión de sus caracteres.

En el presente análisis filogenético, se pudo observar que todos los miembros del grupo *Isanacetus*-group ó las nuevas familias propuestas por Steeman (2007), son miembros primitivos de los misticetos actuales (Geisler y Sanders, 2003, Bouetel y Muizon, 2006). Sin embargo, Kimura y Ozawa (2002) y Kimura y Hasegawa (2010) sólo los consideran estrechamente relacionados con balenopteridos. Por el contrario, Marx (2010) encontró que los balénidos son más estrechamente relacionados con *Isanacetus*-group y éstos a su vez con

Cetotheriidae *sensu stricto*, considerando a éste último grupo como ancestros inmediatos de las familias Neobalaenidae, Eschrichtiidae y Balaenopteridae. Son varios los trabajos concernientes a la filogenia y taxonomía de los Mysticetos (Geisler y Luo, 1996; Geisler y Sanders, 2003; Deméré *et al.*, 2005 y 2008; Bouetel y Muizon, 2006; Marx, 2010;) y específicamente de aquellas especies de Cetotheriidae *sensu lato* (Steeman, 2007; Kimura y Ozawa, 2002; Kimura y Hasegawa, 2010). Aunque es notable que en muchos de ellos sólo se utilizaron muy pocas especies como representantes de la familia o grupo y que a su vez, se basan en muy pocos caracteres diagnosticos para establecer las diferencias entre una familia y otra. En el trabajo realizado por Hampe y Baszio (2010) demostraron que el análisis morfológico (apoyado en puntos de referencia) es aun fundamental en las descripciones sistematicas, pues no siempre se cuenta con caracteres diagnosticos suficientes para un análisis filogenético y en conjunto con los análisis filogenetico son una buena herramienta para establecer la filogenia.

Sin embargo, entre los objetivos del presente trabajo no se incluye el realizar un análisis de la filogenia de los misticetos, sino posicionar filogenéticamente al espécimen UABC-FCMM 3373 dentro de los misticetos barbados, así como para conocer sus relaciones con otros grupos, tanto fósiles como actuales.

8.3. Distribución e intervalo estratigráfico de las familias de ballenas barbadas fósiles.

Superfamilia Eomysticetidea

La superfamilia Eomysticetoidea aparece en el registro geológico en el Oligoceno Temprano con el género *Micromysticetus*, siendo éste género el único representante de la superfamilia para esta edad; los registros más recientes del género *Mauicetus* indican que éste género es el único registro reportado para la superfamilia durante el Aquitaniano del Mioceno Temprano, sin encontrar ningún registro durante el Burdigaliano del Mioceno Temprano. Los resultados reportados en el presente trabajo se incluyen a los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 como miembros afines al género *Eomysticetus* de la familia Eomysticetidae, superfamilia Eomysticetoidea (Sanders y Barnes, 2003), con estos nuevos registros se amplía el intervalo estratigráfico de la familia y superfamilia hasta el Mioceno Medio.

De esta manera, la superfamilia Eomysticetidae presenta una mayor diversidad en comparación con los primeros reportes, con una distribución más amplia (Anexo 4). En las figuras 31 y 32 se puede observar como algunas especies de los géneros *Cetotheriopsis*, *Mauicetus* y *Mycromysticetus* fueron encontrados en latitudes altas para el Mioceno Medio en lo que hoy se conoce como Alemania, Austria y Nueva Zelanda, sin embargo, otros especímenes de los géneros *Micromysticetus* y *Mauicetus* son encontrados también en zonas tropicales, subtropicales del Oligoceno, lo que hoy ocupa los territorios del Océano

Pacífico Norte y Costa Oeste del Atlántico Norte. Tal vez ésta amplia diversidad fue dada en función de la libre conexión entre los océanos (Steeman *et al.*, 2009).

Por otro lado, la inclusión de dos nuevos especímenes a esta superfamilia de edad Mioceno Medio, amplían el intervalo estratigráfico de la superfamilia. Debido a la interpretación paleoambiental de la Formación Rosarito Beach (Deméré *et al.*, 1984; Aranda-Manteca, 1990, 1994 y 2001) según las condiciones del ambiente de depósito y la asociación faunística de vertebrados y microfósiles se han sugerido ambientes de subtropicales a templados (figuras 31 y 32); sin embargo, durante el Mioceno Temprano existe una falta de información de esta superfamilia, debido tal vez a la falta de estudio de estas capas ó a la ausencia de depósitos con éstos fósiles.

En la figura 33 se puede observar como durante el Oligoceno Tardío existe una mayor diversidad de géneros y especies, mientras que el Oligoceno Temprano y Mioceno Temprano, solo se tiene el registro de una sola especie. En general el intervalo estratigráfico de la familia es amplio desde principios del Oligoceno al Mioceno Medio (33.7-14.8 Ma).

Es una superfamilia que tiene sus orígenes durante el Oligoceno Temprano, siendo principalmente el Oligoceno Tardío donde tiene su mayor desarrollo asociado a periodos cálidos. El nuevo registro encontrado en La Fauna La Misión amplía el intervalo estratigráfico de la familia hasta el estadio Langiano del Mioseno Medio.

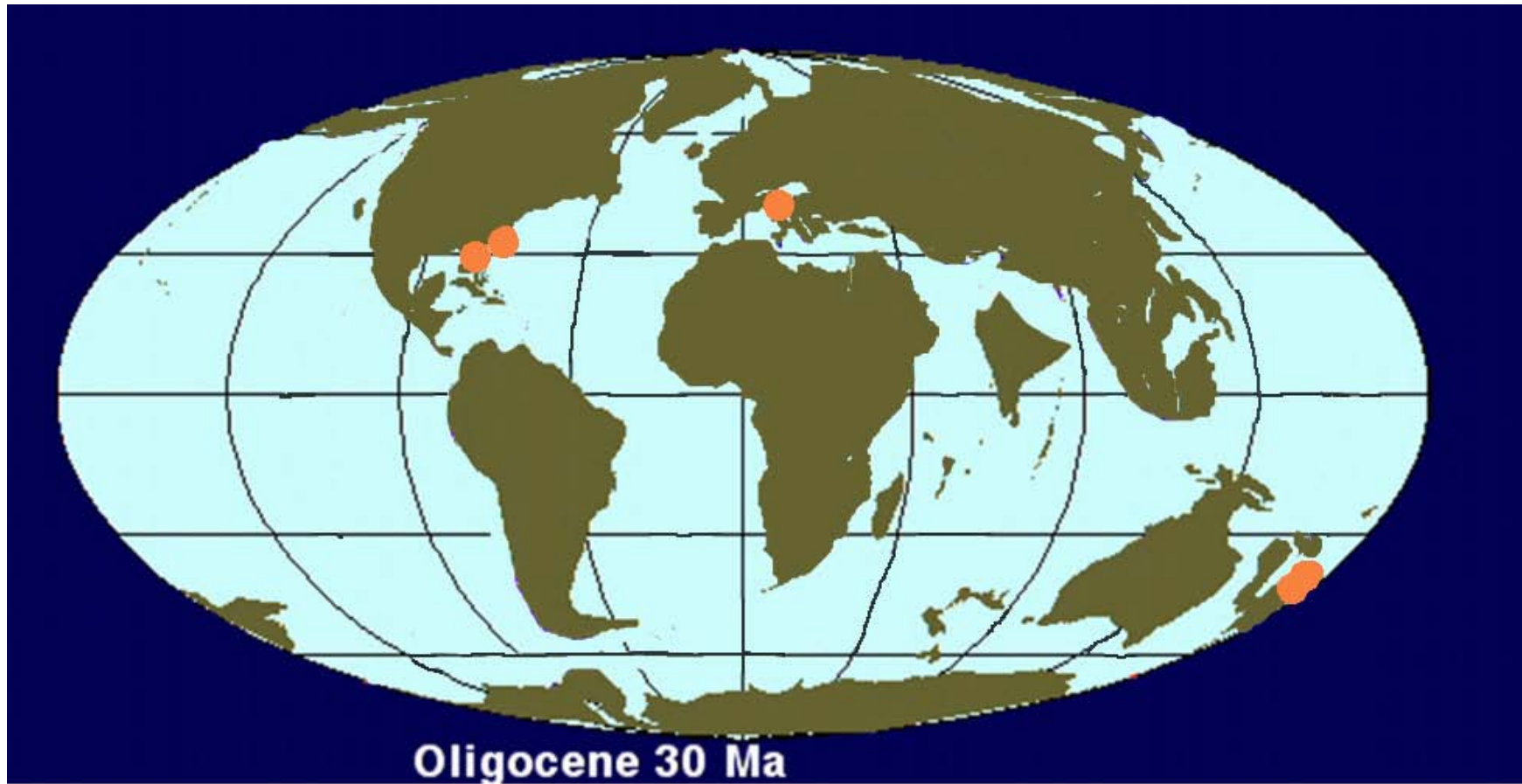


Figura 31. Distribución de la superfamilia Eomysticetoidea. Los círculos en el mapa indican especímenes confirmados para el género y los rectángulos, especímenes con afinidades al género. Círculos naranjas, Superfamilia Eomysticetoidea,

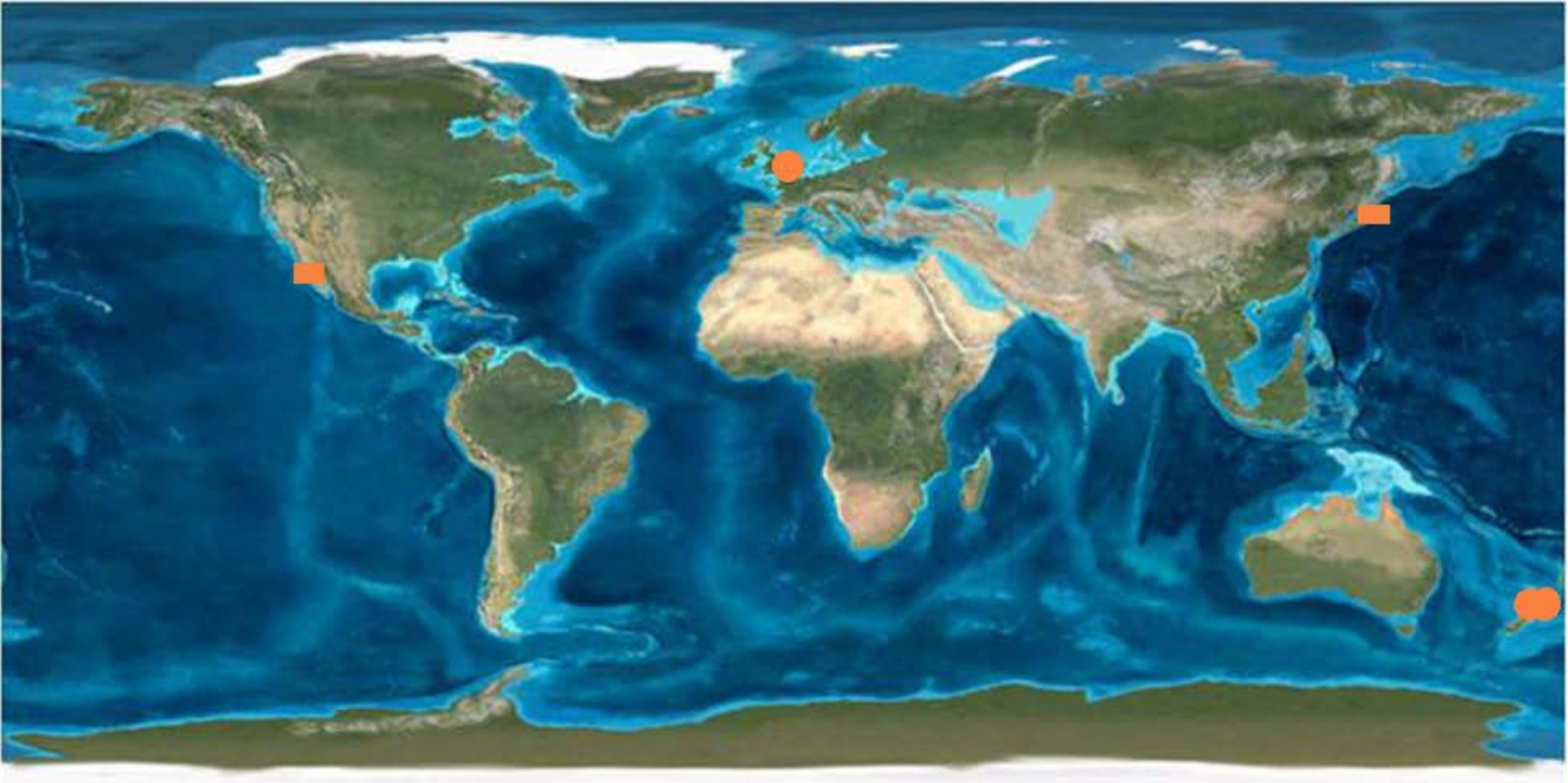


Figura 32. Distribución de la superfamilia Eomysticetoidea. Los círculos en el mapa indican especímenes confirmados para el género y los rectángulos, especímenes con afinidades al género. Círculos naranjas, Superfamilia Eomysticetoidea,

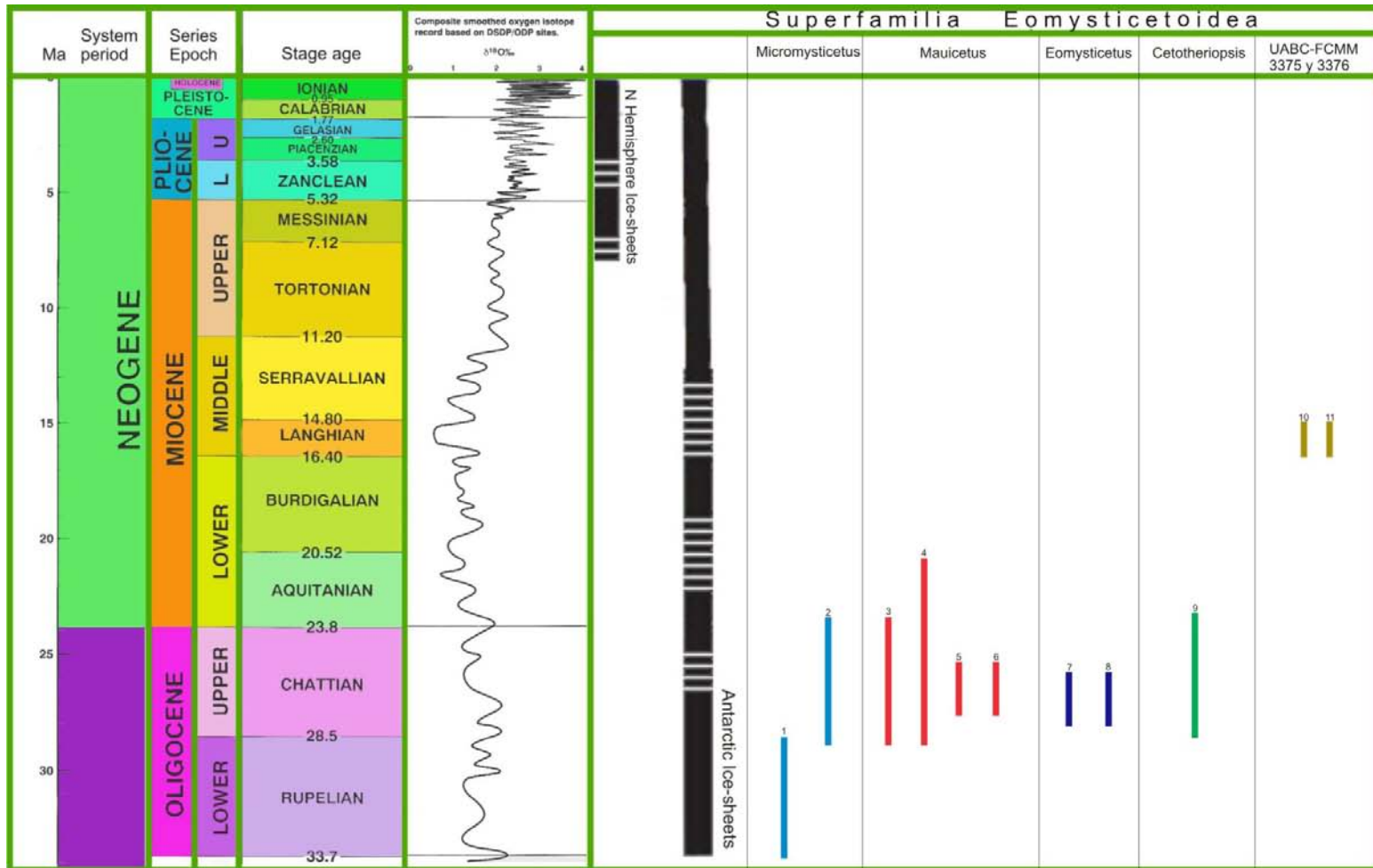


Figura 33. Intervalo estratigráfico de los géneros de las diferentes familias de la superfamilia Eomysticetoidea. Los números sobre las barras indican la especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Superfamilia Cetotherioidea

Familia Cetotheriidae

De las ballenas barbadas, la familia Cetotheriidae es una de las familias más diversas con 15 géneros y 33 especies. Sus restos se han encontrado mayormente en los Océanos Atlántico y Pacífico sobre Hemisferio Norte (figura 33) y se tienen muy pocos registros en el Hemisferio Sur. En el Hemisferio Norte se han encontrado un total de 12 géneros (figura 34) distribuidos en latitudes medias y altas durante el Mioceno; mientras que en el Sur sólo se han encontrado tres especies en tres géneros en los Océanos Pacífico y Atlántico de América del Sur, las especies del Sur tienen una distribución latitudinal más amplia que las del Norte pues van desde latitudes bajas, medias y altas durante el Mioceno (figura 34, Anexo 4).

