

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



**DELPHINIDAE (CETACEA: ODONTOCETI) DEL PLIOCENO DEL
GOLFO DE CALIFORNIA, UNA REVISIÓN FILOGENÉTICA**

T E S I S

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

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

GABRIEL AGUIRRE FERNÁNDEZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. ENERO 2009.

RESUMEN

La familia Delphinidae posee un registro fósil muy escaso que suele estar representado por especímenes comparativamente fragmentarios. Considerando la diversidad taxonómica de los representantes actuales, la representatividad fósil es extrañamente baja. La gran diversidad taxonómica y ecológica de la familia se manifiesta en sus tamaños corporales, la longitud y anchura de sus rostros, y el número y tamaño de sus dientes. Dichas características están relacionadas con su dieta. Se realizó un análisis filogenético asistido por computadora de dos cráneos pertenecientes a una formación aún no nombrada de edad Plioceno que aflora en la playa Los Placeritos, Isla San José, Baja California Sur. Los resultados del análisis filogenético indican que el ejemplar UABCS/ISJ/3009 es un miembro de la subfamilia Delphininae que comparte caracteres con los géneros vivos *Delphinus* y *Stenella*; el ejemplar UABCS/ISJ/3008 es un miembro de la subfamilia Globicephalinae que comparte caracteres con el género vivo *Globicephala*. Por medio de comparaciones anatómicas, se establecen las afinidades taxonómicas de 39 perióticos identificados como Delphinidae de Formación Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur. Se distinguen 4 morfotipos afines a los géneros actuales *Delphinus*, *Lagenorhynchus*, *Stenella* y *Tursiops*. Las abundancias relativas de estos géneros son muy similares a las actuales. Aparentemente, la abundancia actual de los delfínidos es resultado de una radiación ocurrida probablemente en la última parte del Plioceno, provocando un reemplazo de los grupos de Delphinoidea anteriormente más diversos: Kentriodontidae, Phocoenidae, y Monodontidae. Este trabajo incluye los primeros dos cráneos formalmente descritos del Delphinidae fósiles en México.

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

DELPHINIDAE (CETACEA: ODONTOCETI) DEL PLIOCENO DEL
GOLFO DE CALIFORNIA, UNA REVISIÓN FILOGENÉTICA.

T E S I S

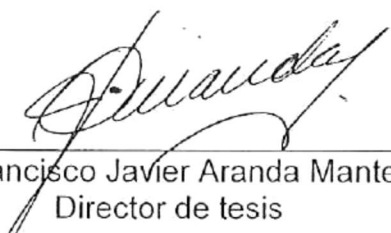
QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

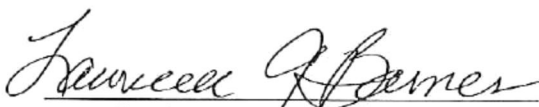
PRESENTA

GABRIEL AGUIRRE FERNÁNDEZ

Aprobada por:



Dr. Francisco Javier Aranda Manteca
Director de tesis



Dr. Lawrence G. Barnes
Sinodal



Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente al CONACyT por la beca otorgada y a todos los miembros de mi comité por solidarizarse cuando el tiempo se hace un factor muy importante, por su disposición a participar en este proyecto, por su entusiasmo, por sus consejos y por su amistad.

Agradezco a Francisco Aranda por ser auténtico y sincero, por estar siempre dispuesto a facilitar el desarrollo de esta tesis, por permitirme proponer ideas, por alentarme en algunas locuras, por compartirme muchas otras. Por compartir los buenos momentos cotidianos, por apoyarme en muchos sentidos (incluido el económico), por ese increíble viaje juntos a Los Angeles y Flagstaff, por su apoyo a los otros viajes de investigación y congresos.

Agradezco a Lawrence Barnes por invitarme, alentarme y continuar haciéndolo (después de unos 7 años trabajando juntos) al estudio de la evolución de los mamíferos marinos. Por las interminables clases de geología, paleontología, arquitectura, historia, rock y blues durante los viajes por la península de Baja California y por Estados Unidos. Por contestar los cientos de correos electrónicos que a veces iban con cierta carga de adrenalina, por venir a Ensenada cuando se necesitó.

Agradezco a Nicholas Pyenson por estar al tanto de mis avances, por enviar artículos y consejos, por formar parte del comité de revisión del anteproyecto de tesis.

Agradezco a Miguel Téllez por aceptar su inclusión en mi comité de tesis y hacer las revisiones extremadamente a contrarreloj, por sus recomendaciones aún antes de haber sido considerado miembro del comité.

Agradezco a Jorge Fernández, quién estuvo involucrado en el hallazgo y rescate de uno de los fósiles que se analizan en este trabajo.

Agradezco a la gente que me envió artículos y/o consejos: Tobias Schwenicke, Jorge Ledesma, David Janiger, Paul Umhoefer, Giovanni Bianucci, José Antonio Ceballos.

Agradezco a la gente e instituciones que me apoyaron económicamente en viajes de investigación y congresos: Cetacean Society International (William Rossiter), European Cetacean Society (Roland Lick), Facultad de Ciencias Marinas UABC (Roberto Millán), Instituto de Investigaciones Oceanológicas UABC (Alfredo Chee), Dirección de Cooperación Internacional e Intercambio Académico UABC (Olga Valdivia).

Agradezco a los que me permitieron acceso a las colecciones científicas a su cargo: Dra. María del Carmen Perrilliat (Colección Nacional de Paleontología), Dr. Fernando Cervantes y M.C. Yolanda Hortelano (Colección Nacional de Mamíferos), Dr. Gerardo González (Museo de Historia Natural, UABCS), Dr. John Harris, Dr. Samuel McLeod, James Dines y David Janiger (Museo de Historia Natural de Los Angeles).