El intervalo estratigráfico de la familia va desde finales del Mioceno Temprano (Burdigaliano) hasta el Plioceno Tardío (Gelasiano), siendo el Mioceno Medio cuando hay mayor diversidad de especies, 17 en total alojadas en nueve géneros (figura 35 y 36), mientras que la mayor diversidad de géneros es encontrada durante el Mioceno Tardío con 12 géneros con un total de 15 especies. Los géneros con mayor prevalencia estratigráfica son *Cetotherium*, *Heterocetus* y *Herpetocetus*, los dos primeros desde el Burdigaliano (20.52 Ma) hasta el Gelasiano (1.77 Ma), cabe resaltar que la especie *Herocetus brevifrons* es la que tiene el registro estratigráfico más amplio de la familia, ha sido encontrada sólo en Inglaterra, Bélgica y Noruega, donde existía aguas templadas durante este

periodo. Por último el género *Herpetocetus* tiene un intervalo estratigráfico desde el Serravaliano hasta el Gelasiano; figura 36).

De los géneros de cetoterios, *Herpetocetus* es el que tiene una distribución más amplia pues es encontrado en los océanos Atlántico y Pacífico, mientras que el género *Cetotherium* es el más diverso con 10 especies distribuidas principalmente en Europa y Suroeste de Asia, aunque también es encontrado en los océanos Atlántico y Pacífico en el Hemisferio Norte (figura 34).

En conclusión, la familia Cetotheriidae es de las más diversas, cuentan con una amplia distribución así como un amplio intervalo estratigráfico que va desde el Burdigaliano (20.52 Ma) hasta el Gelasiano (1.77 Ma). Es muy evidente que en el Mioceno Medio existe una amplia diversificación de especies asociadas con el Óptimo Climático del Mioceno Medio.

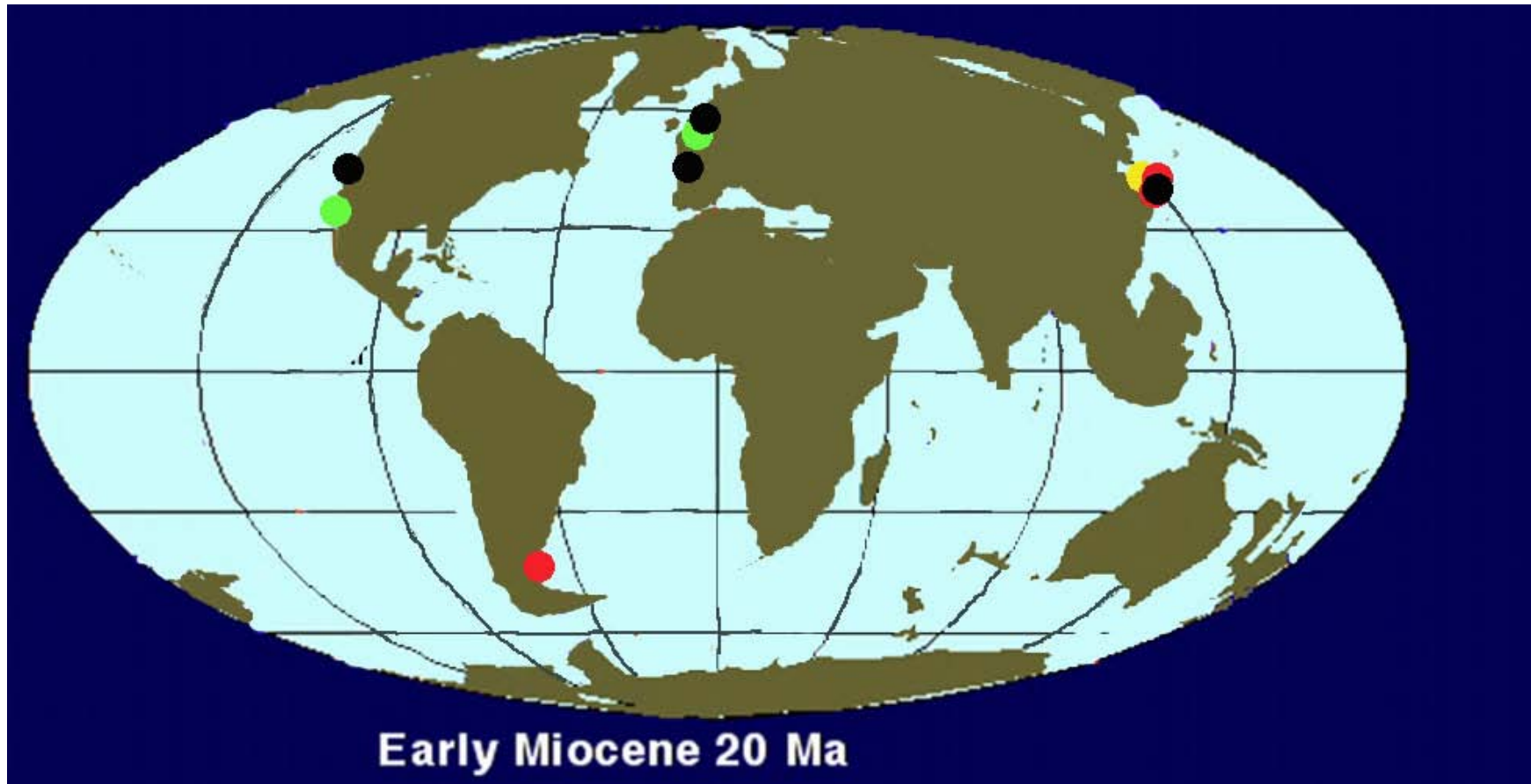


Figura 34. Distribución de la familia Cetotheriidae. Circulos negros, familia Pelocetidae; Rojos, Familia Aglaocetidae, Verdes, Cetotheriidae; Amarillos, Familia Diorocetidae

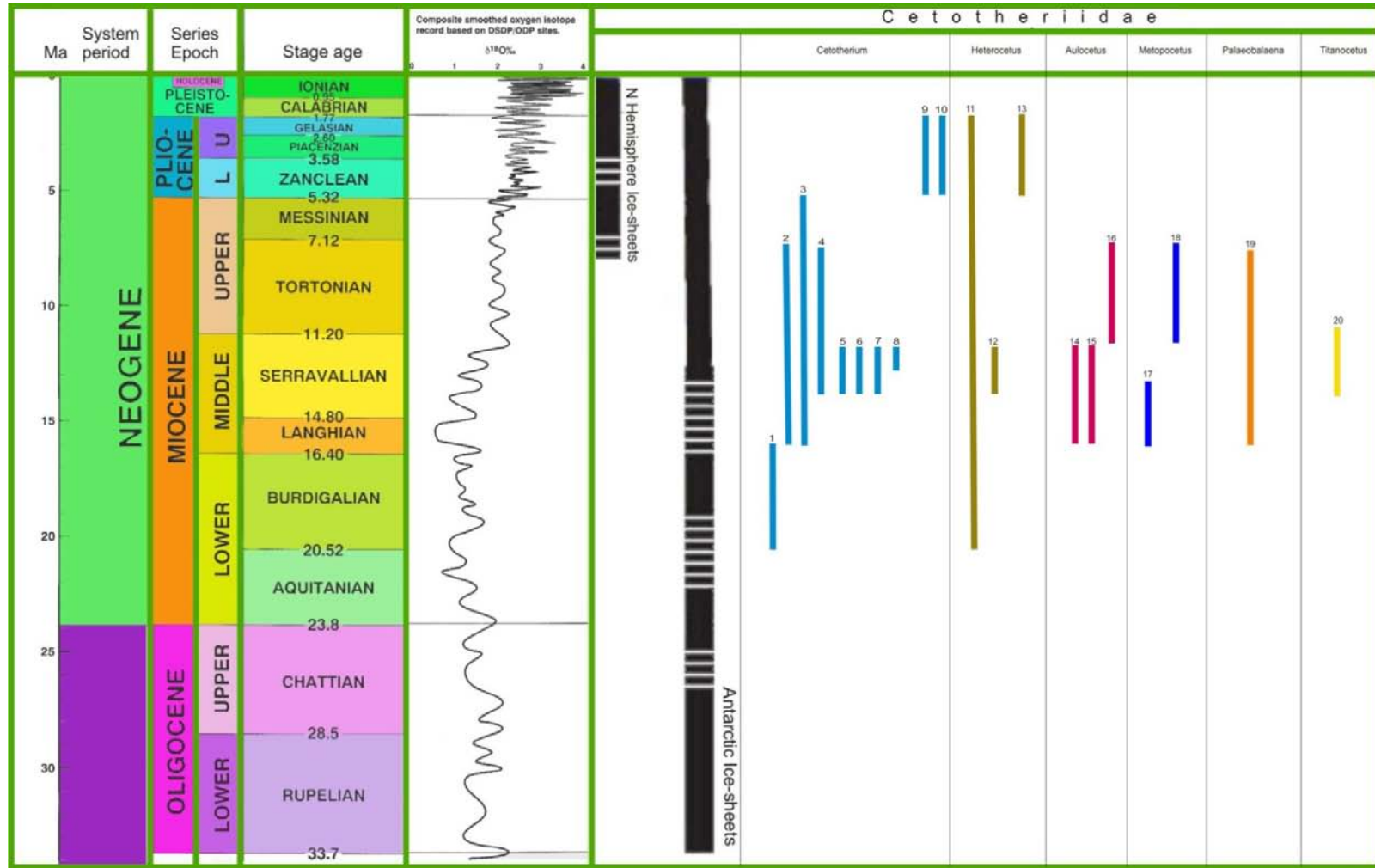


Figura 35. Intervalo estratigráfico de los géneros *Cetotherium*, *Heterocetus*, *Aulocetus*, *Metopocetus*, *Palaeobalaena* y *Titanocetus*. Los números sobre las barras indican la especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Superfamilia Balaenopteroidea.

Familia Pelocetidae.

La distribución de la familia está limitada al Hemisferio Norte en los Océanos Pacífico y Atlántico. El intervalo estratigráfico se limita al Mioceno (23.8-5.32 Ma), siendo el Mioceno Medio donde la familia es más diversa con ocho diferentes especies de las 10 reportadas, dentro de estas especies se incluye el espécimen descrito en este trabajo. De los cuatro géneros, *Parietobalaena* es el género más diverso (cinco especies), distribuidas en latitudes medias y altas (figura 36) en costas de los Océanos Atlántico y Pacífico durante todo el Mioceno. La especie *Parietobalaena afinis* es la de mayor prevalencia, se distribuye en Noruega y Bélgica durante el Mioceno Temprano, Medio y Tardío. La especie *Parietobalaena mirabilis* tiene una distribución limitada en sedimentos miocénicos de Francia.

Con la inclusión al espécimen UABC-FCMM 3373 en la familia se amplió la distribución de la familia en latitudes medias con un clima subtropical a templado. Específicamente, para La Fauna La Misión se han propuesto climas subtropicales (Deméré *et al.*, 1984, Aranda-Manteca, 2001) debido tal vez a la zona de mezcla de la Corriente de California y la Corriente Tropical Caribeña dando como resultado la mezcla de comunidades y una mayor diversidad durante el Mioceno Medio (Aranda-Manteca, 2001). El espécimen UABC-FCMM 3373 coexiste en tiempo con especies distribuidas en latitudes altas (figura 38 Anexo 4).

En conclusión los primeros registros de la familia Pelocetidae aparecen a principios del Mioceno, impulsados tal vez por el deterioro climático que comenzó desde finales del Oligoceno y que prevaleció y se intensificó durante el Mioceno Medio. Paralelamente la mayor diversidad de la familia coincide con el Óptimo Climático del Mioceno Medio (17-15 Ma). También es evidente que la reducción de géneros y especies está directamente relacionada con el consecuente deterioro climático producto de la formación total de la capa de hielo de la Antártica (Zachos *et al.*, 2001, Lawver y Gahagan, 2003), pues justo en el límite del Mioceno – Plioceno el clima global y el nivel del mar disminuyeron, lo que a su vez trajo como consecuencia la disminución de habitats para las especies.

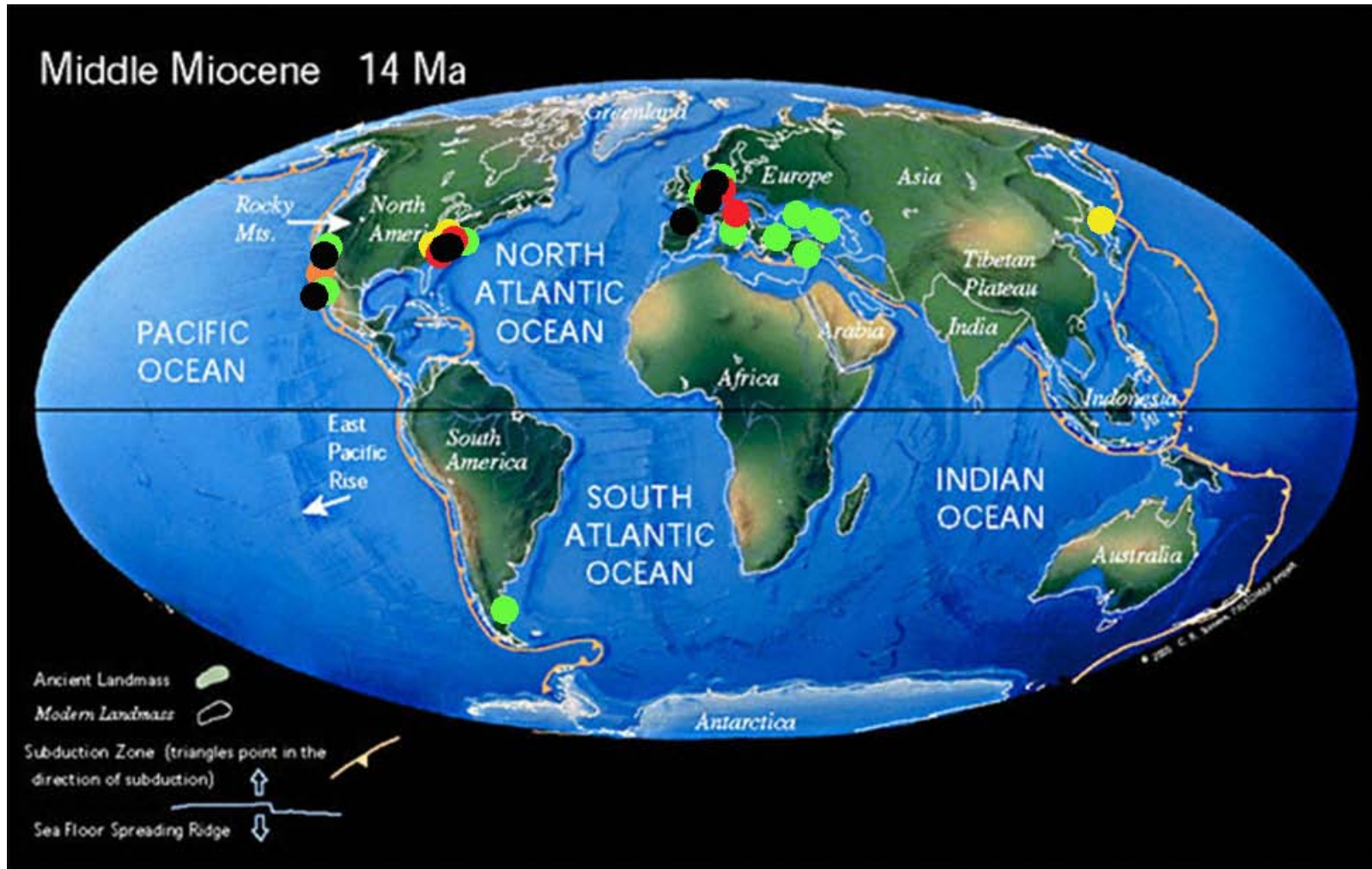


Figura 37. Distribución de la familia Pelocetidae. Circulos negros, familia Pelocetidae; Rojos, Familia Aglaocetidae, Verdes, Cetotheriidae; Amarillos, Familia Diorocetidae; Naranjas Eomysticetidae.

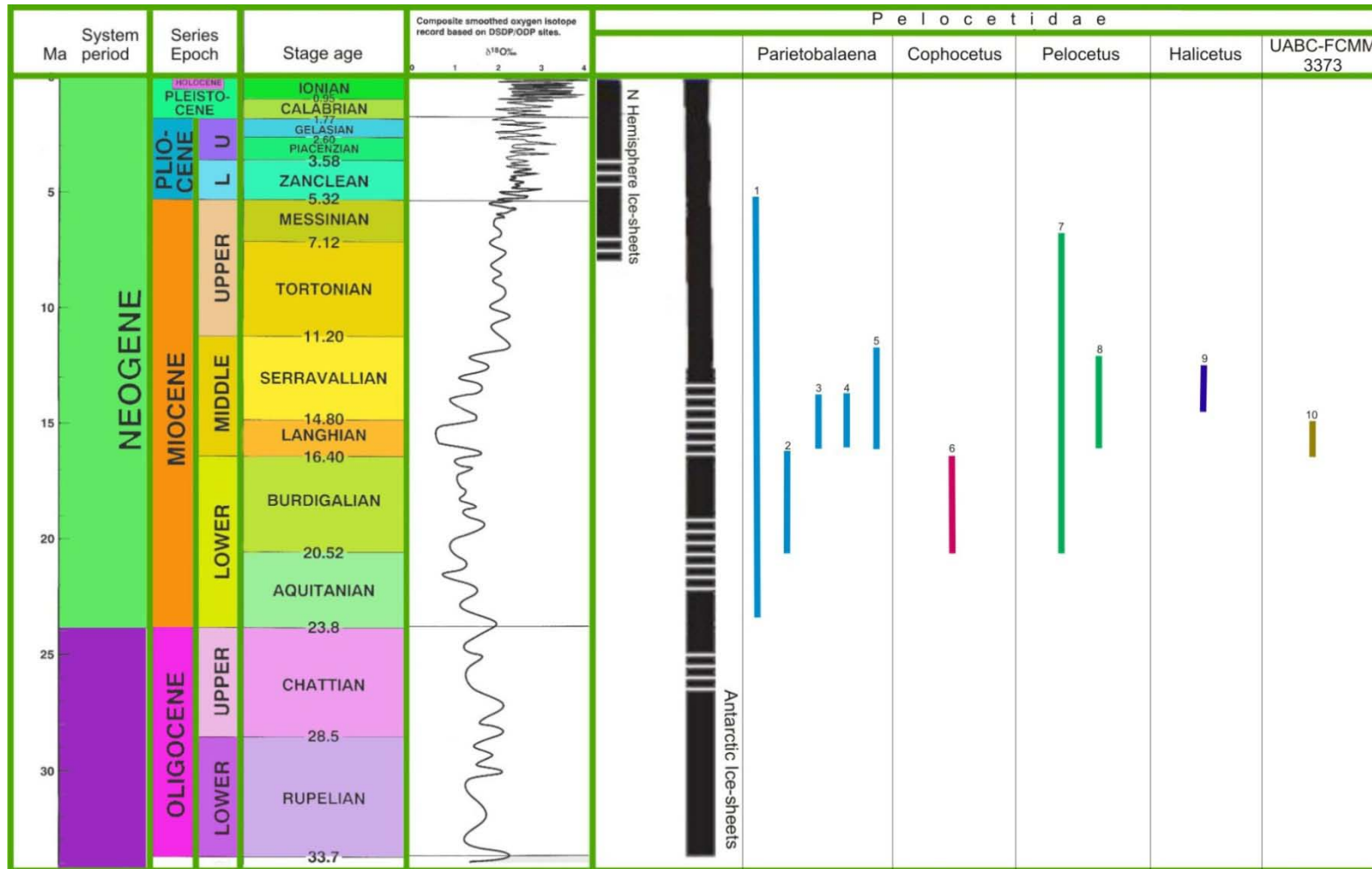


Figura 38. Intervalo estratigráfico de la familia Pelocetidae. Los números sobre las barras indican la especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Familia Aglaocetidae.