Agradezco a Diego Aguirre, que me ayudó en varias de las imágenes que aparecen en este trabajo.

A quienes me han impulsado: Diane Gendron, Alejandro Gómez, Jorge Urbán, Francisco Delgadillo.

A una larga lista de alumnos de Ciencias Marinas que a su paso por el Laboratorio de Paleontología me echaron una mano con todo tipo de tareas.

A Claudia, que sin ningún interés por la ciencia ha leído varias veces este trabajo, por ser mi traductora de cabecera, por venir desde tan lejos a compartir conmigo la vida, extrañando lo que dejó pero disfrutando de las cosas buenas.

A mis padres y hermanos, que siempre están para todo y que nunca dejan de creer en mí.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Historia evolutiva de la familia Delphinidae	1
1.2. La paleontología, la sistemática y algunas implicaciones en el estudio de los cetáceos	5
2. Antecedentes	9
3. Área de estudio	16
3.1. El Golfo de California	16
3.2. Unidad de Arenisca Estratificada, subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur	18
3.3. Formación Tirabuzón y Formación Infierno, Santa Rosalía, Baja California Sur	20
4. Objetivos	25
4.1. Objetivo general	25
4.2. Objetivos particulares	25
5. Hipótesis	26
6. Metodología	26
6.1. Acrónimos	26
6.2. Material de estudio	27
6.3. Análisis anatómico	31

6.4. Comparación con otras especies	38
6.5. Establecimiento de caracteres diagnósticos y su polaridad	39
6.6. Análisis filogenético	43
6.7. Análisis sedimentario	45
7. Resultados	47
7.1. Descripción sistemática	47
7.2. Análisis de máxima parsimonia	75
7.3. Análisis textural del sedimento	79
8. Discusión	81
8.1. Aspectos paleobiológicos	81
8.2. Aspectos filogenéticos	85
8.3. Aspectos tafonómicos	90
8.4. Aspectos paleoecológicos	94
9. Conclusiones	98
10. Literatura citada	100
11. Créditos	109
Anexos	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Filogenia de los cetáceos.....	8
Figura 2. Área de estudio mostrando las localidades de colecta.....	17
Figura 3. Los Placeritos, Isla San José, Baja California Sur.....	20
Figura 4. Formación Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur.....	23
Figura 5. Perfil estratigráfico Santa Rosalía, Baja California Sur.....	24
Figura 6. Mediciones del cráneo.....	33
Figura 7. Mediciones del cráneo (continuación).....	34
Figura 8. Terminología y medición de los huesos del oído.....	36
Figura 9. Mediciones de huesos postcraneales	37
Figura 10. Cráneo de Delphininae, cf. <i>Stenella</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3009).....	51
Figura 11. Esquema del cráneo de Delphininae, cf. <i>Stenella</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/3009).....	52
Figura 12. Material postcranial asociado a Delphininae, cf. <i>Stenella</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/3009).....	55
Figura 13. Huesos perióticos de los morfotipos aff. <i>Lagenorhynchus</i> y aff. <i>Tursiops</i>	58
Figura 14. Huesos perióticos del morfotipo aff. <i>Stenella</i>	60
Figura 15. Huesos perióticos del morfotipo aff. <i>Stenella</i>	61
Figura 16. Huesos perióticos del morfotipo aff. <i>Stenella</i>	62
Figura 17. Huesos perióticos del morfotipo aff. <i>Stenella</i>	63
Figura 18. Huesos perióticos del morfotipo aff. <i>Delphinus</i>	65

Figura 19. Huesos perióticos del morfotipo aff. <i>Delphinus</i>	66
Figura 20. Huesos perióticos del morfotipo aff. <i>Delphinus</i>	67
Figura 21. Esquema ilustrando las principales diferencias morfotipos aff. <i>Lagenorhynchus</i> , aff. <i>Tursiops</i> , aff. <i>Stenella</i> y aff. <i>Delphinus</i>	68
Figura 22. Cráneo de Globicephalinae, cf. <i>Globicephala</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008).....	72
Figura 23. Esquema del cráneo de Globicephalinae, cf. <i>Globicephala</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008).....	73
Figura 24. Material asociado a Globicephalinae, cf. <i>Globicephala</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008).....	74
Figura 25. Relaciones filogenéticas de UABCS/ISJ/3008 y UABCS/ISJ/3009 con algunos géneros actuales de la familia Delphinidae	77
Figura 26. Relaciones filogenéticas de UABCS/ISJ/3008 y UABCS/ISJ/3009 con algunos géneros actuales de la familia Delphinidae	78
Figura 27. Distribución del tamaño de grano en la muestra 3, Unidad estratigráfica AE (bs), Subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur.....	80
Figura 28. Deriva y desarticulación de un cuerpo de delfín.....	84

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Clasificaciones recientes de la familia Delphinidae.....	15
Tabla II. Metodología de medidas craneales.....	31
Tabla III. Metodología de medidas de los huesos del oído.....	35
Tabla IV. Metodología de medidas de los huesos postcraneales.....	37
Tabla V. Matriz de carácter-taxón usada en el análisis cladístico.....	44
Tabla VI.- Medidas craneales más representativas de Delphininae, cf. <i>Stenella</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3009).....	53
Tabla VII.- Medidas postcraneales del ejemplar UABCS/ISJ/3009, <i>Stenella attenuata</i> y <i>Delphinus delphis</i>	55
Tabla VIII.- Medidas craneales más representativas de Globicephalinae, cf. <i>Globicephala</i> , genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008).....	71
Tabla IX. Porcentajes de tamaños de grano, Unidad estratigráfica AE (bs), subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur.....	79
Tabla X. Resultados del análisis de momentos.....	79

1. Introducción

1.1. Historia evolutiva de la familia Delphinidae

De acuerdo con Barnes (1990), todos los cetáceos fósiles y actuales comparten el siguiente conjunto único de caracteres osteológicos derivados (apomorfías): 1) forámenes anteriores del palatino ausentes; 2) procesos falcados del basioccipital largos; 3) senos aéreos peribulares y pterigoideos presentes como divertículos en los huesos del cráneo; 4) bula timpánica involucionada e inflada; 5) procesos supraorbitales del frontal largos y tabulares; 6) foramen del hipogloso en el basioccipital localizado en el ápice de la muesca yugular o dentro de ella; 7) foramen mandibular grande; 8) escápula con la fosa supraespal reducida y procesos coracoideo y acromión paralelos y dirigidos anteriormente.

Los odontocetos y misticetos divergieron considerablemente antes del Oligoceno (figura 1), Barnes y Goedert (2001); Barnes et al., (2002b) reportan los odontocetos más antiguos conocidos con una edad de Oligoceno Temprano (34-23 Ma.) encontrados en el Estado de Washington, Estados Unidos. A pesar de que tanto los odontocetos como los misticetos desarrollaron telescopización del cráneo, ésta ocurrió de forma diferente en los dos grupos (Miller, 1923). En los odontocetos, el cambio más notorio es la extensión en sentido posterior de

los huesos del rostro y el desarrollo de la capacidad para ecolocalizar, a la cual está relacionada la asimetría craneal (Carroll, 1988; Heyning y Mead, 1990). Algunos miembros basales de cada grupo son intermedios cronológicamente y morfológicamente entre los arqueocetos y los cetáceos posteriores (Barnes, 1977, 1990; Barnes et al., 1985).

Los odontocetos usualmente presentan dientes, el rostro tiene bordes laterales gruesos, los maxilares no se proyectan por debajo de las órbitas de la misma forma que en los mysticetos (algunos odontocetos primitivos poseen la placa infraorbital pero no tan desarrollada como en Mysticeti) y no se interconectan con los frontales en sentido dorsal, pero se extienden hacia afuera por encima sobre los procesos supraorbitales. La región facial está ocupada siempre por un órgano graso, el melón y las narinas internas son dos aperturas óseas (carácter derivado) mientras que las narinas externas forman una sola apertura. El foramen mandibular posterior es alargado y está relleno de tejido adiposo, pero con una pared lateral delgada. Todos los huesos hioideos están separados (Matthews, 1978; Barnes, 1990; Jefferson et al., 1994).

La familia Delphinidae (con Phocoenidae y Monodontidae) es una de las tres familias con representantes actuales dentro de la superfamilia Delphinoidea, que incluye a las familias extintas Albireonidae, Kentriodontidae (Barnes, 1990) y Odobenocetopsidae (de Muizon, 1993). La familia Delphinidae posee 36

especies vivientes, siendo reconocida como la más diversa de los cetáceos (Rice, 1998). Muchas especies extintas han sido asignadas, principalmente, a géneros actuales, de las cuales la mayoría son *Tursiops* de depósitos del Plioceno en Europa. El registro fósil más antiguo de la familia corresponde a una edad de Mioceno Tardío (aproximadamente 10 a 12 millones de años) en el Sur de California (Barnes, 1990; 2002a). Dentro de la familia Delphinidae, una característica diagnóstica clave es la asimetría craneal, particularmente la que involucra al premaxilar y hace que el vértice craneal se incline hacia el lado izquierdo. Otro carácter presente en todo el grupo es la presencia de huesos nasales convexos en su superficie dorsal; éstos forman la parte más alta del vértice craneal y los huesos nasales no se proyectan anteriormente sobre el margen posterior del etmoideo (Barnes, 1977, 1978, 1990; Carroll, 1988). Sus adaptaciones morfológicas para diferentes nichos involucran principalmente tamaño corporal y las estructuras para capturar presas: longitud y anchura del rostro y el número, tamaño y forma de los dientes (Rice, 1998).

Respecto a los huesos perióticos, Kasuya (1973) señala que entre las características más representativas de la familia se encuentran: a) los procesos posteriores de la bula timpánica y el periótico, que se proyectan lateralmente o posterolateralmente, la conexión de estos dos huesos forma una sutura con las hendiduras longitudinales y las crestas de las facetas; b) mayor o igual grosor de la prominencia posterior externa (OPP) de la bula timpánica en comparación

con la interna (IPP), la estrecha rama posterior de la apertura timpánica baja (LTA), la baja crista transversa y la apertura del aqueductus Fallopii en la misma base que el tractus spiralis foraminosus.

Las relaciones evolutivas entre los miembros [actuales] de la familia Delphinidae no han sido bien comprendidas y no existen acuerdos entre los estudiosos de su sistemática. La familia ha tenido una historia taxonómica larga y compleja que refleja el desarrollo en el campo de la sistemática y está muy lejos de completarse a cualquier nivel: *alpha* (determinando cuantas especies hay y describiéndolas), *beta* (infiriendo relaciones entre las especies) y *gamma* (comprendiendo los rangos y patrones de variación intraespecífica) (LeDuc et al., 1999).