Es una familia con una amplia distribución (figura 39), su intervalo estratigráfico va desde el Mioceno Temprano hasta el Plioceno Tardío (figura 39). Cabe señalar que la mayoría de las especies de la familia están ubicadas en el Mioceno Medio, en aguas templadas cálidas en latitudes medias y altas durante el Mioceno, con excepción del género *Isanacetus* (figura 38) el cual tiene una distribución más tropical durante el Mioceno que los demás géneros de la familia.

Los géneros *Isanacetus* y *Aglaocetus* son los más antiguos pues fueron encontrados en sedimentos del Mioceno Temprano, sin embargo, el género *Aglaocetus* es el que tiene mayor prevalencia debido a que se ha encontrado incluso en el Plioceno Tardío, esta prevalencia sugiere que las especies del género *Aglaocetus* estaban quizá mayormente adaptadas a aguas templado - frías sobre latitudes altas, este clima pudo ser consecuencia del deterioro climático ocurrido durante el Mioceno Tardío y que continua hasta el Holoceno (figura 38 y 39; Zachos et al., 2001, Steeman et al., 2009). También, dicho género es el más diverso con seis especies distribuidas en Océano Atlántico Norte y Sur, principalmente en latitudes altas de Argentina, Estados Unidos, Francia, Bélgica y Noruega (figura 38, Anexo 4). La especie *Pinocetus polonicus* es encontrada únicamente en el Sureste de Polonia (Czyzewska y Ryziewicz, 1976), mientras que la especie *Isanacetus laticephalus* se encontró únicamente en las costas del Sur de Japón (Kimura y Ozawa, 2002). En la figura 39 es notable como los tres géneros coexistieron en edad y espacio, sin embargo, el género *Isanacetus* tiene

una escasa relación estratigráfica con los géneros *Pinocetus* y *Aglaocetus* debido a que sólo coexiste con una especie del género *Aglaocetus*, las especies restantes de los géneros *Pinocetus* y *Aglaocetus* fueron encontradas en estratos más recientes que los del género *Isanacetus* (figura 39).

Las especies *Aglaocetus rotundus* y *Aglaocetus burtinii* aparecieron después del Óptimo Climático del Mioceno Medio e incluso *A. burtinii* prevaleció durante el Plioceno *A. latifrons*.

En particular, la familia Aglaocetidae cuenta con tres especies del género *Aglaocetus* que aparecen o prevalecen durante el Mioceno Tardío en incluso durante el Plioceno, esto indica que estas tres especies adquirieron nuevas adaptaciones para sobrevivir el deterioro climático posterior al Mioceno Medio. Sin embargo aquellas especies con intervalos estratigráficos cortos no presentaron tal vez adaptación que les permitiera sobrevivir a cambios ambientales y prevalecer por más tiempo.

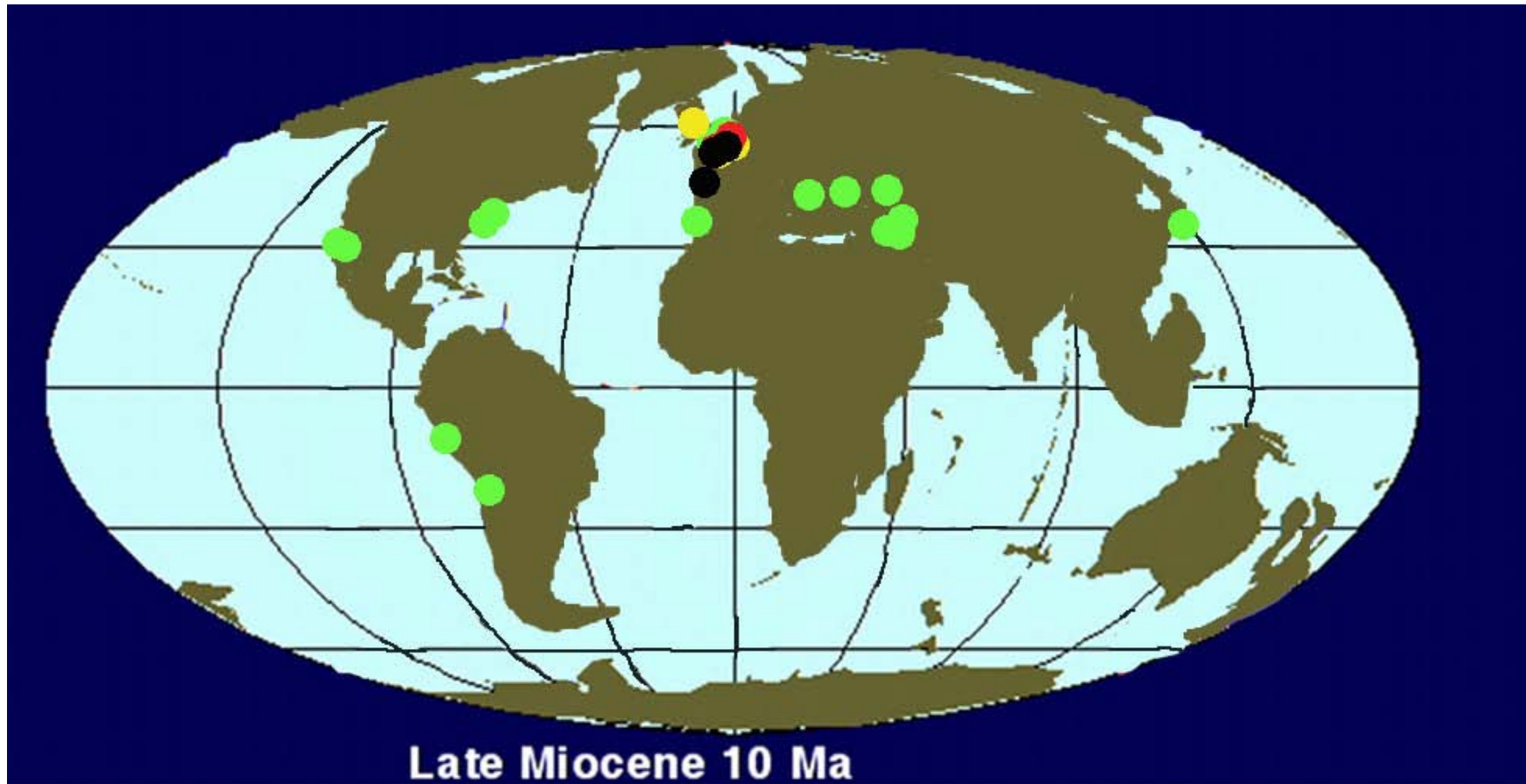


Figura 39. Distribución de la familia Aglaocetidae. Circulos negros, familia Pelocetidae; Rojos, Familia Aglaocetidae, Verdes, Cetotheriidae; Amarillos, Familia Diorocetidae

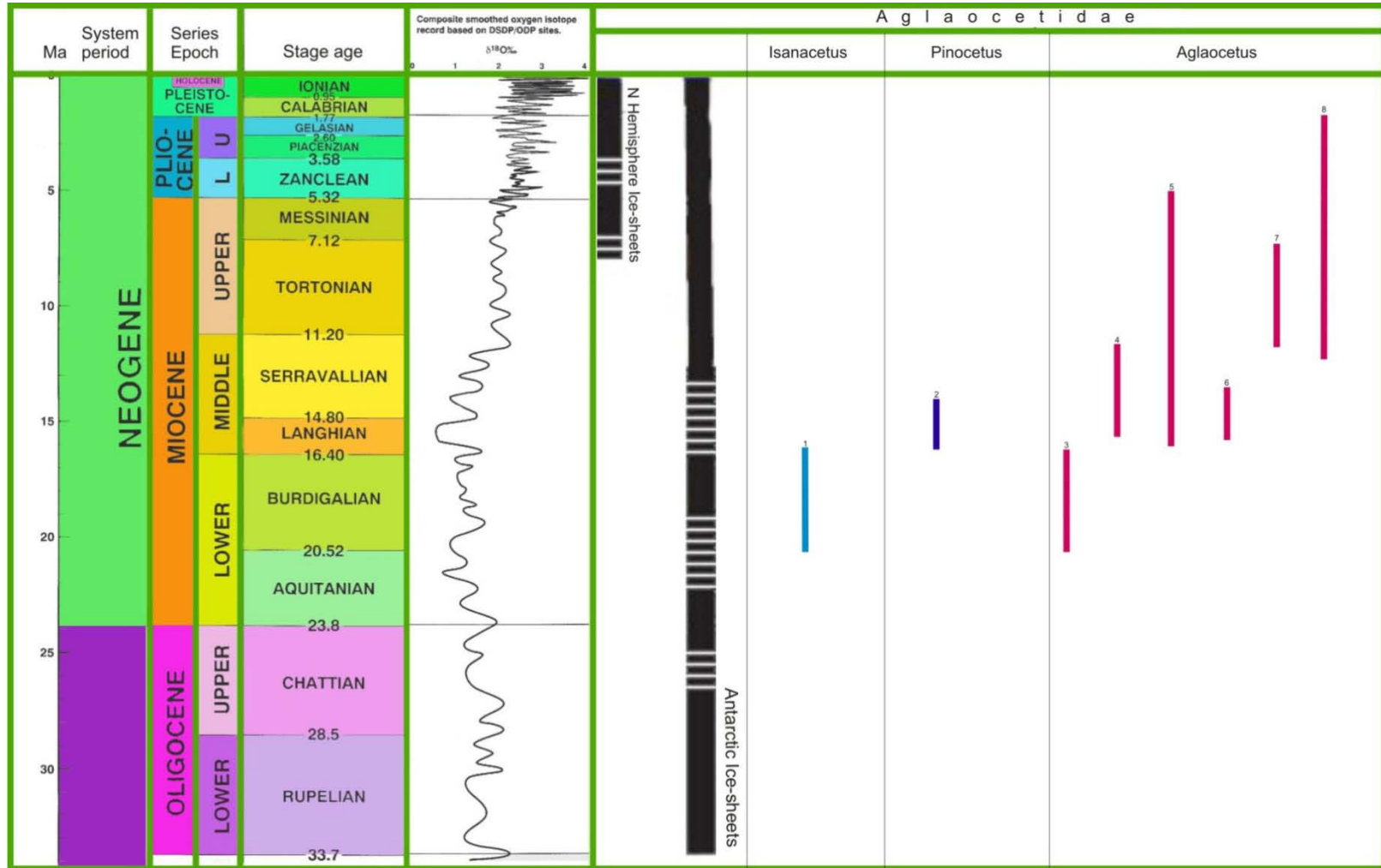


Figura 40. Intervalo estratigráfico de la familia Aglaocetidae. Los números sobre las barras indican la especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Familia Diorocetidae.

Los cuatro géneros que componen la familia Diorocetidae, se distribuyen en los Océanos Pacífico y Atlántico (figura 39 y 40), en climas subtropicales a templados. Su intervalo estratigráfico va de finales del Mioceno Temprano a principios del Mioceno Tardío (figura 41). Sus especies son encontradas en latitudes medias y altas del Hemisferio Norte. En general esta familia es la que tiene más reducido el intervalo estratigráfico en comparación con las demás familias de misticetos barbados fósiles. Los géneros *Diorocetus* y *Thinocetus* estuvieron adaptados exclusivamente a climas tropicales a subtropicales en latitudes medias y bajas durante el Mioceno. En cambio los géneros *Uranocetus* y *Amphicetus* se distribuyen en climas templados de latitudes altas (figura 40), ambos géneros tal vez coincidían en tiempo y espacio (figura 40 y 41).

Durante el Mioceno Medio son encontradas cinco de las seis especies que componen la familia, siendo este periodo el de mayor diversidad. El género *Diorocetus* es el de mayor prevalencia estratigráfica pues se puede encontrar desde el Mioceno Temprano hasta el Mioceno Medio, también es el género más diverso con tres especies distribuidas en el Oeste de los Océanos Pacífico y Atlántico (figura 40). Los tres géneros restantes son encontrados únicamente en Océano Atlántico principalmente sobre latitudes altas durante el Mioceno.

Por último, en caso de la familia Diorocetidae, la diversidad de géneros parecen estar directamente relacionada con el periodo cálido posterior a la formación de la capa de hielo de la Antártica (Zachos *et al.*, 2001), debido a que el

género más primitivo es encontrado en sedimentos de 20.5 Ma (Figura 42); a su vez, la extinción de la familia es paralelo al establecimiento total de la capa de hielo de la Antártica durante el Mioceno Tardío (Steeman *et al.*, 2009, Zachos *et al.*, 2001). Esto es concordante con el aumento en la tasa de extinción de los neocetos durante el Mioceno Tardío (Uhen y Pyenson, 2007).

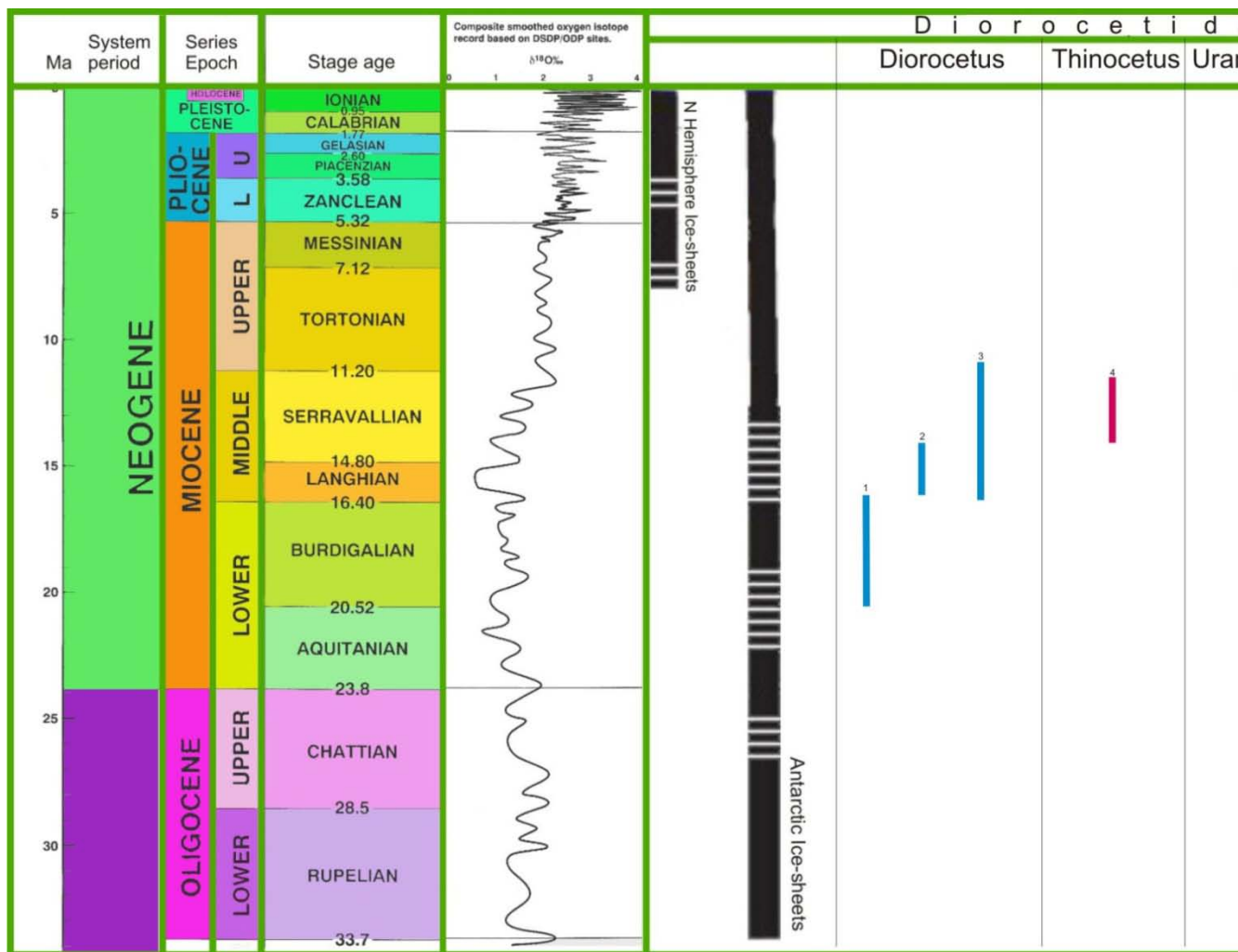


Figura 41. Intervalo estratigráfico de la familia Diorocetidae. Los números sobre las barras indican el número de especie de la familia (anexo 4). Imagen adaptada y modificada de Hardenbol *et al.*, 1998 y Zachos *et al.*, 2001.

Es así que la aparición de las barbas fue una estrategia en la evolución de los misticetos, en respuesta tal vez la alta productividad primaria durante el Oligoceno temprano hace aproximadamente 33 Ma (Fordyce, 1976). Durante el Oligoceno Tardío aparece la familia Eomysticetidae, una nueva familia de misticetos barbados (Sanders y Barnes, 2002a), que según las observaciones de los autores su distribución pudo ser cosmopolita, sin embargo en la descripción sólo incluye a dos especies del Oeste del Atlántico sobre el Hemisferio Norte. Más tarde, Geisler y Sanders (2003) analizaron los géneros *Micromysticetus* y *Cetotheriopsis* y nombraron una nueva superfamilia – Eomysticetoidea – la cual engloba las familias Cetotheriopsidae y Eomysticetidae. Las especies del género *Mauicetus* tiene semejanza con los especímenes de esta superfamilia (Steeman, 2007) e incluso con la familia Eomysticetidae (Sanders y Barnes, 2002), de manera que se incluye al género dentro de esta superfamilia, pero no se aloja dentro de ninguna familia (Steeman, 2007). Entonces, realizando un análisis del taxón, se encuentra que los primeros registros coinciden con la apertura del Pasaje Drake entre Sudamérica y la Antártica debido a la separación de Sudamérica y Australia de Antártica y el libre paso del Mar de Tasmania entre Austria y Antártica. Estos movimientos geológicos derivaron en la formación del Océano Austral y la Corriente Circumpolar Antártica (Kennett *et al.*, 1975, Sijp *et al.*, 2011), lo cual contribuyó a un enfriamiento global (Philander y Fedorov, 2003, Steeman *et al.*, 2009, Barker *et al.*, 2007) y la aparición de los glaciales en latitudes altas (Philander y Fedorov, 2003). Esta hipótesis es también corroborada por Miller y

Katz (1987), pues encuentran que los foraminíferos bentónicos sufrieron un periodo de cambios faunales a finales del Eoceno principios del Oligoceno debido al deterioro climático, para posteriormente pasar a un periodo de estabilidad durante el Oligoceno – principios del Mioceno. En la figura 32 se puede observar que durante ese periodo hubo cambios en el nivel del mar asociados tal vez con la formación parcial o efímera de la capa de hielo de la Antártica (Zachos *et al.*, 2001). La corriente Circumpolar Antártica está directamente relacionada con el enfriamiento global durante este periodo, lo que a su vez produjo una alta productividad primaria, que pudo asociarse con la diversidad de misticetos (Marx *et al.*, 2010) debido principalmente al incremento en alimento. Sin embargo, la época que hubo mayor diversidad fue en el Oligoceno Tardío en el Hemisferio Norte, asociado al comienzo del clima cálido que perduró hasta el Mioceno Medio (Zachos *et al.*, 2001 y Lawver y Gahagan 2003). En el límite del Oligoceno – Mioceno ocurrió un aumento mundial en el nivel del mar, asociado con la disminución del volumen de la capa de hielo de la Antártica (Miller *et al.*, 2005 y 2008a). Existe un registro imperfecto de las glaciaciones, la capa de hielo es el principal conductor del cambio de clima causando aumentos latitudinales en gradientes térmicos, lo que originó un reordenamiento en la circulación y química del océano (Miller *et al.* 2008b).

Por otro lado, las familias Cetotheridae, Aglaocetidae, Pelocetidae y Diorocetidae, la mayor diversidad se encuentra en el Mioceno Medio en el estadio Langiano, estadio que representa el Óptimo Climático del Mioceno

Medio (17-15 Ma; Zachos *et al.*, 2001), lo cual provocó la incursión de aguas tropicales a subtropicales durante este periodo (Ingle, 1973 y Keller y Barron 1981 en Kellerm, 1981). Los cambios climáticos y los procesos tectónicos afectan al ambiente y a los seres vivos debido a que producen nuevos hábitats y en consecuencia provocan procesos de evolución biológica, radiación adaptativa y en su caso extinción de especies (Aranda-Manteca, 2010).

Entonces, en la familia Cetotheriidae ocurre una mayor diversidad de géneros durante el Mioceno Tardío, que puede estar asociado con el enfriamiento gradual y el restablecimiento del mayor bloque de hielo de la Antártica (Zachos *et al.*, 2001). Este mayor número de géneros representa un periodo de radiación adaptativa que pudo derivar en la creación de nuevas especies y nuevas familias, según su relación estratigráfica los cetoterios coexistieron con las familias Aglaocetidae, Diorocetidae y Pelocetidae y con algunos miembros de la familia Balaenopteridae. Durante el Mioceno Tardío el deterioro climático derivó en una mayor productividad primaria provocó una disminución en los especímenes de familias fósiles y dio origen a nuevas especies de la familia Balaenopteridae (Anexo 4).

Los géneros *Cetotherium* y *Herpetocetus* tienen mayor número de especies y un intervalo estratigráfico amplio reflejado en su distribución. Estas características pueden interpretarse en función de que ambos géneros presentaron una mayor capacidad de adaptación al deterioro climático del Mioceno Tardío. La libre conexión de los océanos que existía durante el

Mioceno Medio y el comienzo del cierre de estas durante el Mioceno Tardío provoca primero una mayor distribución (Steeman,*et al.*, 2009) y posteriormente con el cierre de las conexiones interoceánicas pudo provocar eventos de extinción y especiación.

Durante el Óptimo Climático del Mioceno Medio aparecen nuevas especies adaptadas a aguas cálidas (figuras de graficas) algunas de estas especies tienen poca tolerancia a los cambios climáticos por lo que tienen a la extinción, mientras que otras con mayor capacidad prevalecen en el tiempo o dan lugar a procesos de radiación durante el Mioceno Tardío – Principios del Plioceno.

En resumen, el periodo que incluye Mioceno Medio-Mioceno Tardío (16.4-5.3 Ma) es muy diverso en géneros y especies de misticetos barbados, asociando tal vez al Óptimo Climático del Mioceno y posteriormente al enfriamiento global provocado por el aumento de la capa de hielo de la Antártica (Zachos *et al.*, 2001, Miller y Katz, 1987). Para el periodo del Plioceno, sólo se han encontrado los géneros *Aglacetus*, *Cetotherium*, *Hetericetus*, *Herpetocetus* y *Plesiocetopsis* distribuidos en Carolina del Norte, Italia y Japón en regiones de climas subtropicales y templado fríos (figura 34, 35 y 36, Anexo 4).

Kimura y Ozawa (2002) sugieren que la familia Cetotheriidea tenía una distribución limitada al este del Océano Pacífico Norte y regiones del Norte del

Atlántico durante el Mioceno Medio al Plioceno, mientras que aquellas familias pertenecientes al grupo *Isanacetus*-group (Aglacetidae, Pelocetidae y Dioroeti) tienen una distribución más amplia desde el principio y final del Mioceno Temprano; estos resultados se son contrarios a lo reportado en este trabajo concordando con las aproximaciones realizadas por Bouetel y Muizon 2007).

De manera general, la mayor diversidad de misticetos barbados coincide periodos donde el clima es más cálido, es así que la superfamilia Eomysticetoidea es más diversa durante el Oligoceno Tardío justo cuando la capa de hielo de la Antártica está parcialmente formada (Zachos *et al.*, 2001 y Lawver y Gahagan 2003). De igual forma, las familias de misticetos barbados más derivadas (Cetotheriidae, Pelocetidae, Aglaacetidae y Diorocetidae), son más diversos durante el Mioceno Medio en cuanto al número de especies, específicamente durante el Óptimo Climático del Mioceno Medio y tienden a reducir el número de especies para el Mioceno Tardío también muchas algunas de estas especies pudieron dar lugar a especies adaptadas a climas más fríos como aquellas de la familia Balaenopteridae con una distribución cosmopolita.

Entonces los procesos de deterioro climático con sus pequeñas variaciones permitieron procesos de adaptación, radiación y extinción de especies de ballenas barbadas durante las épocas del Oligoceno al Plioceno.

9. CONCLUSIONES

- Se analizaron cuatro especímenes bajo el número de catálogo: UABC-FCMM 3373, UABC-FCMM 3374, UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376, de ellos solo tres fue posible su identificación.
- Se incluyen dos nuevas familias de misticetos a la fauna de vertebrados marinos fósiles de La Mesa La Misión, corroborando su importancia a nivel mundial.
- El grado de telescopización del cráneo, así como las características del periótico del espécimen UABC-FCMM 3373 son primitivos comparados con la familia Balaenopteridae, pero derivados comparados con la familia Cetotheriidae.
- El espécimen UABC-FCMM 3373 presenta características diagnósticas del grupo *Isanacetus*-group, así como una mayor afinidad con las especies de la familia Pelocetidae, sin embargo sus características morfológicas son diferentes a las de los géneros de dicha familia por lo que se propone un nuevo género y especie.
- La mayoría de las especies con las cuales comparte características el espécimen UABC-FCMM 3373 son reportadas para el Mioceno Medio, lo

cual sugiere una amplia diversidad y distribución del grupo durante este periodo.

- El análisis filogenético del ejemplar UABC-FCMM 3373 lo posiciona muy cerca de la base del clado que origina a todas las familias de misticetos actuales.
- Los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 comparten muchas características con la familia Eomysticetidae. Sin embargo, cada uno de ellos es diferente, y se proponen dos nuevas posibles especies de la familia Eomysticetidae.
- Los especímenes UABC-FCMM 3375 y UABC-FCMM 3376 son los primeros registros de la familia Eomysticetidae para la península Baja California durante el Mioceno Medio. Por lo tanto, se amplía el intervalo estratigráfico de la familia Eomysticetidae, desde el Oligoceno Temprano hasta el Mioceno Medio.
- La mayor abundancia de misticetos barbados fósiles coincide con climas cálidos durante el Oligoceno Tardío y el Mioceno Medio en latitudes medias y altas en climas subtropicales a templados.

10. Bibliografía

- Aguayo-Lobo, A. y Esquivel-Macias, C. 1991. Origen y evolución de los cetáceos, *Ciencias*, **22**: 17-27.
- Aranda-Manteca, F. J., 1994. Vertebrados fósiles de La Misión, Baja California, México. Tesis de Maestría en Oceanografía costera. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- _____, 2001. Análisis paleoecológico y paleoambiental de la asociación de vertebrados marinos fósiles de La Misión, Baja California, México, Tesis de Doctorado en Oceanografía costera. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- _____, 1990, Aspectos paleoceanográficos y paleoecológicos de los fósiles del Mioceno, La Mesa La Misión, Baja California, México, *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, v. 3 (1), p. 97-116.
- Ashby, J.R. 1989. Miocene tectonostratigraphic history of The Rosarito Beach Basin, Northwestern Baja California: Implications for the early Tectonic development of the Southern California continental borderland. Tesis de maestría. Universidad de California, 58-74.
- Bajpai, S. y Gingerich, P.D., 1998. A new Eocene archeocete (Mammalia, Cetacea), from India and the time of origin of whales. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, **95**:15464-15468.
- Barker, P. F., G. M. Filipperlli, F. Florindo, E. E. Martin y H. D. Scher. 2007. Onset and role of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Research II*, **54**: 2388-2398.
- Barnes, L. G., 1976. Outline of Eastern North Pacific fossil cetacean assemblages. *Systematic zoology*, **25**: 321-343.
- _____, 1998. The sequence of fossil marine mammal assemblages in México. En: Carranza-Castañeda, O. y Córdoba-Méndez, D.A. Eds. *Avances de investigación. Paleontología de vertebrados*. Instituto de investigaciones en ciencias de la tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México, publicación especial **1**: 26-79.
- _____, 1997, Evolution and adaptation of marine mammals in the pacific rim, *Journal of Fossil Research*, **30**(2): 48-54.
- _____, y S. A. McLeod, 1984. The Fossil Record and Phyletic Relationships of Gray Whales. En M.L. Jones, S. Swartz, and S. Leatherwood, Eds, *The Gray Whale: Eschrichtius robustus*, pag. 3-32. New York: Academic Press.

- _____, M. Kimura, H. Furusawa y H. Sawamura. 1994. Classification and distribution of Oligocene Aetiocetidae (Mammalia; Cetacea; Mysticeti) from western North America and Japan. *The Island Arc* 3(4):392-431.
- Berta, A. y T. A. Deméré, 2008. Mysticetes, evolution. En Perrin, W. F., B. Wursig y J. G. M. Thewissen Eds. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Segunda Edición. 749-753.
- Boessenecker, R. W. 2011. Herpetocetinae (Cetacea: Mysticeti) dentaries from the Upper Miocene Santa Mararita Sanstone of Central California. *PaleoBios* 30(1): 1-12.
- Bouetel, V. 2005. Phylogenetic implications of skull structure and feeding in balaenopterids (Cetacea, Mysticeti). *Journal of Mammalogy*. 86: 139-146.
- _____, y Muizon, C., 2006. The anatomy an relationships of *Piscobaleana nana* (Cetacea, Mysticeti), a Cetotheriidae s.s. from the early Pliocene of Peru. *Geodiversitas*, 28(2): 319-395.
- Cockell, C. S., M. D. Stokes y K. E. Korsmeyer, 2002. Overwintering strategies of Antarctic organisms. *Environ. Rev.* 8: 1-19.
- Cope, E. D. 1895. Fourth contribution to the marine fauna of the Miocene period of the United States. *Proceedings of the American Philosophical Society* 34:135–155.
- _____, 1896. Sixth contribution to the knowledge of the marine Miocene fauna of North America. *Proceedings of the American Philosophical Society* 35:139–146.
- _____, On an extinct whale from California. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 1872:29-30
- Czyzewska T. y Z. Ryzewicz. 1976. *Pinocetus polonicus* gen. n. sp. n. (Cetacea) from the Miocene limestones of Pinczow, Poland. *Palaeontologica Polonica* 21(3):259-298.
- Demere. T. A. 1986. The fossil whale, *Balaenoptera davidsonii* (Cope 1872), with a review of other Neogene species of *Balaenoptera* (Cetacea: Mysticeti). *Marine Mammal Science* 2(4):277-298.
- _____, A. Berta, M. R. McGowen, 2005. The taxonomic and evolutionary history of fossil and modern balaenopteroid mysticetes. *Journal of Mammalian Evolution* 12: 99-143.
- _____, M. R. McGowen, A. Berta y J. Gatesy, 2008. Morphological and molecular evidence for a stepwise evolutionary transition from teeth to baleen in Mysticete Whales. *Systematic biology*, 57(1): 15-37.
- _____, M. A., Roeder, R. M. Chandler. Y J. A. Minch, 1984. Paleontology of the Middle Miocene Los Indios Member of the Rosarito Beach Formation, Northwestern Baja California, México. En J. A. Minch y J. R. Ashby (eds.) *Miocene and Cretaceous Depositional Environments*, Northwestern Baja California, México. *Pacific Section, AAPG* 54:48-57.
- Fitzgerald, E. M. 2006. A bizarre new toothed mysticete (Cetacea) from Australia and the early evolution of baleen whales . *Proc. R. Soc.B. London* . 273: 2955-2963.

- Fordyce, R. E. y Barnes, L. G., 1994. The evolutionary history of the whales and dolphins. *Annual review of Earth and Planetary Sciences* **22**(4): 19-55.
- _____, 1976. The development of the circum-antarctic current and the evolution of the mysticeti (Mammalia:Cetacea), *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **21**: 265-271.
- Gascón-Romero, G. A. 1991. Una nueva evidencia en la evolución de las ballenas del Mioceno medio de Baja California, México. Tesis de licenciatura en Oceanología, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México
- _____, 1997. Ballenas barbadas (Cetacea:Misticeti) del Mioceno de dos localidades en Baja California, Mexico. Tesis de maestría en Oceanografía costera. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- _____, Aranda-Manteca, F.J. y Barnes, L.G. 1994. Nueva evidencia de la evolución de las ballenas barbadas en Baja California, *Revista de investigación científica*, **2**: 1-10.
- Geisler, J. y A. E. Sanders 2003. Morphological evidence for the phylogeny of the Cetacea. *Journal of Mammalian Evolution* **10**: 23-129.
- _____, y Z. Luo, 1996. The petrosal and inner ear of *Herpetocetus* sp. (Mammalia: Cetacea) and their implications for the phylogeny and hearing of archaic Mysticetes. *Journal of paleontology*, **70**(6): 1045-1066.
- Gingerich, D. G., N. A., Wells, D. E. Russell, y S. M. Shah, 1983, Origin of whales in epicontinental remnant seas: New evidence from the Early Eocene of Pakistan, *Science*, **220** (4595):403-406.
- Hampe, O. y S. Baszio, 2010. Relative warps meet cladistics: A contribution to the phylogenetic relationships of baleen whales base don landmark analyses of mysticete crania. *Bulletin of Geosciences*. **85**(2):199-218.
- Hardenbol, J., J. Thierry, M. B. Farley, Th. Jacquin, P. De Graciansky y P. R. Vail. 1998. Mesozoic sequence chronostratigraphic framework of European Basins In De Graciansky, P., C. Hardenbol, J. Jacquin, Th. Y Vail, P. R. eds., Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European Basins, SEPM Special Publication 60.
- Jonhston, C., T.A. Deméré, A. Berta, J. Yonas y J. St. Leger, 2010. Observations on the musculoskeletal anatomy of the head of a neonate gray whale (*Eschrichtius robustus*), *Marine Mammals Science*, **26**(1): 186-194.
- Keller, G. 1981. Miocene biochronology and paleoceanography of the Nort Pacific. *Marine Micropalenotology*, **6**: 535-551.
- Kellogg R. 1924. Description of a new genus and species of whalebone whale from the Calvert Cliffs, Maryland. *Proceedings of the United States National Museum* **63**(15):1-14.
- _____, 1928. The history of whales—their adaptation to life in the water. *Quarterly Review of Biology* **3**:174–208.
- _____, 1929. A new cetothere from southern California. *University of California Publications in Geological Sciences*. **18**(15):449-457.