La abundancia actual de la familia Delphinidae es aparentemente el resultado de una evolución explosiva que pudo ocurrir en la última parte del Plioceno, provocando la sustitución de los grupos que anteriormente fueron más diversos, Kentriodontidae, Phocoenidae y Monodontidae. La abrupta aparición en el Plioceno, en abundancia relativa, de miembros de la familia Delphinidae es un fenómeno destacado en la evolución de los cetáceos (Barnes, 2002a; Aguirre-Fernández, 2006).

1.2. La paleontología, la sistemática y algunas implicaciones en el estudio de los cetáceos

Darwin (1859) estableció que la meta de la biología sistemática es la producción de clasificaciones biológicas que reflejen los modelos de la historia evolutiva (filogenia, o "relación verdadera") de la forma más exacta posible. Durante los últimos 30 años, la biología sistemática ha experimentado en todo el mundo una revolución metodológica y conceptual de proporciones monumentales que ha incrementado significativamente nuestra habilidad para llegar a esa meta. Esa revolución es el surgimiento de una metodología robusta para estimar la filogenia bajo los postulados de la sistemática filogenética (tomado de McLennan y Brooks, 2001).

La estructura esquelética y, particularmente, la anatomía craneal es la base primordial de la taxonomía en cetáceos (Fordyce y Barnes, 1994). Tanto los taxa fósiles como los actuales son diagnosticados con base en el cráneo utilizando proporciones y medidas de sus componentes, incluyendo principalmente el rostro, dientes (forma y número), orígenes musculares temporales y faciales, los senos basicraniales o pterigoides (los cuales se forman como expansiones de las Trompas de Eustaquio) y las bulas timpánicas. Idealmente, los especímenes tipo deben incluir cráneos y huesos óticos asociados (Barnes 1977, 1990; Fordyce y Barnes, 1994).

El análisis **cladístico**, que tiene amplia aceptación entre los estudiosos de la sistemática, se basa en la presencia de caracteres derivados compartidos (sinapomorfias) para inferir relación común ancestral entre taxa (Wiley, 1981). Los caracteres taxonómicos se interpretan como basales o derivados de acuerdo al momento en el que aparecen en el registro fósil, su grado de complejidad y su presencia en otros organismos que no pertenecen al grupo en cuestión, conocido como "outgroup" o "grupo externo" (Barnes, 1990). Los expertos en sistemática han utilizado un concepto similar para definir taxa, *especialización*; de cualquier forma, en muchos casos, la identidad taxonómica ha sido basada erróneamente en similitudes primitivas (*simplesiomorfias*) o de convergencia (*homoplasias*), que no son siempre producto de una relación ancestral común reciente. Adicionalmente, las ventajas teóricas de la cladística han sido acompañadas por el desarrollo de métodos explícitos para codificar y analizar datos (LeDuc et al., 1999).

Como fue mencionado por Adrain et al. (2001): "Los paleontólogos tenemos una ventaja única respecto al resto de los biólogos evolutivos: el acceso directo a otra dimensión, la continuidad del tiempo. Para un paleontólogo, la jerarquía de la vida es más que el producto de inferencias – está disponible, en principio, para la examinación directa". Otra ventaja importante del estudio de los fósiles es su uso en reconstrucciones filogenéticas: como ha sido demostrado por Gauthier et al. (1988), Donoghue et al. (1989) en amniotas, o por Gatesy y

O'Leary (2001) en cetáceos, el uso de taxa fósiles puede modificar significativamente las topologías evolutivas de los árboles, en relación a las que sólo incluyen taxa vivientes. La combinación de caracteres moleculares y morfológicos, aunado al uso de fósiles ha sido una herramienta poderosa para definir las relaciones filogenéticas de los cetáceos (O'Leary y Gatesy, 2008).