- _____, 1931. Pelagic mammals of the Temblor formation of the Kern River region, California, *Proceedings of the Academy of Sciences*, **19**: 217-397.
- _____, 1965. A new whalebone whale from the Miocene Calvert Formation. *Fossil marine mammals from the Miocene Calvert Formation of Maryland and Virginia. U.S. National Museum bulletin* **247**:1-66.
- _____, 1968. A hitherto unrecognized Calvert Cetothere. *Bulletin of the United States National Museum* **247**(6):133-161.
- _____, 1969. Cetothere skeletons from the Miocene Choptank Formation of Maryland and Virginia. *United States National Museum Bulletin* **294**: 1–40.
- Kimura, T. y T. Ozawa, 2002. A new cetothere (Cetacea:Mysticeti) from the early Miocene of Japan. *Journal of vertebrate paleontology*, **22**(3): 684-702.
- _____, y Y. Hasegawa, 2010. A new baleen whale (Mysticeti:Cetotheriidae) from the earliest late Miocene of Japan and a reconsideration of the phylogeny of cetotheres. *Journal of vertebrate paleontology*, **30**(2): 577-591.
- Lambersten, R. K., 1983. Internal mechanism of rorqual feeding. *Journal of Mammalogy*, **64**(1): 76-88.
- _____, N., Ulrich y J. Straley. 1995. Frontomandibular stay of Balaenopteridae: a mechanism for momentum recapture during feeding. *Journal of Mammalogy* **76**:877–899.
- Lawver, L. A. y L. M. Gahagan, 2003. Evolution of Cenozoic seaways in the circum-Antartic region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **198**: 11-37.
- Lopez-Caballero, E y G, Pérez-Suárez, 1999. Métodos de análisis en la reconstrucción filogenética. *Bol. SEA No. 26*, p. 45-56.
- Luo, Z. y Gingerich, P. D., 1999, Terrestrial Mesonychia to aquatic Cetacea: Transformation of the basicranium and evolution of hearing in whales. *Papers on Paleontology*, **31**: 1-110.
- Marples, B. J., 1956. Cetotheres from the Oligocene of New Zealand. *Proceedings of the Zoological Society of London*, **126**(4):565-580.
- Marx, F. G. 2010. The more the merrier? A large cladistic analysis of mysticetes, and comments on the transition from teeth to baleen. *J. Mammal Evol.* DOI 10.1007/s10914-010-9148-4.
- _____, y M. D. Uhen, 2010. Climate, critters, and cetaceans: Cenozoic drivers of the evolution of modern whales. *Science* **327**: 993-996.
- McLeod S. A., F. C. Whitmore y L. G. Barnes. 1993. Evolutionary relationships and classification. En: Burns JJ, Montague JJ, Cowles CJ, eds. *The bowhead whale*. Lawrence, KS: The Society for Marine Mammalogy, 45–70.
- Minch, J. A. 1966. Stratigraphy and structure of the Tijuana-Rosarito Beach area, Northwestern Baja California, Mexico. Tesis de maestría. Facultad de San Diego.

- _____, J. R. Ashby, T. A. Deméré, y H. T. Kuper, 1984. Correlation and depositional environments of the middle Miocene Rosarito Beach Formation of Northwestern Baja California, México. En Minch, J.A. y Ashby, J.R. Eds. *Miocene and cretaceous depositional environments of Northwestern Baja California*, México. A.A.P.G. (Pacific section), **54**: 47-56.
- Packard, E. L y R. Kellogg, 1934, A new cetothere from the Miocene Astoria Formation of Newport, Oregon, *Carnegie Institution of Washington publication*, **447**: 1-62.
- Pilleri, G. 1990. Miocene cetacean remains from mediterranean Spain. *Treb. Mus. Geol.* **1**: 43-76.
- Ray, C. E., D. J. Bohaska,, I. A. Koretsky, L. W. Ward y L. G. Barnes. 2008. Geology and paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina, IV. *Virginia Museum of Natural History*. Special publication. **14**: 141-180.
- Rivin, M. A. 2010. Early Miocene cetacean diversity in the Vaqueros Formation, Laguna Canyon, Orange County, California. Tesis de Maestría en Geología. Faculty of California State University, Fullerton. U.S.A.
- Sánchez-Gutiérrez, S. J. 1993. Aspectos paleoecológicos y evolutivos de los fósiles de la familia Cheloniidae en La Misión, Baja California, México. Tesis de maestría en Oceanografía costera. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- Sanders, A. E y L. G. Barnes, 2002a. Paleontology of the Late Oligocene Ashley and Chandler Bridge Formation of South Carolina, 3: Eomysticetidae a new familia of primitive Mysticetes (Mammalia:Cetacea) *Smithsonian contribution to paleontology*. **93**: 313-356.
- _____, 2002b. Paleontology of the Late Oligocene Ashley and Chandler Bridge Formation of South Carolina, 2: *Micromysticetus rothauseni*, a primitive Cetotheriid Mysticete (Mammalia:Cetacea). *Smithsonian contribution to paleontology*, **93**:271-293.
- Sijp, W. P., M. H. England y J. R. Toggweiler, 2008. Effect of ocean gateway changes under greenhouse warmth. Climate Change Research Centre. Faculty of Science, University of New South Wales, Sydney, Australia. 1-33.
- Steeman, M. E., 2007. Cladistic analysis and a revised classification of fossil and recent mysticetes. *Zoological Journal of the Linnean Society* **150**:875-894.
- _____, Habsgaard, M. B., Fordyce, R.E., Ho, S.Y.W., Rabosky, D.L., Nielsen, T., Rahbek, C., Glenner,H., Sorensen,M. y Willerslev, E. 2009. Radiation of extant cetaceans driven by restructuring of the oceans. *Systematic Biology*, **58**(6): 573-585.
- Swofford D. L., 2002. PAUP*' Phylogenetic analysis using parsimony (* and other methods). Version 4.0. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

- _____, y D. P. Begle., 1993. Phylogenetic Analysis Using Parsimony, Version 3.1 Computer program distributed by the Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois.
- Thewissen, J. G. M., D. T. Hussain y M. Arif, 1994, Fossil evidence for the origin of aquatic locomotion in Archaeocete whales, *Science*, **263** (5144): 210-212.
- Uhen, M. D., 2008, New protocetid whales from Alabama and Mississippi, and a new cetacean clade, Pelagiceti, *Jurnal of vertebral paleontology*, **28**:589-593.
- _____, y N. D. Pyenson, 2007. Diversity estimates, biases, and historiographic effects: resolving cetacean diversity in the tertiary. *Paleontologia electronic* **10**(2):1A:22p, 754KB; http://palaeo-electronica.org/paleo/2007_2/00123/index.html.
- Whitmore, F. C. y L. G. Barnes. 2008. The Herpetocetinae, a new subfamily of extinct baleen whales (Mammalia, Cetacea, Cetotheriidae). Virginia Museum of Natural History Special Publication 14:141-180.
- Zachos, J.C., M. Pagani, L. Sloan, E. Thomas y K. Billups, 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* **292**: 686-693.
- Zeigler, C. V., G. L. Chan, y L. G. Barnes. 1997. A new late Miocene balaenopterid whale (Cetacea: Mysticeti), *Parabalaenoptera baulinensis*, (new genus and species) from the Santa Cruz Mudstone, Point Reyes Peninsula, California. *Proceedings of the California Academy of Sciences* **50**(4):115-138.

Anexos

Anexo 1.

Lista de caracteres

CRÁNEO

1. Forma del rostro en vista lateral:
0, si es subrectilíneo.
1, arqueada dorsalmente.
2. Parte anterior del rostro al extremo anterior de los nasales en vista lateral: 0, deprimido.
1, no deprimido.
3. Dientes en la maxila:
0 presentes.
1, ausentes.
4. Forámenes vasculares sobre el paladar:
0, Tiene pocos forámenes vasculares y son pequeños
1, Tiene muchos y están abiertos en largos surcos orientados anterolateralmente o anteroposteriormente, sobre la superficie ventral de la maxila relacionados con la irrigación del epitelio productor de barbas (en recientes misticetos).
5. Superficie paladar del rostro:
0, plana o suavemente cóncava
1, tiene pronunciada la quilla longitudinal (formada por el vómer y la maxila) a lo largo de la línea media del rostro.
6. Angulo del borde lateral de la maxila (en la mitad anterior) en sección transversal:
0, mayor que 45°.
1, menor de 45°.
7. Extensión del borde posteroventral en la maxila en una lamina o placa orientada posteroventralmente bajo el lacrimal:
0, ausente.
1, presente.
8. Muesca preorbital de la maxila (una pronunciada muesca preorbital es consecuencia de una conspicua expansión lateral del proceso preorbital de la maxila y proceso supraorbital del frontal relativamente a la base del rostro):
0, ausente.

- 1, presente.
9. Surco obliquo (posteroventrolateral-anterodorsomedial) sobre el lado anterolateral del proceso cigomático de la maxila, para que pase el nervio facial de la cara ventral del cráneo al lado dorsal del rostro:
- 0, ausente.
- 1, presente.
10. Proceso preorbital de la maxila:
- 0, ausente,
- 1, tipo perilla y redondeada con una cresta corta de variable desarrollo, extendiéndose anteromedialmente sobre la maxila;
- 2, elongada, extendiéndose posteromedialmente en una cresta sobre el borde posterior de la maxila a lo largo del borde anteromedial de el proceso supraorbital del frontal.
11. Extensión posterior del proceso ascendente de la maxila:
- 0, no se extiende posteriormente más allá del borde anterior del proceso supraorbital.
- 1, ápice del proceso ascendente es posterior al proceso preorbital del frontal y anterior al proceso postorbital.
- 2, al mismo nivel o posterior a el proceso postorbital de el frontal.
- 3, ausente (la maxila no tiene un verdadero proceso y la sutura frontomaxilar es aproximadamente perpendicular a el eje del cráneo.
12. Morfología del proceso ascendente de la maxila:
- 0, subtriangular (bordes convergen posteriormente) con una terminación posterior puntiaguda o redondeada.
- 1, elongados con bordes subparalelos y ápices cuadrados.
- , no aplica.
13. Contacto medial de el proceso ascendente de la maxila:
- 0, contacto ausente, proceso ampliamente separado.
- 1, proceso ascendente en contacto o solo muy próximo al ápice.
- 2, contacto posterior largo.
- , no aplica.
14. Posición de la terminación o extremo posterior del proceso ascendente de la maxila en relación a la extremidad posterior del nasal:
- 0, anterior.
- 1, aproximadamente al mismo nivel o ligeramente posterior.
- 2, fuertemente posterior.
15. Orientación del ángulo posteromedial de la maxila (este o no presente el proceso ascendente):
- 0, superficie dorsal.
- 1, superficie lateral.
16. Longitud de la sutura fronto-maxilar:
- 0, corta y no alcanza el nivel del vértice posteriomedial.
- 1, larga y alcanza (o muy próxima) el vértice posteromedial.
17. Forma de la sutura fronto-maxilar:
- 0, recta o ligeramente posterior, en forma de "V" y oblicua.

- 1, ligeramente cóncava posterolateralmente y oblicua;
 - 2, fuertemente cóncava posterolateralmente y forma un ángulo agudo.
 - 3, aproximadamente o más o menos recta y transversa o ligeramente convexa posteriormente.
 - 4, más o menos recta y oblicua posteriormente.
18. Extensión posterior de la premaxila en relación a la extremidad posterior de la maxila:
 - 0, anterior.
 - 1, al mismo nivel ó ligeramente posterior.
 - 2, posterior.
 19. Borde lateral de los nasales:
 - 0, subparalela o disminuyen anteriormente (huesos rectangulares o trapezoides) o convergen ligeramente posteriormente.
 - 1, convergen fuertemente posteriormente (huesos distintamente triangulares y en forma de cuña).
 20. Sutura fronto-nasal:
 - 0, frontal tienen una cuña anterior entre los extremos posteriores de los nasales;
 - 1, aproximadamente recta transversalmente.
 21. Límite posterior de la fosa nasal:
 - 0, conspicuamente anterior a la línea que une los procesos preorbital de los frontales.
 - 1, posterior o al mismo nivel de la línea que une el proceso preorbital de los frontales.
 22. Separación anterior de la premaxila de los huesos nasales:
 - 0, ausente o muy estrecha.
 - 1, presente.
 23. Posición de la línea que une el proceso preorbital de los frontales:
 - 0, posterior o sobre el mismo nivel que el extremo posterior de los nasales.
 - 1, pasa a través del largo de los nasales.
 - 2, anterior o en el mismo nivel de la extremidad anterior de los nasales.
 24. Posición de la cresta temporal:
 - 0, sobre el borde posterior del proceso supraorbital del frontal.
 - 1, sobre la superficie dorsal del proceso supraorbital.
 - 2, ausente o fuertemente discernible sobre la superficie dorsal del proceso supraorbital.
 25. Orientación del proceso supraorbital del frontal:
 - 0, más o menos transversal.
 - 1, anteriormente orientado (el cual tiene una abertura anterior en forma de "V", morfología del borde posterior de los huesos rostrales).
 - 2, posteriormente orientada.
 26. Forma del proceso supraorbital de el frontal en vista dorsal:
 - 0, porción medial más corta que la lateral.
 - 1, porción medial igual de larga que la lateral.

- 2, porción medial más larga que la lateral.
- 27. Ancho del proceso supraorbital: 0, casi tan largo (en el borde dorsal de la órbita) como ancho transversalmente;
 - 1, ligeramente más ancho que largo;
 - 2, distintamente más ancho que largo (más que dos veces su longitud sobre la órbita).
- 28. Morfología de la superficie dorsal del proceso supraorbital:
 - 0, subhorizontal.
 - 1, gradualmente inclinado, ventral y lateralmente.
 - 2, abruptamente deprimido medialmente.
- 29. Borde posterior del proceso supraorbital del frontal:
 - 0, cóncavo posteriormente.
 - 1, casi recto y orientado transversalmente.
- 30. Forma del proceso postorbital del frontal:
 - 0, corto y contundente.
 - 1, largo tipo dedo.
- 31. Proceso postorbital del frontal y proceso cigomático:
 - 0, ampliamente separados.
 - 1, muy juntos o en contacto.
- 32. Fosa temporal:
 - 0, anteroposteriormente elongada.
 - 1, alargada y oblicua.
 - 2, transversalmente elongada.
- 33. Posición de la órbita en vista lateral en relación con el plano de unión del ápice del rostro y los cóndilos occipitales:
 - 0, dorsal.
 - 1, al mismo nivel o ventral.
- 34. Forma del borde dorsal de la órbita en vista dorsal:
 - 0, casi recta o ligeramente cóncava.
 - 1, profundamente mellado (dentado).
- 35. Exposición de los frontales en la región intertemporal:
 - 0, Larga exposición.
 - 1, corta.
 - 2, casi nula ó totalmente cubierta por los huesos rostrales y/o parietales.
- 36. Exposición dorsal de los parietales en plano sagital del cráneo:
 - 0, larga.
 - 1, corta.
 - 2, totalmente cubierta por los frontales y/o supraoccipital.
- 37. Exposición dorsal de los frontales en plano sagital del cráneo:
 - 0, larga.
 - 1, corta.
 - 2, totalmente cubierta por los huesos del rostro.
- 38. Porción de la sutura parieto-escamosal como cresta o similar a una cresta:

- 0, ausente.
1, presente.
39. Sutura frontoparietal en vista lateral:
0, vertical o ligeramente orientado posteroventralmente en ángulo (punta).
1, porción dorsal de la sutura aguda y extendida anteriormente más allá del el punto más anterior del parietal, es anterior a el punto más posterior de la premaxila.
40. Alto de la cresta nugal en relación al frontal y/o nasales:
0, alto.
1, al mismo nivel.
41. Telescopización del supraoccipital (posición del límite mas anterior del supraoccipital):
0, posterior a la línea que une los ápices del proceso cigomático;
1, al mismo nivel de la línea que une los ápices de los procesos cigomáticos.
2, anterior a la línea que une los ápices del proceso cigomático, pero posterior a la línea que une los procesos preorbitales de los frontales.
3, anterior a la línea que une los procesos preorbitales de los frontales.
42. Cresta medial occipital:
0, ausente o solo tipo cresta.
1, presenta y elevada.
43. Forma del proceso cigomático en vista dorsal:
0, transversalmente delgado y largo.
1, transversalmente masivo y relativamente largo.
2, muy corto y tipo perilla.
44. Orientación del proceso cigomático en vista dorsal:
0, orientado anteromedialmente.
1, subparalelo al plano sagital del cráneo.
2, orientado anterolateralmente.
45. Cresta dorsal del proceso cigomático:
0, presente.
1, ausente.
-, no aplica.
46. Morfología del proceso postglenoide en vista lateral:
0, delgada.
1, grueso (abultado).
2, extremadamente reducido o ausente.
47. Orientación del proceso postglenoide en vista lateral:
0, subvertical a proyectado anteriormente.
1, subvertical a ligeramente orientado posteriormente;
2, fuertemente proyectadas posteriormente.
-, no aplica.
48. Orientación del proceso postglenoide en vista posterior:
0, ventralmente orientado.

- 1, ventrolateralmente orientado.
49. Torcido del proceso postglenoides en vista posterior:
 0, no torcido y casi transverso a el eje sagital del cráneo.
 1, torcido en sentido de las manecillas del reloj sobre el lado derecho y torcido en sentido contrario a las manecillas del reloj sobre el lado izquierdo.
50. Proceso postglenoide en vista lateral:
 0, lados anterior y posterior casi paralelos con terminación ventral angulosa (cuadrada).
 1, se estrecha ventralmente a un punto.
51. Cavidad glenoidea:
 0, profundamente cóncava, transversa y hacia adelante.
 1, poco profunda, subcircular y hacia la cara ventral.
 2, muy superficial, subcircular a ligeramente elongada anteroposteriormente, y orientada anteroventralmente.
 3, circular casi plana, orientada casi ventralmente y localizada sobre todo el borde anterior de el proceso postglenoides.
 4, circular y casi plana dirigida anteriormente.
52. Proceso basioccipital (tubérculo fuerte y denso sobre la cresta basioccipital para el origen del largo cuello (longus colli):
 0, ausente.
 1, presente.
53. Cresta basioccipital:
 0, estrecho transversalmente;
 1, amplio y bulbosa.
54. Foramen pseudoval:
 0, perfora el escamosal y el pterigoides.
 1, perfora solo el escamosal.
 2, perfora solo el pterigoides.
55. Borde anterior del supraoccipital en vista dorsoposterior:
 0, semicircular.
 1, triangular, puntiaguda anteriormente.
 2, triangular y redondeado a cuadrado anteriormente.
56. Orientación de la cresta lambdoidal del supraoccipital:
 0, dirigida dorsalmente (posterodorsalmente en la porción posterolateral).
 1, horizontal y dirigida anterolateralmente sobresaliendo fosas temporales.
57. Extensión posterior del borde lateral del proceso paraoccipital en vista ventral:
 0, anterior al borde posterior del cóndilo.
 1, al nivel con el borde posterior del cóndilo.
 2, posterior al borde posterior del cóndilo.

TIMPÁNICO

58. Orientación de los principales ejes del timpánico:
 0, paralelo.
 1, diverge posteriormente.
 2, diverge anteriormente.
59. Extremo posterior del timpánico:
 0, bilobado.
 1, unilobado.
60. Posición relativa de los lóbulos dorsal y ventral:
 0, igualmente proyectados posteriormente;
 1, el lóbulo ventral se proyecta mas allá posteriormente que el dorsal.
 -, no aplica.
61. Ranura media o surco medio:
 0, en vista posterior, los dos lóbulos están separados por un surco profundo.
 1, los dos lóbulos están separados por un área plana.
 -, no aplica.
62. Compresión dorsoventral y expansión mediolateral del timpánico:
 0, ausente.
 1, presente. Estado 1 es especialmente obvio en el involucrum el cual es más amplio que el ancho total de la bula al nivel del proceso sigmoides.
63. Orientación del labio del timpánico:
 0, caras laterales.
 1, caras ventrolaterales a ventrales.

PERIÓTICO

64. Proceso posterior del timpánico y periótico:
 0, no fusionados.
 1, fusionados.
65. Longitud del proceso anterior del petrosal:
 0, distintamente mas corto que el pars cochlearis.
 1, aproximadamente igual de largo que el pars coclearis o ligeramente más largo.
 2, largo (distintivamente mas largo que el pars coclearis).
 3, tipo perilla.
66. Ápice del proceso anterior del periótico:
 0, recto (no desviado ventralmente).
 1, desviado ventralmente.
67. Surco para la vena emisaria capsuloparietal:
 0, presente, forma un surco dorsoventral sobre el lado lateral del proceso anterior inmediatamente anterior a la tuberosidad lateral.

- 1, ausente.
68. Cresta ventrolateral del periótico:
 0, ausente.
 1, presente.
 2, presente y expandida.
69. Estructura ósea del periótico:
 0, el periótico esta hecho de un hueso denso (osteosclerótico) y su superficie es suave.
 1, proceso posterior del periótico esta hecho de un hueso esponjoso, sin hueso y rugoso, porciones restantes son suaves y densas.
 2, proceso posterior y superior hechos de hueso esponjoso, la parte dorsal del proceso anterior es también hecha de un hueso esponjoso, pero las partes laterales y ventrales son relativamente densas.
 3, la mayoría del periótico esta hecho de un hueso esponjoso, esencialmente el proceso posterior, dorsal y anterior y la región dorsal del pars coclearis.
70. Fenestra rotunda:
 0, oval.
 1, en forma de lágrima con una fisura dirigido hacia el agujero perilinfático (foramen perilinfático).
71. Expansión ventrolateral (tubérculo ventrolateral) en la base del proceso anterior:
 0, ausente.
 1 redondeada o tipo hoja.
 2, largo proceso.
72. Morfología del ápice del proceso anterior:
 0, cuadrada o redondeada.
 1, puntiaguda y disminuye hasta el ápice.
 -, no aplica.
73. Fosa suprameatal y tegmen timpánico:
 0, relativamente plana (o ligeramente cóncava) con un bajo tegmen timpánico.
 1, la fosa es distintivamente cóncava y el tegmen timpánico es más elevado y grueso.
 2, la fosa se expande lateralmente y su superficie es aun algo cóncava pero irregular rugosa, esta morfología está relacionada con el engrosamiento y la gran ampliación del tegmen timpánico.
 3, debido a su extremo crecimiento el tegmen timpánico invade totalmente la fosa suprameatal, la cual es indistinta.
74. Meatus acústico interno:
 0, abertura cerebral para el nervio facial y foramen vestibulococlear separado por una baja crista transversa.
 1, abertura cerebral para el nervio facial y foramen vestibulocochlear separados por una elevada crista transversal.
75. Fondo del meatus acústico interno:

- 0, en forma de embudo, menor en el extremo ciego y ancho cerca del borde (anillo).
1, tubular.
76. Crista transversa:
0, delgada.
1, espesa.
77. Morfología del foramen facial sobre el meatus acústico interno:
0, más o menos circular.
1, el borde anterior del foramen tiene una muesca (ligera a profunda) para el paso del mayor nervio petrosal. Esta condición corresponde a una confluencia del foramen interno facial y el hiatus fallopii.
78. Morfología del promontorium en vista ventral:
0, más o menos hemisférico.
1, estrecho transversalmente como anillo.
2, casi circular y poco convexo.
79. Expansión dorsal del pars coclearis:
0, no expandido dorsalmente (ancho de la base más larga que la longitud próximodistal).
1, poco expandido dorsalmente (ancho de la base aproximadamente similar a la longitud próximodistal).
2, conspicuamente expandida dorsalmente (ancho en la base mas corto que la longitud proximodistal).
80. Fosa malear:
0, presenta y bien definida.
1, superficial o ausente.
81. Fosa incudis:
0, presente y profunda.
1, pobremente definida o ausente.
82. fijación para el musculo tensor del timpánico:
0, fosa profunda con bordes bien definidos.
1, ranura solo sobre el borde anterior, con bordes definidos.
2, depresión superficial y ancha sin bordes (no ranura, surco o fosa).
83. Ranura sobre el lado medial del promontorium:
0, ausente.
1, presente.
84. Proceso timpánico caudal del periótico:
0, bajo, borde redondeado.
1, prominente y en forma de cresta, su borde ventral y posterior forma un ángulo recto o aguado en vista medial.
85. Surco para el nervio facial sobre el proceso posterior del petrotimpánico:
0, no se extiende sobre el proceso posterior del petrotimpánico.
1, profundo y tubular a lo largo del proceso.
2, profundo en la base y se hace superficial progresivamente y poco marcada sobre las dos terceras partes distales del proceso.

86. Longitud del proceso posterior (periótico mas timpánico):
 0, más corto o aproximadamente de igual longitud que el resto del periótico (pars cochlearis + proceso anterior).
 1, distintamente más largo que el resto del periótico.
87. Morfología de el proceso posterior del periótico y timpánico (si están fusionados o no):
 0, más o menos en forma oval y nodular.
 1, cónicos a tetraedal, se amplían fuerte distalmente.
 2, casi cilíndricos.
 3, anteroposteriormente aplanados en el ápice.
 4, dorsoventralmente aplanados en el ápice.
88. Orientación de la exposición externa del proceso posterior del petrotimpánico (el borde ventral de la superficie es limitado por la terminación lateral de la ranura facial):
 0, pequeña superficie distal, irregular o no claramente definida.
 1, relativamente plana (cóncavo en juveniles) vertical y orientada casi lateralmente.
 2, oblicua y orientada conspicuamente ventrolateral a ventralmente.
 -, superficie pobremente definida y rugosa sin bordes precisos o ápices totalmente cónicos y superficies no observables (en este caso el carácter no aplica).

MANDÍBULA

89. Morfología del dentario en vista dorsal:
 0, recta.
 1, doblada medialmente.
90. Sínfisis mandibular:
 0, los dos dentarios están conectados medialmente por una sutura ósea.
 1, los dentarios no tienen sutura en sus ápices pero son independientes y conectados por un solo ligamento unidos sobre un corto borde horizontal sobre el borde medial de el ápice del dentario.
91. Extremidad anterior del dentario:
 0, vertical.
 1, torcida con el borde ventral cambiado medialmente (por ejemplo, el ápice es torcido en el sentido de las manecillas del reloj sobre el dentario derecho y en sentido contrario sobre el izquierdo).
 2, ápice del dentario casi horizontal.
92. Altura de la rama horizontal del dentario:
 0, incrementa ligeramente en altura posteriormente.
 1, altura constante a lo largo de su longitud.
 2, expandida y arqueada dorsoventralmente.
93. Sección transversal de la rama horizontal:

- 0, ambos bordes son convexos.
 - 1, borde lateral es convexo y el borde medial es plano.
94. Proceso coronoides:
- 0, bien desarrollado, elevado y tipo hoja.
 - 1, corto, tipo gancho y doblado hacia afuera.
 - 2, limitado a una pequeña joroba o ausente.
95. Morfología del proceso angular:
- 0, hoja ósea ventral al cóndilo.
 - 1, tipo perilla.
96. Expansión posterior del proceso angular:
- 0, localizado bajo el cóndilo o ligeramente anterior.
 - 1, proyectado posteriormente posterior al cóndilo.
97. Relación del cóndilo y proceso angular:
- 0, individualización del cóndilo.
 - 1, unida al cóndilo en una simple región nodular en el borde posterior del dentario.
98. Muesca para la inserción del musculo pterigoideo interno:
- 0, ausente.
 - 1, presente solo medialmente.
 - 2, surco profundo de la separación posterior del cóndilo y del proceso angular medialmente y/o lateralmente.
99. Posición de la abertura del canal mandibular:
- 0, anterior al ápice del proceso coronoides.
 - 1, aproximadamente bajo el ápice del proceso coronoides.
 - 2, muy posterior.
100. Fosa mandibular:
- 0, pequeña (de la mitad del alto del dentario o menos) o ausente;
 - 1, larga cavidad (mas que la mitad del alto del dentario) posterior al foramen mandibular.
101. Posición del cóndilo:
- 0, opuesto casi posteriormente con un componente ligeramente dorsal y desplazada lateralmente (fuera lateralmente).
 - 1, alta sobre el extremo posterior del dentario, en frente posterodorsalmente con un componente dorsal mucho más desarrollado que el posterior.
 - 2, opuesto posteriormente sobre la mayor parte del extremo posterior del dentario.
 - 3, opuesto casi dorsalmente sobre la mayor parte de la extremidad posterior del dentario.
102. Superficie dorsal del cóndilo:
- 0, elevada sobre el borde dorsal de la rama horizontal de la mandíbula.
 - 1, al mismo nivel o por debajo del borde dorsal de la rama horizontal.
103. Forma del cóndilo:

0, pequeño y triangular, amplio transversalmente y estrecho dorsoventralmente.

1, transversalmente estrecho (distintamente más estrecho que largo).

2, amplio, masivo y redondeado y forma las dos terceras partes del extremo posterior del dentario.

3, hemisférico y localizado en el extremo posterior del dentario.

Anexo 1 a.

Matrix de datos con los estados de los 103 caracteres del cráneo de 27 cetáceos. ?, dato perdido; -, no aplica.

ESPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Zygorhiza_kochii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Durodon_atrox	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chonecetus_goeterdorum	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
Marowanocetus_yabukki	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	-	0	0	0	0	0	2	0	0	?	?	1	0	0	?	?	0	1	1	
Aetiocetus_cotylalveus	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
Aetiocetus_sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
Eomysticetus_whitmorei	0	0	1	?	0	1	?	?	?	?	?	?	?	?	?	1	?	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	
Nannocetus_eremus	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	1	?	?
Mixocetus_elysius	0	1	1	1	1	1	?	1	?	1	?	0	?	?	0	1	1	?	?	1	1	0	2	1	1	?	1	1	0	1	
Cetotherium_rathkei	0	1	1	?	1	?	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	?	2	1	1	0	1	1	0	1	
Metopocetus_durunansis	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	0	1	1	0	1	?	0	1	1	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Herpetocetus_sendaicus	0	1	1	1	1	1	1	?	1	?	2	1	2	2	0	1	1	0	1	1	1	?	2	0	1	0	1	1	0	?	
Piscobalaena_nana	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	0	1	1	0	1	1	1	0	2	0	1	0	1	1	0	1	
Pelocetus_calvertensis	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	3	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	
Cophocetus_oregonensis	0	1	1	1	1	1	?	?	?	?	?	?	?	?	0	?	?	?	0	1	?	0	1	?	0	?	1	1	0	?	
Parietobalaena_palmeri	0	1	1	1	1	1	1	?	1	?	3	-	0	1	0	1	3	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	
Aglaocetus_patulus	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	-	0	1	0	1	3	1	0	1	0	0	0	2	0	1	1	1	0	1	
Diorocetus_hiatus	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	3	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	
Megaptera_novaeangliae	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	2	1	0	1	0	1	2	2	0	2	1	2	1	0	
Balaenoptera_acutorostrata	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	1	0	1	0	1	2	2	0	2	1	2	1	0	
Balaenoptera_physalus	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	1	0	1	1	1	1	2	0	2	1	2	1	0	
Eschrichtius_robustus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	2	0	2	1	2	0	1	
Caperea_marginata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	-	0	1	1	1	4	1	0	1	0	1	0	2	2	0	2	1	0	0	
Balaena_mysticetus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	-	0	1	1	1	3	1	0	0	0	1	0	2	0	0	2	1	0	0	
Eubalaena_glacialis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	-	0	1	1	1	3	1	0	0	0	1	0	2	0	0	2	1	0	0	
UABC_FCMM_3373	0	1	1	1	0	1	?	?	?	?	?	1	0	1	0	?	?	1	?	?	?	?	?	?	0	?	?	?	?	?	
Isanacetus_laticephalus	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	3	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	

ESPECIE	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Zygorhiza_kochii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Durodon_atrox	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Chonecetus_goeterdorum	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	?	0	0	
Marowanocetus_yabukki	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	?	0	0	1	0	0	0	
Aetiocetus_cotylalveus	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	
Aetiocetus_sp	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
Eomysticetus_whitmorei	0	0	0	?	1	0	1	0	0	0	0	1	1	2	1	0	1	0	?	1	1	1	1	1	1	0	1	?	0	0	
Nannocetus_eremus	?	1	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	1	0	1	1	0	1	1	2	1	1	?	?	?	?	?	0	0	0
Mixocetus_elysius	1	1	1	0	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	?	1	1	1	1	1	2	?	2	?	?	?
Cetotherium_rathkei	1	1	?	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	2	0	1	1	2	1	1	0	1	0	2	1	0	0	
Metopocetus_durunansis	?	?	?	?	1	2	2	1	0	0	?	1	?	?	?	?	?	?	?	1	?	?	?	?	?	1	0	0	?	?	?
Herpetocetus_sendaicus	?	1	1	?	?	2	2	1	0	0	1	1	1	1	0	1	2	0	1	1	2	1	1	0	1	0	2	1	0	1	
Piscobalaena_nana	1	1	1	1	2	2	2	1	1	0	0	1	1	2	0	1	2	1	0	1	2	1	1	0	2	0	1	0	0	1	
Pelocetus_calvertensis	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	2	0	1	-	
Cophocetus_oregonensis	?	?	?	?	1	1	1	?	0	0	?	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	?	1	0	2	2	?	?	
Parietobalaena_palmeri	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	2	1	-	
Aglaocetus_patulus	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	2	0	1	2	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	?	0	1	
Diorocetus_hiatus	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	2	0	1	
Megaptera_novaeangliae	1	1	1	0	2	2	2	0	1	1	2	0	1	2	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	2	1	1	0	1	-	
Balaenoptera_acutorostrata	1	1	1	0	2	2	2	0	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	2	1	1	0	1	-	
Balaenoptera_physalus	1	1	1	0	2	2	2	0	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	2	1	1	0	1	-	
Eschrichtius_robustus	1	1	0	1	1	2	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	2	1	1	0	2	0	2	0	1	-	
Caperea_marginata	1	1	1	0	1	2	1	0	0	1	3	0	2	-	-	1	-	-	-	1	4	0	1	1	2	1	2	?	1	-	
Balaena_mysticetus	1	1	1	0	1	2	1	0	?	1	3	0	2	-	-	2	-	-	-	0	3	0	1	1	2	1	1	1	1	-	
Eubalaena_glacialis	1	1	1	0	1	2	1	0	0	1	3	0	2	-	-	2	-	-	-	0	3	0	1	2	2	1	1	1	1	-	
UABC_FCMM_3373	1	1	?	?	2	1	2	1	1	0	2	1	1	1	0	0	2	0	0	1	1	1	?	0	1	1	1	0	1	1	
Isanacetus_laticephalus	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2	0	1	1	0	0	1	2	1	0	0	2	0	0	0	1	?	

ESPECIE	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Zygorhiza_kochii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Durodon_atrox	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chonecetus_goeterdorum	0	0	0	0	0	1	?	0	?	?	?	?	?	?	?	?	?	0	0	0	?	?	0	?	?	0	0	0	0	1
Marowanocetus_yabukki	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Aetiocetus_cotylalveus	0	0	0	0	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	0	?	?	0	?
Aetiocetus_sp	0	0	0	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	0	1
Eomysticetus_whitmorei	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Nannocetus_eremus	1	0	?	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	?	0	0	1	1	0	1	1	?	?
Mixocetus_elysius	?	?	?	1	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	1	?	?	?	?	?	1	1	?	?	?
Cetotherium_rathkei	1	0	1	1	1	0	?	?	1	0	1	0	?	1	?	?	?	0	1	?	0	0	1	1	1	0	1	1	1	?
Metopocetus_durunansis	?	?	?	?	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	?	0	1	1	?	0	1	1	?	?
Herpetocetus_sendaicus	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	?
Piscobalaena_nana	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Pelocetus_calvertensis	-	0	1	1	?	1	?	2	?	0	?	?	2	1	0	1	?	1	1	1	1	0	?	1	2	1	2	-	1	1
Cophocetus_oregonensis	?	0	1	1	1	?	?	2	?	?	?	0	?	1	0	0	1	0	1	1	?	?	?	1	?	1	?	?	1	?
Parietobalaena_palmeri	-	0	1	1	1	1	1	2	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	-	1	1
Aglaocetus_patulus	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	0	2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	2	1	2	-	?	?
Diorocetus_hiatus	1	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1	0	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	-	1	1
Megaptera_novaeangliae	-	0	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	3	0	1	0	0	0	2	1	1	2	0	1	2	1	3	-	1	1
Balaenoptera_acutorostrata	-	0	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	3	0	1	0	0	0	2	1	1	2	0	1	2	1	3	-	1	1
Balaenoptera_physalus	-	0	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	3	0	1	0	0	0	2	1	1	2	0	1	2	1	3	-	1	1
Eschrichtius_robustus	-	1	1	1	1	1	?	2	3	1	1	1	3	1	1	0	0	0	2	1	1	1	0	1	2	1	4	2	1	1
Caperea_marginata	-	1	1	1	1	1	1	2	3	1	0	0	3	1	1	1	0	2	1	1	1	2	0	1	2	1	4	2	1	1
Balaena_mysticetus	-	1	1	1	3	-	-	2	3	1	2	-	3	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	4	2	1	1
Eubalaena_glacialis	-	1	1	1	3	-	-	2	3	1	2	-	3	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	4	2	1	1
UABC_FCMM_3373	1	0	1	?	2	0	0	2	2	1	1	0	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	?	?	?	?	?	1	1	1
Isanacetus_laticephalus	?	0	1	1	1	0	?	1	2	0	1	1	2	0	0	0	1	0	1	1	1	2	1	?	2	1	3	2	1	1

Anexo 2.