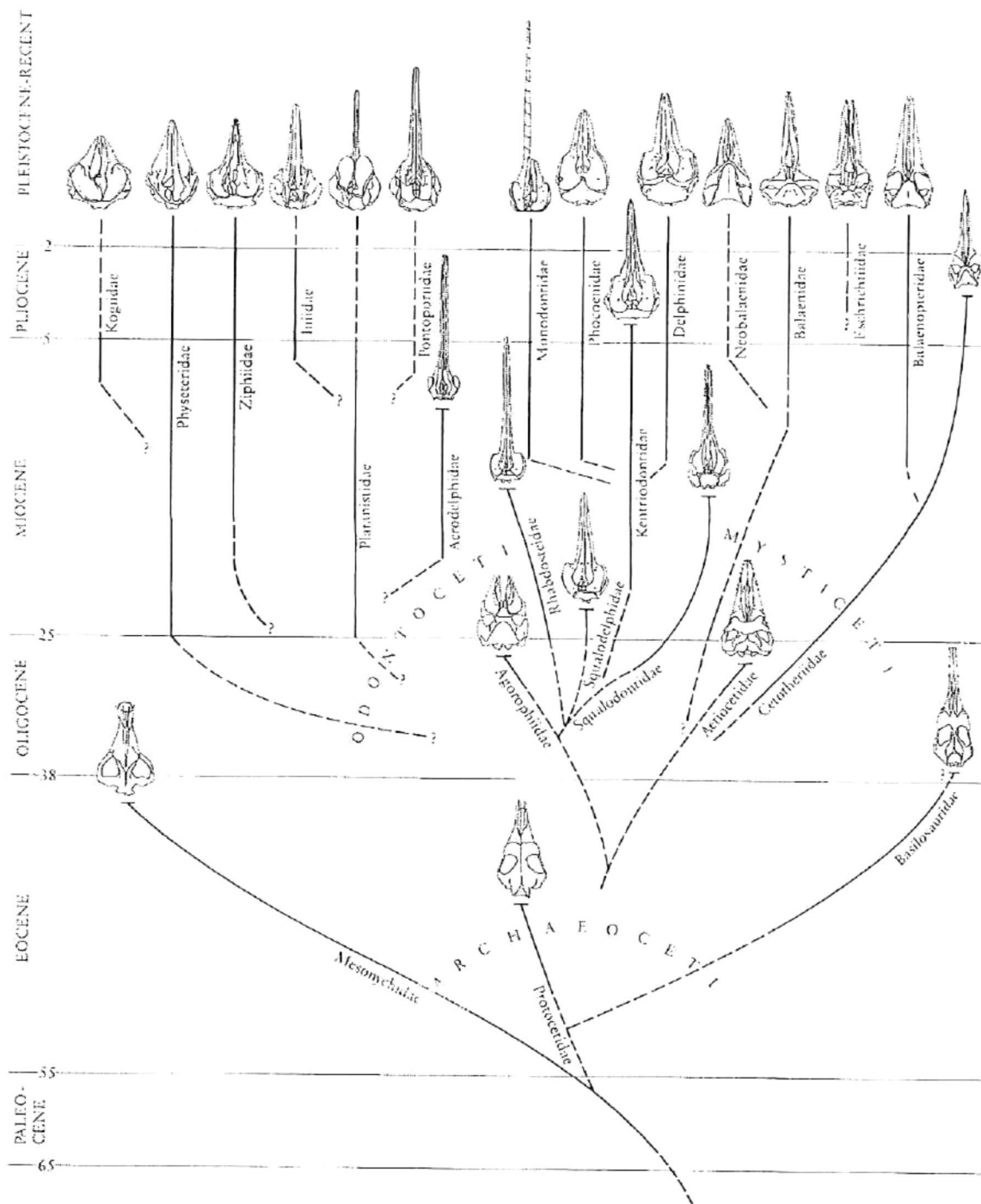


Figura 1. Filogenia de los cetáceos (tomado de Barnes et al., 1985).

2. Antecedentes

Muchos de los trabajos reunidos en este apartado han propuesto nuevas clasificaciones que consideran a la familia Delphinidae; dichas clasificaciones se resumen en la tabla I.

Fraser y Purves (1960), en base a las hipótesis de especialización del sistema de senos aéreos, realizan una tabla que resume la historia evolutiva de los cetáceos. Ellos dividen a la familia en las subfamilias: Orcinae¹, Lissodelphinae¹, Cephalorhynchinae y Delphininae. El orden observado en la tabla I muestra la clasificación original que corresponde al incremento en la especialización del sistema de senos aéreos descrito en el trabajo.

Kasuya (1973) estudia y discute la sistemática de Odontoceti basándose en las características de los huesos timpánicos y perióticos. Divide la familia Delphinidae en cuatro subfamilias: Sotaliinae, Delphininae, Orcinae y Globicephalinae.

Mead (1975), después de una minuciosa descripción y comparación de la anatomía de los canales nasales externos y el complejo facial de la familia Delphinidae, propone una clasificación basada en estos caracteres en la que

¹ Nombres no son reconocidos actualmente, Rice (1998) realizó las siguientes enmiendas: Orcinae (=Orcinae Fraser and Purves, 1960); Lissodelphinae (=Lissodelphinae)

se incluyen cinco subfamilias: Delphininae, Orcinae, Lissodelphinae, Cephalorhynchinae y Steninae. Destaca su comparación de la hipertrofia de estructuras faciales en *Pseudorca*, *Globicephala* y *Grampus*: sugiere la existencia de tres eventos independientes de crecimiento de las estructuras faciales, en los que *Pseudorca* es conservativo, pero *Globicephala* y *Grampus* representan condiciones extremas.

Barnes (1977) hace un análisis de la sucesión de ensambles de cetáceos fósiles a partir del Mioceno Temprano en la costa oeste de Norteamérica, que comprende desde Baja California, México, hasta California central en los Estados Unidos. En este trabajo, se establecen nuevos registros para el Mioceno de las familias Balaenidae, Ziphiidae, Monodontidae, Phocoenidae y Delphinidae y, para el Pleistoceno, Eschrichtiidae.

Barnes et al. (1985) describen el estado de los estudios sobre mamíferos marinos fósiles. En este trabajo, ellos puntualizan un importante crecimiento en la actividad en los últimos años e indican que existe un buen registro fósil de mamíferos marinos. Algunas lagunas en nuestro conocimiento sobre el tema se deben al retraso temporal que existe entre una colección de campo, su preparación en laboratorio y su publicación formal. Entre los problemas que enfrenta la disciplina sobresale la escasez en el desarrollo de taxonomía tipo alfa (trabajo básico descriptivo), la ausencia de partes anatómicas directamente

comparables entre taxa, ausencia de síntesis y problemas en la interpretación de la información por algunos autores de literatura secundaria.

Muizon (1988a) realiza un detallado análisis de las relaciones filogenéticas del infraorden Delphinida, el cual define como el grupo de Odontoceti que incluye a las superfamilias Lipotoidea, Inioidea y Delphinoidea. Define la existencia y relaciones morfológicas de 3 subfamilias dentro de la familia Delphinidae: Delphininae, Globicephalinae y Cephalorhynchinae.