Lista de apomorfias derivadas del análisis filogenético.

Branch	Character	Steps	CI	Change
node_52 --> Zygorhiza kochii	14	1	0.667	0 ==> 1
node_52 --> Durodon atrox	11	1	0.429	1 ==> 0
	52	1	0.25	1 ==> 0
	58	1	0.25	0 ==> 1
node_52 --> node_51	6	1	1	0 ==> 1
	18	1	0.5	0 ==> 1
	22	1	0.2	0 ==> 1
	23	1	0.333	0 ==> 1
	30	1	0.25	0 ==> 1
	34	1	0.167	0 ==> 1
	54	1	0.4	0 ==> 1
	66	1	0.25	0 ==> 1
	90	1	1	0 ==> 1
	92	1	0.667	0 ==> 1
node_51 --> Chonecetus goete	18	1	0.5	1 --> 2
	38	1	0.2	0 --> 1
	50	1	0.2	0 ==> 1
	99	1	0.4	0 --> 1
	103	1	0.75	0 --> 1
node_51 --> node_50	31	1	0.5	0 ==> 1
	35	1	0.4	0 ==> 1
node_50 --> node_49	10	1	1	0 --> 1
	14	1	0.667	0 ==> 1
	37	1	0.4	0 ==> 1
	44	1	0.286	0 ==> 1
node_49 --> node_48	9	1	1	0 ==> 1
	50	1	0.2	0 ==> 1
	53	1	0.5	0 ==> 1
	57	1	0.2	0 --> 1
node_48 --> Aetiocetus cotyl	52	1	0.25	1 ==> 0
node_48 --> node_47	3	1	1	0 ==> 1
	16	1	0.5	0 ==> 1
	20	1	0.333	0 ==> 1
	22	1	0.2	1 ==> 0
	27	1	1	0 ==> 1

	42	1	0.333	0 ==> 1
	43	1	0.667	0 ==> 1
	47	1	0.4	0 ==> 1
	51	1	0.667	0 ==> 1
	55	1	0.5	0 ==> 1
	65	1	0.6	0 --> 1
	69	1	1	0 --> 1
	71	1	0.667	0 --> 1
	73	1	1	0 --> 1
	84	1	1	0 --> 1
	89	1	1	0 ==> 1
	99	1	0.4	0 --> 1
	103	1	0.75	0 --> 1
node_47 --> Eomysticetus whi	31	1	0.5	1 ==> 0
	44	1	0.286	1 ==> 2
	45	1	0.333	0 ==> 1
node_47 --> node_46	2	1	1	0 ==> 1
	4	1	1	0 --> 1
	5	1	0.333	0 ==> 1
	7	1	1	0 --> 1
	8	1	1	0 --> 1
	17	1	0.571	0 --> 1
	24	1	0.4	0 ==> 1
	28	1	0.667	0 ==> 1
	32	1	0.5	0 ==> 1
	33	1	0.5	0 ==> 1
	36	1	0.4	0 ==> 1
	46	1	0.667	0 ==> 1
	61	1	0.5	0 ==> 1
	63	1	1	0 ==> 1
	64	1	1	0 ==> 1
	67	1	0.333	0 ==> 1
	68	1	0.667	0 ==> 1
	74	1	0.25	0 ==> 1
	79	1	0.667	0 ==> 1
	80	1	1	0 ==> 1
	83	1	0.333	0 ==> 1
	85	1	1	0 ==> 1
	87	1	1	0 ==> 1
	88	1	1	0 ==> 1
	91	1	0.667	0 --> 1

	93	1	0.5	0 ==> 1
	94	1	1	0 ==> 1
	95	1	1	0 ==> 1
	98	1	0.667	0 --> 1
	101	1	0.75	0 ==> 1
node_46 --> node_32	13	1	1	0 ==> 1
	18	1	0.5	1 ==> 0
	19	1	1	0 ==> 1
	37	1	0.4	1 ==> 2
	38	1	0.2	0 ==> 1
	66	1	0.25	1 ==> 0
	76	1	0.25	0 ==> 1
	77	1	0.333	0 ==> 1
node_32 --> node_31	21	1	0.5	0 --> 1
	23	1	0.333	1 --> 2
	25	1	0.667	0 --> 1
	39	1	0.25	0 ==> 1
	57	1	0.2	1 ==> 2
node_31 --> node_30	49	1	0.5	0 ==> 1
	51	1	0.667	1 ==> 2
node_30 --> Nannocetus eremu	67	1	0.333	1 ==> 0
	78	1	0.286	0 ==> 1
	83	1	0.333	1 ==> 0
node_30 --> node_29	10	1	1	1 --> 2
	11	1	0.429	1 --> 2
	12	1	0.333	0 --> 1
	47	1	0.4	1 ==> 2
	54	1	0.4	1 --> 0
node_29 --> Cetotherium rath	37	1	0.4	2 ==> 1
	38	1	0.2	1 ==> 0
	58	1	0.25	0 --> 1
node_29 --> node_28	13	1	1	1 ==> 2
	14	1	0.667	1 ==> 2
	24	1	0.4	1 ==> 0
	36	1	0.4	1 ==> 2
	60	1	0.5	0 ==> 1
	61	1	0.5	1 ==> 0
	96	1	0.333	0 --> 1
	100	1	0.333	0 --> 1
node_28 --> Herpetocetus sen	39	1	0.25	1 ==> 0
	41	1	0.375	0 ==> 1

	58	1	0.25	0 --> 1
	81	1	0.5	0 ==> 1
	99	1	0.4	1 ==> 0
node_28 --> Piscobalaena nan	35	1	0.4	1 --> 2
	44	1	0.286	1 ==> 2
	48	1	0.167	0 ==> 1
	49	1	0.5	1 ==> 0
	55	1	0.5	1 ==> 2
	57	1	0.2	2 ==> 1
	99	1	0.4	1 ==> 2
node_31 --> Mixocetus elysiu	34	1	0.167	1 --> 0
	35	1	0.4	1 --> 2
	40	1	0.5	0 ==> 1
	48	1	0.167	0 --> 1
	55	1	0.5	1 ==> 2
	86	1	0.5	0 ==> 1
node_32 --> Metopocetus duru	36	1	0.4	1 ==> 2
	57	1	0.2	1 ==> 0
node_46 --> node_45	17	2	0.571	1 ==> 3
	41	1	0.375	0 ==> 1
	48	1	0.167	0 --> 1
	58	2	0.25	0 ==> 2
	60	1	0.5	0 ==> 1
	69	1	1	1 ==> 2
	73	1	1	1 ==> 2
	81	1	0.5	0 ==> 1
	85	1	1	1 ==> 2
	86	1	0.5	0 ==> 1
	87	1	1	1 ==> 2
	101	1	0.75	1 ==> 2
	103	1	0.75	1 ==> 2
node_45 --> node_44	26	1	0.5	0 ==> 1
	42	1	0.333	1 ==> 0
	68	1	0.667	1 ==> 2
	102	1	0.333	0 ==> 1
node_44 --> node_42	77	1	0.333	0 ==> 1
	99	1	0.4	1 ==> 2
node_42 --> node_41	58	2	0.25	2 ==> 0
	59	1	0.5	0 --> 1
	100	1	0.333	0 --> 1
node_41 --> Pelocetus calver	22	1	0.2	0 --> 1

	57	1	0.2	1 --> 2
	76	1	0.25	0 --> 1
	78	1	0.286	0 --> 1
node_41 --> node_40	39	1	0.25	0 ==> 1
	48	1	0.167	1 ==> 0
	54	1	0.4	1 ==> 0
node_40 --> node_39	40	1	0.5	0 ==> 1
	55	1	0.5	1 ==> 2
	72	1	0.5	0 ==> 1
	82	1	0.333	0 ==> 1
	87	1	1	2 --> 3
	88	1	1	1 ==> 2
node_39 --> node_38	12	1	0.333	0 --> 1
	22	1	0.2	0 --> 1
	24	1	0.4	1 ==> 2
	36	1	0.4	1 ==> 2
	50	1	0.2	1 ==> 0
	69	1	1	2 ==> 3
	70	1	0.333	0 --> 1
	73	1	1	2 ==> 3
	75	1	0.5	0 ==> 1
	77	1	0.333	1 ==> 0
	83	1	0.333	1 ==> 0
node_38 --> node_34	17	1	0.571	3 --> 2
	26	1	0.5	1 --> 2
	28	1	0.667	1 --> 2
	29	1	0.5	0 ==> 1
	30	1	0.25	1 --> 0
	34	1	0.167	1 --> 0
	35	1	0.4	1 ==> 2
	37	1	0.4	1 ==> 2
	41	1	0.375	1 --> 2
	45	1	0.333	0 ==> 1
	48	1	0.167	0 ==> 1
	52	1	0.25	1 --> 0
	56	1	0.333	0 --> 1
	74	1	0.25	1 --> 0
	79	1	0.667	1 --> 2
	82	1	0.333	1 --> 2
	98	1	0.667	1 --> 2
node_34 --> Megaptera novaea	11	1	0.429	1 ==> 0

	23	1	0.333	1 --> 2
	44	1	0.286	1 ==> 2
node_34 --> node_33	65	1	0.6	1 ==> 2
node_33 --> Balaenoptera acu	23	1	0.333	1 --> 2
node_33 --> Balaenoptera phy	21	1	0.5	0 ==> 1
node_38 --> node_37	1	1	1	0 ==> 1
	15	1	0.5	0 --> 1
	51	1	0.667	1 --> 2
	62	1	1	0 ==> 1
	87	1	1	3 ==> 4
	94	1	1	1 ==> 2
	103	1	0.75	2 ==> 3
node_37 --> Eschrichtius rob	17	2	0.571	3 ==> 1
	26	1	0.5	1 --> 2
	28	1	0.667	1 --> 2
	33	1	0.5	1 ==> 0
	41	1	0.375	1 ==> 0
	47	1	0.4	1 --> 2
	57	1	0.2	1 --> 2
	79	1	0.667	1 --> 2
	92	1	0.667	1 --> 2
	96	1	0.333	0 ==> 1
	101	1	0.75	2 ==> 1
node_37 --> node_36	11	2	0.429	1 ==> 3
	23	1	0.333	1 ==> 0
	26	1	0.5	1 ==> 0
	27	1	1	1 ==> 2
	30	1	0.25	1 --> 0
	34	1	0.167	1 --> 0
	39	1	0.25	1 ==> 0
	41	2	0.375	1 ==> 3
	43	1	0.667	1 ==> 2
	51	1	0.667	2 ==> 3
	52	1	0.25	1 --> 0
	54	1	0.4	0 ==> 1
	56	1	0.333	0 --> 1
	97	1	1	0 ==> 1
	101	1	0.75	2 ==> 3
node_36 --> Caperea marginat	17	1	0.571	3 ==> 4
	25	2	0.667	0 ==> 2
	50	1	0.2	0 ==> 1

	51	1	0.667	3 ==> 4
	57	1	0.2	1 --> 2
	71	1	0.667	1 ==> 0
	72	1	0.5	1 --> 0
	76	1	0.25	0 ==> 1
	78	2	0.286	0 ==> 2
	82	1	0.333	1 --> 2
	92	1	0.667	1 --> 2
	93	1	0.5	1 ==> 0
node_36 --> node_35	20	1	0.333	1 ==> 0
	46	1	0.667	1 ==> 2
	58	1	0.25	0 --> 1
	65	2	0.6	1 ==> 3
	71	1	0.667	1 ==> 2
	75	1	0.5	1 ==> 0
	91	1	0.667	1 ==> 2
	102	1	0.333	1 ==> 0
node_35 --> Eubalaena glacica	54	1	0.4	1 ==> 2
node_39 --> Isanacetus latic	5	1	0.333	1 --> 0
	15	1	0.5	0 --> 1
	16	1	0.5	1 ==> 0
	24	1	0.4	1 ==> 0
	44	1	0.286	1 ==> 2
	51	1	0.667	1 --> 2
	53	1	0.5	1 ==> 0
	57	1	0.2	1 ==> 0
	66	1	0.25	1 --> 0
	68	1	0.667	2 ==> 1
	74	1	0.25	1 --> 0
	82	1	0.333	1 --> 2
node_40 --> UABC FCMM 3373	5	1	0.333	1 --> 0
	12	1	0.333	0 --> 1
	35	1	0.4	1 ==> 2
	37	1	0.4	1 ==> 2
	38	1	0.2	0 ==> 1
	41	1	0.375	1 --> 2
	42	1	0.333	0 ==> 1
	46	1	0.667	1 ==> 0
	47	1	0.4	1 ==> 2
	56	1	0.333	0 --> 1
	65	1	0.6	1 ==> 2

	66	1	0.25	1 --> 0
	67	1	0.333	1 ==> 0
	70	1	0.333	0 --> 1
	76	1	0.25	0 --> 1
	78	1	0.286	0 --> 1
	98	1	0.667	1 --> 2
	102	1	0.333	1 ==> 0
node_42 --> Cophocetus orego	57	1	0.2	1 --> 2
node_44 --> node_43	11	2	0.429	1 ==> 3
	23	1	0.333	1 ==> 0
	34	1	0.167	1 --> 0
node_43 --> Parietobalaena p	48	1	0.167	1 ==> 0
	50	1	0.2	1 ==> 0
	59	1	0.5	0 --> 1
	82	1	0.333	0 ==> 1
node_43 --> Aglaocetus patul	24	1	0.4	1 ==> 2
	30	1	0.25	1 ==> 0
	41	1	0.375	1 ==> 2
	44	1	0.286	1 ==> 2
	70	1	0.333	0 ==> 1
	74	1	0.25	1 ==> 0
	78	1	0.286	0 --> 1
node_45 --> Diorocetus hiatu	20	1	0.333	1 ==> 0
	22	1	0.2	0 ==> 1
	34	1	0.167	1 --> 0
	44	1	0.286	1 ==> 2
	78	1	0.286	0 --> 1
	82	1	0.333	0 ==> 1
	96	1	0.333	0 --> 1
	100	1	0.333	0 --> 1
node_49 --> Aetiocetus sp	91	1	0.667	0 --> 1
node_50 --> Marowanocetus ya	18	1	0.5	1 --> 2
	29	1	0.5	0 ==> 1
	32	1	0.5	0 ==> 1
	36	1	0.4	0 ==> 1
	38	1	0.2	0 --> 1
	43	1	0.667	0 ==> 1
	45	1	0.333	0 ==> 1
	47	1	0.4	0 ==> 1
	57	1	0.2	0 --> 1

Anexo 4.

Distribución e intervalo estratigráfico de las ballenas barbadas fósiles.

Fam	Gen	Especie	No	Formacion o localidad	Lugar	Edad	Epoca	M.a.	Cordenadas act.	Paleocordenadas
Diorocetidae			4							
	Amphicetus		1							
	6	A. later		Formación Diest	Belgica	Tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.6° E
		A. later		Formación Diest	Belgica	Tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.6° E
	Uranocetus		1							
	5	U. gramensis		Formación Gram	Dinamarca	Tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	55.3° N, 9.1° E	55.5° N, 8.7° E
	Thinocetus		1							
	4	T. arthritus		Formacion Choptank	Maryland	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	38.5° N, 76.5° W	38.6° N, 73.6° W
		T. arthritus		Formacion Choptank	Virginia	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	38.2° N, 76.8° W	38.4° N, 73.9° W
		T. arthritus		Formacion Choptank	Virginia	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	38.2° N, 76.8° W	38.4° N, 73.9° W
	Diorocetus		3							
	3	D. chichibuensis		Formación Nagura	Japón	Mioceno Medio	Mioceno Medio	16.0-11.6	36.0° N, 139.1° E	38.7° N, 136.6° E
		D. hiatus		Formación Calvert	Virginia	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	37.9° N, 77.5° W	38.1° N, 74.2° W
	2	D. hiatus		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W
		D. hiatus		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W
		D. hiatus		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Tardío-Plioceno Tardío	16.0-13.7	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W
	1	D. shobarensis		Formación Korematsu	Japón	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	34.9° N, 133.0° E	38.3° N, 130.2° E

Fam	Gen	Especie	No Taxa	Formacion o localidad	Lugar	Edad	Epoca	M.a.	Cordenadas act.	Paleocordenadas
Aglaoacetidae			3							
Aglaoacetus			6							
8		A. burtinii		Saint Nicolas	Belgica	Plioceno	Plioceno	5.3-1.8	50.6° N, 5.5° E	50.7° N, 5.1° E
		A. burtinii		Gironde	Francia	Plioceno	Plioceno	5.3-1.8	44.8° N, 0.6° W	44.9° N, 0.9° W
		A. burtinii		Formación Diest	Belgica	Tortoniano	Mioceno Tardío	11.6-7.2	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.5° E
7		A. rotundus		Formación Diest	Belgica	Tortoniano	Mioceno Medio	11.6-7.2	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.5° E
		A. rotundus		Formación Diest	Belgica	Tortoniano	Mioceno Medio	11.6-7.2	51.2° N, 4.8° E	51.4° N, 3.9° E
6		A. patulus		Formación Calvert	Virginia	Langhian	Mioceno Medio	15.97-13.65	38.2° N, 76.8° W	38.4° N, 73.6° W
		A. patulus		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	15.97-13.65	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W
		A. patulus		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	15.97-13.65	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W
5		A. latifrons		Zenderen member	Noruega	Serravallian	Mioceno Tardío	11.6-5.3	52.1° N, 6.6° E	52.4° N, 5.8° E
		A. latifrons		Berchem	Belgica	Langhian	Mioceno Medio	16-11.6	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.1° E
4		A. langifrons		Eibergen member	Noruega	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	52.0° N, 6.7° E	52.3° N, 5.4° E
		A. langifrons		Berchem	Belgica	Langhian	Mioceno Medio	16-11.6	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.1° E
3		A. moreni		Gaiman	Argentina	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	43.3° S, 65.4° W	43.9° S, 59.9° W
Pinocetus			1							
2		P. polonicus		Formacion Pinczow limestone	Polonia	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	50.5° N, 20.5° E	50.9° N, 19.1° E
Isanacetus			1							
1		I. laticephalus		Formacion Akeyo	Japón	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.43-15.97	35.4° N, 137.2° E	39.0° N, 134.5° E
		I. laticephalus		Hiramatsu member	Japón	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.43-15.97	34.8° N, 136.3° E	38.3° N, 133.6° E

Fam	Gen	Especie	No	Formacion o localidad	Lugar	Edad	Epoca	M.a.	Cordenadas actuales	Paleocordenadas
Pelocetidae			5							
	Halicetus		1							
10		H. ignotus		Formación Choptank	Maryland	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	38.5° N, 76.5° W	38.6° N, 73.6° W
UABC-FCMM			1							
9		UABC-FCMM 3373		Formación Rosarito Beach	Baja California	Langhian	Mioceno Medio	16-14	32.1° N, 116.8° W	31.3° N, 111.2° W
Pelocetus			2							
8		P.calvertensis		Formación Choptank	Maryland	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.7° W
		P.calvertensis		Formación Calvert	Virginia	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.2° N, 76.8° W	38.4° N, 73.6° W
		P.calvertensis		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W
		P.calvertensis		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W
7		P. mirabilis		Bretagne	Francia	Tortoniano	Mioceno Tardío	11.6-7.2	47.0° N, 1.7° E	47.2° N, 0.8° E
		P. mirabilis		Doue la Fontaine	Francia	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-7.2	47.2° N, 0.3° W	47.4° N, 1.2° W
		P. mirabilis		Touraine	Francia	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	47.1° N, 0.2° E	47.2° N, 1.4° W
Cophocetus			1							
6		C. oregonensis		Formación Astoria	Oregon	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	44.6° N, 124.1° W	44.4° N, 118.0° W
		C. oregonensis		Formación Astoria	Oregon	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	44.7° N, 124.1° W	44.5° N, 118.0° W
		C. oregonensis		Formación Astoria	Oregon	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	44.7° N, 124.1° W	44.5° N, 118.0° W
Parietobalaena			5							
5		P. laxata		Eibergen Maember	Noruega	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	52.0° N, 6.7° E	52.3° N, 5.4° E
		P. laxata		Formación Berchem	Belgica	Langhian	Mioceno Medio	16.0-11.6	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.1° E
4		P. securis		Formación Temblor	california	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	35.3° N, 118.5° W	35.2° N, 113.3° W
3		P. palmeri		Formación Calvert	Virginia	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.2° N, 76.9° W	38.4° N, 73.6° W
		P. palmeri		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.6° N, 76.5° W	38.8° N, 73.2° W
		P. palmeri		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.6° N, 76.5° W	38.8° N, 73.2° W
		P. palmeri		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.6° N, 76.5° W	38.8° N, 73.2° W
		P. palmeri		Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.5° N, 76.5° W	38.7° N, 73.2° W

	2	P. palmeri	Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.6° N, 76.5° W	38.8° N, 73.2° W
		P. palmeri	Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.6° N, 76.7° W	38.8° N, 73.4° W
1		P. yamaokai	Formación Korematsu	Japón	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	34.9° N, 133.0° E	38.3° N, 130.2° E
		P. afinis	Zenderen Member	Noruega	Mioceno Tardío	Mioceno Tardío	11.6-5.3	52.1° N, 6.6° E	52.4° N, 5.8° E
		P. afinis	Formación Diest	Belgica	Tortoniano	Mioceno Tardío	11.6-7.2	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.5° E
		P. afinis	Eibergen Member	Noruega	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	52.0° N, 6.7° E	52.3° N, 5.4° E
		P. afinis	Aalten Member	Noruega	Burdigalian	Mioceno Temprano	20.4-16.0	52.0° N, 6.7° E	52.1° N, 4.9° E
		P. afinis	Meddeho	Noruega	Mioceno	Mioceno	23.0-5.3	52.0° N, 6.7° E	52.3° N, 5.3° E

Fam	Gen	Especie	No	Formacion o localidad	Lugar	Edad	Epoca	M.a.	Cordenadas act.	Paleocordenadas
Cetotheriidae			15							
		Plesiocetopsis	1							
32		P. notopelagicus		Carmen de Patagones	Argentina	Plioceno	Plioceno	5.3-1.8	40.8° S, 63.0° W	40.9° S, 61.8° W
		Piscobaelaena	1							
31		P. nana		Formación Pisco	Peru	Zanclean	Plioceno	5.28-3.6	15.6° S, 74.7° W	15.8° S, 73.8° W
		P. nana		Formación Pisco	Peru	tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	15.5° S, 74.8° W	15.8° S, 72.7° W
		Nannocetus	1							
30		N. eremus		Formación Towsley	California	Misisiano	Mioceno Tardío	7.28-5.28	34.4° N, 118.4° W	34.1° N, 116.5° W
		N. eremus		Foramción Santa Margarita	California	Tortoniano	mioceno tardío	11.61-7.25	37.0° N, 122.0° W	34.6° N, 117.2° W
		Cephalotropis	1							
29		C. coronatus		Formación St Marys	Maryland	tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	38.4° N, 76.6° W	38.6° N, 74.6° W
		C. coronatus		Adica	Portugal	tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	38.6° N, 9.2° W	38.7° N, 10.0° W
		Jaumocetus	1							
28		J. shimizui		Formación Haraichi	Japon	tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	36.3° N, 139.0° E	37.8° N, 137.2° E
		Mixocetus	1							
27		M. elysius		Formación Modelo	California	Tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	34.1° N, 118.2° W	33.6° N, 115.3° W
		Herpetocetus	4							
26		H. sendaicus		Formación Tatzunukuchi	Japon	Zanclean	Plioceno temprano	5.3-3.6	38.3° N, 140.8° E	39.0° N, 140.0° E
		H. sendaicus		Formación Yorktown	Carolina	Zanclean	Plioceno temprano	5.3-3.6	35.4° N, 76.8° W	35.4° N, 75.9° W
25		H. transatlanticus		Formación Yorktown	Carolina del Norte	Zanclean	Mioceno Medio	5.3-3.6	35.4° N, 76.8° W	35.4° N, 75.9° W
24		H. bramlei		Formación Purisima	California	Messinian	Mioceno Tardío	7.2-5.3	37.0° N, 122.0° W	36.6° N, 120.1° W
		H. scaldiensis		Formación Red Crag	Reino Unido	Gelasian	Plioceno	2.6-1.8	52.0° N, 1.4° E	52.0° N, 1.1° E
		H. scaldiensis		Louvain	Belgica	Plioceno	Plioceno	5.3-1.8	50.9° N, 4.7° E	51.0° N, 4.3° E
23		H. scaldiensis		Saint Nicolas	Belgica	Zanclean	Plioceno	5.3-1.8	50.6° N, 5.5° E	50.7° N, 5.1° E
		H. scaldiensis		Formación Kattendijk	Belgica	Zanclean	Plioceno	5.3-3.6	51.3° N, 4.3° E	51.4° N, 3.9° E
		H. scaldiensis		Stuyvengberg	Belgica	Zanclean	Plioceno	5.3-3.6	51.2° N, 3.2° E	51.3° N, 2.8° E
		H. scaldiensis		Formación Kattendijk	Belgica	Zanclean	Plioceno	5.3-3.6	51.2° N, 4.8° E	51.3° N, 4.4° E

	H. scaldiensis	Formación Kattendijk	Belgica	Zanclean	Plioceno	5.3-3.6	51.3° N, 4.3° E	51.4° N, 3.9° E
	H. scaldiensis	Formación Diest	Belgica	Tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	51.2° N, 4.5° E	51.4° N, 3.5° E
	H. scaldiensis	Eibergen member	Noruega	Serravalian	Mioceno medio	13.7-11.6	52.0° N, 6.7° E	52.3° N, 5.4° E
Peripolocetus 1								
22	P. vexillifer	Formación Temblor	California	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	35.3° N, 118.5° W	35.2° N, 113.3° W
Tiphycetus 1								
21	T. temblorensis	Formación Temblor	California	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	35.3° N, 118.5° W	35.2° N, 113.3° W
	T. temblorensis	Formación Rosarito Beach	Baja California	Langhian	Mioceno Medio	16.1-14.3	32.1° N, 116.8° W	31.3° N, 111.2° W
Titanocetus 1								
20	T. sammariensis	Monte Titano	Italia	Serravallian	Mioceno Medio	13.65-11.61	43.9° N, 12.5° E	43.5° N, 12.1° E
Palaeobalaena 1								
19	P. bergi	Formación Entre rios	Argentina	tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	27.1° S, 64.5° W	27.3° S, 62.2° W
	P. bergi	Formación Santa Cruz	Argentina	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	49.5° S, 68.6° W	50.0° S, 63.6° W
Metopocetus 2								
18	M. vandelli	Adica	Portugal	tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	38.6° N, 9.2° W	38.7° N, 10.0° W
17	M. durinasus	Formación Calvert	Virginia	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.2° N, 76.8° W	38.4° N, 73.5° W
Aulocetus 3								
16	A. latus	Adica	Portugal	Tortonian	Mioceno Tardío	11.6-7.2	38.6° N, 9.2° W	38.7° N, 10.0° W
15	A. calaritanus	Formación Pietra de cantoni	Italia	Mioceno medio	Mioceno medio	16-11.6	39.2° N, 9.1° E	41.5° N, 2.9° E
14	A. lovisati	Formación Pietra de Cantoni	Italia	Mioceno Medio	Oligoceno Tardío	16.0-11.6	39.2° N, 9.1° E	41.5° N, 2.9° E
Heterocetus 3								
13	H. major	Reggio Calabria	Italia	Plioceno	Plioceno	5.3-1.8	38.1° N, 15.7° E	38.0° N, 15.5° E
12	H. sprangii	Eibergen member	Noruega	Serravalliano	Mioceno Medio	13.7-11.6	52.0° N, 6.7° E	52.3° N, 5.4° E
	H. sprangii	Tongrube wienerberger	Alemania	Serravalliano	Mioceno Medio	13.7-11.6	53.3° N, 9.5° E	53.6° N, 8.2° E
11	H. brevifrons	Formación Red Crag	Reino Unido	Gelasian	Plioceno Tardío	2.6-1.8	52.0° N, 1.4° E	52.0° N, 1.1° E
	H. brevifrons	Louvain	Belgica	Plioceno	Plioceno	5.3-1.8	50.9° N, 4.7° E	51.0° N, 4.3° E
	H. brevifrons	Formación Diest	Belgica	Tortoniano	Mioceno Tardío	11.6-7.2	51.2° N, 4.8° E	51.4° N, 3.9° E
	H. brevifrons	Formación Diest	Belgica	Tortoniano	Mioceno Tardío	11.6-7.2	51.2° N, 4.8° E	51.4° N, 3.9° E

	H. breviprons	Eibergen member	Noruega	Serravaliano	Mioceno MEDio	13.7-11.6	52.0° N, 6.7° E	52.3° N, 5.4° E
	H. breviprons	Zenderen member	Noruega	Mioceno Tardio	Mioceno Tardio	13.6-5.3	52.1° N, 6.6° E	52.4° N, 5.8° E
	H. breviprons	Aalten Member	Noruega	Burdigalian	Mioeceno Temprano	20.4-16.0	52.0° N, 6.7° E	52.1° N, 4.9° E
	Cetotherium 10							
10	C. polyporum	Formación Yorktwon	North Carolina	Plioceno	Plioceno	5.3-1.8	35.9° N, 77.6° W	36.0° N, 76.7° W
9	C. crassangulum	Formación Yorktwon	Virginia	Plioceno	Mioceno	5.3-1.8	37.3° N, 77.3° W	37.4° N, 76.4° W
8	C. klinderi	Mykolayiv	Ucrania	sarmatian o serravallian	Mioceno medio	12.7-11.61	47.0° N, 32.0°	47.4° N, 31.1° E
7	C. maicopicum	River Belaia	Rusia	Sarmatian	Mioceno Tardio	12.7-11.6	44.6° N, 40.1° E	45.1° N, 39.2° E
	C. maicopicum	Derbent	Rusia	serravallian	Mioceno medio	13.7-11.6	42.1° N, 48.3° E	42.6° N, 47.4° E
6	C. rathkii	Kertsch	Ucrania	Sarmatian	Mioceno Medio	12.7-11.6	45.4° N, 36.5° E	45.9° N, 42.0° E
	C. rathkii	Strbci	Bosnia y Herzegovina	Badenian	Mioceno Medio	13.7-12.7	44.9° N, 18.3° E	44.4° N, 17.9° E
5	C. pusillum	Chisinau	Moldova	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	47.1° N, 28.9° E	47.5° N, 27.8° E
4	C. mayeri	Dzhalaurt	Georgia	Tortoniano	Mioceto Tardio	11.6-7.2	42.3° N, 43.4° E	42.1° N, 47.1° E
	C. mayeri	River Belaia	Rusia	Sarmatian	Mioceno medio	12.7-11.6	44.6° N, 40.1° E	45.1° N, 39.2° E
	C. mayeri	Kuban	Rusia	Sarmatian	Mioceno medio	12.7-11.6	52.3° N, 34.9° E	52.7° N, 33.9° E
	C. mayeri	Derbent	Rusia	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	42.1° N, 48.3° E	42.6° N, 47.4° E
3	C. priscum	Kurtchuk Tchekmedje	Turquia	Messinian	Miosiono tardio	11.6-5.3	41.0° N, 28.8° E	41.3° N, 28.2° E
	C. priscum	Kertsch	Ucrania	Sarmatian	Mioceno medio	12.7-11.6	45.4° N, 36.5° E	45.9° N, 42.0° E
	C. priscum	Kutsay Montain	Rusia	Sarmatian	Mioceno Medio	12.7-11.61	45.4° N, 42.7° E	45.9° N, 41.9° E
	C. priscum	Madulari	Romania	Serravallian	Mioceno Medio	13.65-11.61	44.7° N, 24.1° E	45.1° N, 23.0° E
	C. priscum	Chisinau	Moldova	Serravallian	Mioceno Medio	13.7-11.6	47.1° N, 28.9° E	47.5° N, 27.8° E
	C. priscum	Formacion Leitha Limestone	Austria	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	47.8° N, 16.6° E	47.2° N, 16.2° E
2	C. parvum	Formación Saint Marys	Maryland	Tortonian	Mioceno tardio	11.6-7.2	38.3° N, 76.4° W	38.5° N, 74.4° W
	C. parvum	Formación Calvert	Maryland	Langhian	Mioceno Medio	16.0-13.7	38.5° N, 76.7° W	38.7° N, 73.4° W
1	C. furlongi	Formacion Vaqueros	California	Burdigalian	Mioceno medio	20.4-16.0	36.0° N, 120.5° W	35.1° N, 115.0° W

Fam	Gen	Especie	No	Formacion o localidad	Lugar	Edad	Epoca	M.a.	Cordenadas act.	Paleocordenadas
Eomysticetidae			5							
	Indet		2							
	11	UABC-FCMM 3375		Formacion Rosarito Beach	Baja California	Langhian	Mioceno Medio	16-14	32.1° N, 116.8° W	31.3° N, 111.2° W
	10	UABC-FCMM 3376		Formacion Rosarito Beach	Baja California	Langhian	Mioceno Medio	16-14	32.1° N, 116.8° W	31.3° N, 111.2° W
Cetotheriopsis			1							
	9	C. lintianus		Formación Linzer Sanden	Austria	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	48.3° N, 14.3° E	48.3° N, 11.4° E
		C. lintianus		Formación Linzer Sanden	Austria	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	48.3° N, 14.3° E	48.3° N, 11.4° E
Eomysticetus			2							
	8	E. carolinensis		Formación Chandler Bridge	Carolina del Sur	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	33.0° N, 80.2° W	33.1° N, 74.9° W
	7	E. whitmorei		Formación Chandler Bridge	Carolina del Sur	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	32.9° N, 80.2° W	33.0° N, 74.8° W
Mauicetus			4							
	6	M. weitakiensis		Formación Kokoamu Greensand	New Zealand	Dunroonian	Oligoceno Tardío	27-3-25.2	44.9° S, 170.7° E	51.1° S, 174.8° W
		M. weitakiensis		Formación Kokoamu Greensand	New Zealand	Dunroonian	Oligoceno Tardío	27-3-25.2	44.9° S, 170.7° E	51.1° S, 174.8° W
	5	M. lophocephalus		Formación Kokoamu Greensand	New Zealand	Dunroonian	Oligoceno Tardío	27.3-25.2	44.9° S, 170.7° E	51.1° S, 174.8° W
		M. parki		Balfour Limeston Quarry	New Zealand	Waitakian	Oligoceno Tardío	25.2-21.7	45.9° S, 168.6° E	51.6° S, 178.5° W
		M. parki		Formación Kodoamu Greensand	New Zealand	Dunroonian	Oligoceno Tardío	27.3-25.2	44.7° S, 170.4° E	50.9° S, 175.2° W
	4	M. parki		Formacion Milburn Limestone	New Zealand	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	46.1° S, 170.0° E	52.3° S, 175.8° W
		M. parki		Formacion Milburn Limestone	New Zealand	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	44.1° S, 170.0° E	50.3° S, 175.5° W
		M. parki		Formación Otekaike Limestone	New Zealand	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	44.9° S, 170.7° E	51.1° S, 174.8° W
	3	M. brevicollis		Formación Otekaike Limestone	New Zealand	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	44.9° S, 170.6° E	51.1° S, 174.9° W
Micromysticetus			2							
	2	M. tobieni		Formación Meeressande	Alemania	Chattian	Oligoceno Tardío	28.4-23.0	51.3° N, 6.7° E	51.1° N, 3.7° E
	1	M. rothauseni		Formación Ashley	Carolina del Sur	Rupelian	Oligoceno Temprano	33.9-28.4	33.0° N, 80.1° W	32.9° N, 73.6° W
		M. rothauseni		Formación Ashley	Carolina del Sur	Rupelian	Oligoceno Temprano	33.9-28.4	33.0° N, 80.2° W	32.9° N, 73.6° W