Barnes (1990) realiza una revisión extensa del registro fósil y las relaciones evolutivas del género *Tursiops*. Al situar el género en una perspectiva taxonómica y evolutiva, realiza una síntesis de las características que distinguen al orden Cetacea, al suborden Odontoceti, a la superfamilia Delphinoidea y a la familia Delphinidae.

Barnes (1998, 2002b) hace una revisión de la secuencia de todos los ensambles fósiles de mamíferos marinos que han sido encontrados en la República Mexicana. Señala que, a pesar de la cercanía pero debido a la latitud, los ensambles de México difieren de los que han sido encontrados en el Pacífico Norte y Atlántico Norte. La Península de Baja California domina la historia paleontológica de los mamíferos marinos en México, esto es debido a la amplia distribución de afloramientos de unidades sedimentarias marinas.

Concluye que la secuencia de ensambles de mamíferos marinos de México se entiende ahora en una forma superficial y existen aún muchas lagunas en nuestro conocimiento.

Mientras Barnes ha trabajado principalmente en el norte de América, otros autores han generado información importante sobre los mamíferos marinos fósiles en otros lugares del mundo. En Sudamérica, destaca el trabajo de Cozzuol (1996) sobre el registro de mamíferos acuáticos en Sudamérica, los resultados de de Muizon (1988b) describen los odontocetos fósiles del Mioceno de la Formación Pisco, en Perú, del que derivaron trabajos sobre tafonomía de cetáceos fósiles de la misma formación publicados por Esperante et al. (2002) y Brand et al. (2004). Los Odontocetos del Plioceno de Italia han sido estudiados en varios trabajos de Bianucci, el más importante describe la sistemática y filogenética de la familia Delphinidae (Bianucci, 1996).

Un trabajo exhaustivo que destaca sobre filogenia de cetáceos fue escrito por Geisler y Sanders (2003), en el cual hacen un análisis morfológico de 304 caracteres morfológicos en 54 taxa de cetáceos actuales y extintos. Sin embargo, los resultados no llegan a una resolución tan alta como género o especie.

La nueva generación de estudios taxonómicos sobre la familia Delphinidae basados en genética (LeDuc et al., 1999; Pichler et al., 2001; Price et al., 2005) ha presentado interesantes resultados; sin embargo, en todos ellos resalta la incertidumbre de las relaciones evolutivas de la familia y la fuerte necesidad de ciencia básica, como el uso de técnicas moleculares y anatómicas para descifrarlas.

El advenimiento de nuevas técnicas genéticas que fortalecen el desarrollo de estudios taxonómicos y los antecedentes del estudio anatómico ha logrado la sinergia que se observa en nuevas revisiones de la historia evolutiva de los cetáceos, entre las que destacan trabajos como el publicado por Fordyce y Barnes (1994); Fordyce et al. (1995) y el publicado por Fordyce y de Muizon (2001). La tabla I resume los cambios en la clasificación de la familia Delphinidae durante las últimas cuatro décadas.

Messenger y McGuire (1998) desarrollan un estudio filogenético de los cetáceos, utilizando 207 caracteres morfológicos e información publicada sobre secuencias de ADN mitocondrial. Este escrito refuerza la visión tradicional sobre la monofilia de los odontocetos y analiza en cierta manera el problema metodológico de los polémicos estudios que señalan parafilia en la clasificación tradicional de los odontocetos, como Milinkovitch et al. (1993).

En el contexto nacional, Flores-Trujillo (2002) realizó un detallado estudio de sobre el uso de morfología y morfometría del cráneo y oído interno de miembros actuales y fósiles de la superfamilia Delphinoidea como estimadores filogenéticos. Entre las conclusiones resalta que aunque es posible distinguir grupos taxonómicos con los perióticos aislados, estos huesos no poseen suficiente información para una interpretación filogenética. Señala dos eventos oceanográficos que influyeron en la superfamilia Delphinoidea: uno durante el Mioceno medio que marca una fuerte diversidad de la familia Kentriodontidae y un proceso de diversificación de las familias Albirenoidae, Monodontidae, Phocoenidae y Delphinidae durante el Mioceno Tardío.

Aguirre-Fernández et al. (2004), Aguirre-Fernández et al. (2005) y Aguirre-Fernández (2006) realizaron una descripción taxonómica de un odontoceto de la familia Delphinidae perteneciente al Plioceno del Golfo de California, que presenta afinidades morfológicas con las subfamilias Delphininae y Globicephalinae. El ejemplar descrito se encuentra bajo préstamo en el laboratorio de paleontología de la FCM durante la disertación de maestría. Algunos aspectos del presente trabajo han sido publicados en literatura gris de varios congresos nacionales e internacionales: Aguirre-Fernández et al. (2007); Aguirre-Fernández et al. (2008a); Aguirre-Fernández et al. (2008b).

Tabla I. Clasificaciones recientes de Delphinidae. Los paréntesis indican afinidades entre géneros de acuerdo a los autores (adaptado de LeDuc et al., 1999). Nombres taxonómicos como fueron publicados, para justificación y recientes enmiendas ver Rice (1998).

(a) Fraser y Purves (1960) Familia Stenidae <i>Steno</i>, <i>Sousa</i> Familia Delphinidae Subfamilia Orcinae <i>Pseudorca</i>, <i>Orcinus</i>, <i>Orcaella</i>, <i>Globicephala</i>, <i>Feresa</i> Subfamilia Lissodelphinae <i>Lissodelphis</i> Subfamilia Cephalorhynchinae <i>Cephalorhynchus</i> Subfamilia Delphininae <i>Lagenorhynchus</i>, <i>Lagenodelphis</i>, <i>Grampus</i>, <i>Tursiops</i>, <i>Stenella</i>, <i>Delphinus</i> (b) Kasuya (1973) Familia Delphinidae Subfamilia Sotaliinae <i>Sotalia</i>, <i>Sousa</i>, <i>Cephalorhynchus</i> Subfamilia Orcinae <i>Orcinus</i>, <i>Pseudorca</i> Subfamilia Delphininae (<i>Steno</i>, <i>Lagenorhynchus</i>, <i>Delphinus</i>), (<i>Lissodelphis</i>, <i>Stenella</i>, <i>Tursiops</i>) Subfamilia Globicephalinae <i>Peponocephala</i>, <i>Feresa</i>, <i>Globicephala</i>, <i>Grampus</i> Familia Delphinapteridae Subfamilia Orcaellinae <i>Orcaella</i> (c) Mead (1975) Familia Delphinidae Subfamilia Steninae <i>Steno</i>, <i>Sotalia</i> Subfamilia Delphininae <i>Tursiops</i>, <i>Grampus</i>, <i>Peponocephala</i>, <i>Lagenorhynchus</i>, <i>Lagenodelphis</i>, <i>Stenella</i>, <i>Delphinus</i> Subfamilia Lissodelphinae <i>Lissodelphis</i> Subfamilia Cephalorhynchinae <i>Cephalorhynchus</i> Subfamilia Orcinae <i>Orcinus</i>, <i>Pseudorca</i>, <i>Globicephala</i>, <i>Orcaella</i>, <i>Feresa</i>	(d) Barnes et al. (1985), Barnes (1990) Familia Delphinidae Subfamilia Steninae Subfamilia Delphininae <i>Tursiops</i>, <i>Grampus</i>, <i>Peponocephala</i>, <i>Lagenorhynchus</i>, <i>Lagenodelphis</i>, <i>Stenella</i>, <i>Delphinus</i> Subfamilia Lissodelphinae Subfamilia Cephalorhynchinae Subfamilia Globicephalinae Familia Monodontidae Subfamilia Orcaellinae (e) de Muizon (1988a) Familia Delphinidae Subfamilia Delphininae (<i>Steno</i>, <i>Sotalia</i>, <i>Sousa</i>), (<i>Lissodelphis</i>, <i>Lagenodelphis</i>, <i>Lagenorhynchus</i>), (<i>Grampus</i>, (<i>Tursiops</i>, (<i>Stenella</i>, <i>Delphinus</i>)))) Subfamilia Cephalorhynchinae <i>Cephalorhynchus</i> Subfamilia Globicephalinae <i>Orcaella</i>, <i>Peponocephala</i>, (<i>Orcinus</i>, (<i>Globicephala</i>, (<i>Feresa</i>, <i>Pseudorca</i>)))) (f) Fordyce y Barnes (1994), Fordyce et al. (1994) Familia Delphinidae Subfamilia Steninae Subfamilia Delphininae Subfamilia Globicephalinae Familia Monodontidae Subfamilia Orcaellinae (g) LeDuc (1999) Familia Delphinidae Subfamilia Delphininae <i>Sousa</i>, <i>Lagenodelphis</i>, <i>S. attenuata</i>, <i>S. longirostris</i>, (<i>T. truncatus</i>, (<i>Delphinus</i>, <i>T. aduncus</i>, <i>S. frontalis</i>), (<i>S. coeruleoalba</i>, <i>S. clymene</i>)) Subfamilia Globicephalinae <i>Pseudorca</i>, (<i>Grampus</i>, (<i>Feresa</i>, (<i>Peponocephala</i>, (<i>Globicephala</i>)))) Subfamilia Lissodelphinae <i>Cephalorhynchus</i>, <i>Lagenorhynchus</i>, Subfamilia Stenoninae Subfamilia Orcinae
---	--

3. Área de estudio

3.1. El Golfo de California

El Golfo de California (figura 2) se localiza entre los 18° y 35° N y consta de varias provincias fisiográficas que exhiben distintas características meteorológicas y biogeográficas (Allison, 1964). La separación de la península y su desplazamiento han provocado una gama de patrones de distribución, aislamiento, extinción y especiación de especies desde el Mioceno.

En términos tectónicos, la Provincia Extensional del Golfo es una región de fallas y cuencas relacionadas a la formación del Golfo de California, que comprende la región al oeste de la Sierra Madre Occidental hasta el escarpe principal del golfo en la península de Baja California (Martín-Barajas, 2000). Se considera que la península de Baja California y el Golfo de California evolucionaron a través de tres fases de desarrollo desde el Mioceno hasta la actualidad: la primer fase se representa por un régimen de subducción en la costa del Pacífico de Baja California hace unos 24 a 12 Ma; la segunda fase se asocia a un fuerte evento de extensión que se relaciona con la apertura del Proto-Golfo (10 a 3.5 Ma); la tercera etapa es el régimen transtensional responsable de la configuración tectónica actual del Golfo de California (Ledesma-Vázquez, 2002). La evolución del Proto-Golfo de California es aún

objeto de discusión (ver Thomas y Barnes, 1993; Deméré, 1993; Martín-Barajas, 2000; Riddle et al., 2000; Ledesma-Vázquez, 2002). Barnes (1998) resalta la importancia de los ensambles fósiles de alrededor del Golfo de California, mencionando que tienen un interés particular al revelar el desarrollo de los mamíferos marinos ancestrales dentro del Proto-Golfo de California.

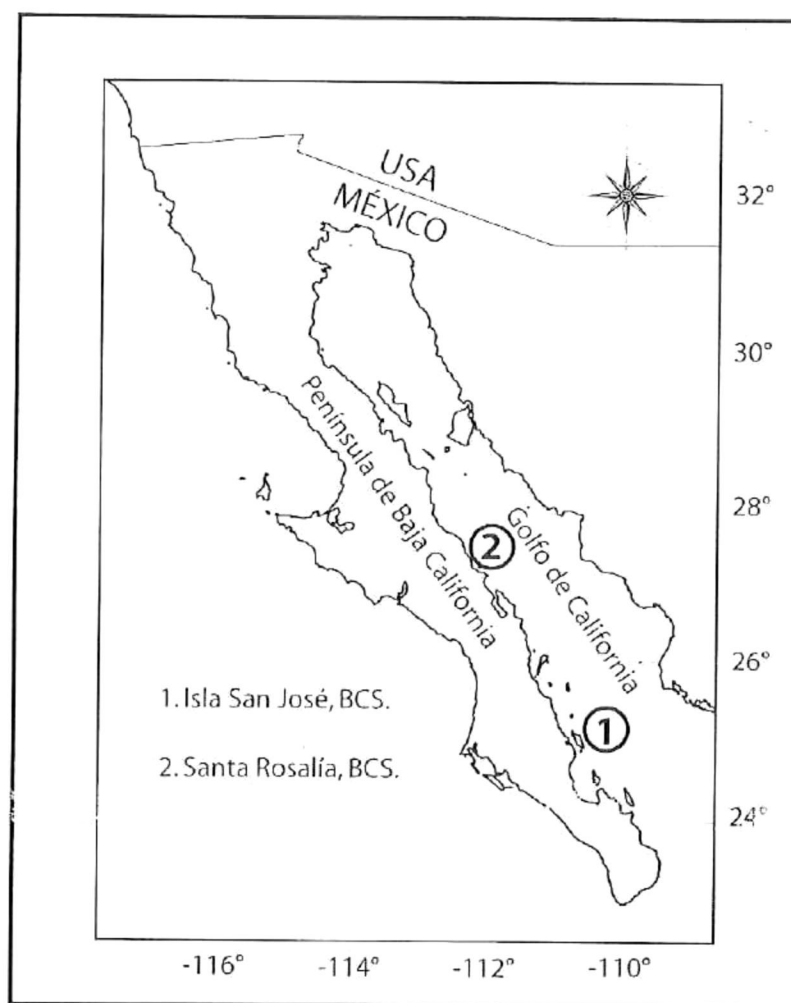


Figura 2. Área de estudio mostrando las localidades de colecta: Isla San José (1) y Santa Rosalía (2), Baja California Sur. Mapa vectorizado de imagen de Nasa Visible earth.

3.2. Unidad de Arenisca Estratificada, subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur

Isla San José se encuentra al suroeste del Golfo de California, aproximadamente a 100 kilómetros al noroeste de la Ciudad de La Paz, México (figura 3). Entre los primeros estudios sobre la geología y paleontología de la isla, son los realizados por Anderson (1950) y Durham (1950), durante un crucero científico al Golfo de California organizado en la goleta E.W. SCRIPPS en 1940. La compleja evolución geológica y tectónica del Golfo de California se refleja en la geología de la isla, la cual está dominada por la presencia de rocas graníticas del cretácico (Puy-Alquiza, 1992). En la parte sur de la isla el granito está cubierto por rocas volcánicas y sedimentarias del Grupo Comondú del Oligoceno al Mioceno (Hausback, 1984; Umhoefer et al., 2001). En general en el margen oeste del Golfo de California, las rocas de mayor exposición son de edad Mioceno tardío a Plioceno, tal como ocurre en el margen este de la isla San José.

En la isla, se encuentran dos subcuencas sedimentarias de origen transtensional: Palma Sola y Punta Colorada. Punta Colorada (figura 3) se ubica en la parte central-este, con un área aproximada de 12 km² (Ruiz-Geraldo, 2005; Umhoefer et al., 2007).

En la localidad Los Placeritos ($25^{\circ} 00' N$ y $110^{\circ} 34' W$) (figura 3), donde los restos fósiles de dos delfines fueron encontrados, aflora la unidad estratigráfica de arenisca estratificada (AE) (Ruiz-Geraldo, 2005), ó "Bedded shelly sandstone (bs)", con sedimentos de edad Plioceno Inferior (*circa* 3.6 a 2.5 Ma) (Umhoefer et al., 2007). Esta unidad posee un grosor de más de 300 metros y ha sidio descrita como una limolita beige y roja con una arenisca calcarenita de grano fino, intensamente bioturbada; alternando con capas ricas en conchas de bivalvos y lentes, estratificación cruzada (Umhoefer et al., 2007).

La unidad estratigráfica donde dos cráneos fósiles y otros huesos asociados fueron descubiertos (figura 3, S1 y S2) ha sido erróneamente reconocida por algunos autores como parte de la Formación Salada que pertenece al sector centro-este del Estado, en la parte peninsular (por ejemplo: Anderson, 1950; Puy-Alquiza, 1992; Bustamante-García, 1999).

La litología de la unidad AE (bs) (figura 3) incluye algunas zonas de arenisca rica en bioclastos con gran abundancia de bivalvos pectínidos, fragmentos de balanos, ostiones, espinas dérmicas de erizos, dientes de tiburón, restos de tortugas marinas y cetáceos Mysticeti (Ruiz-Geraldo, 2005; Aguirre-Fernández, 2006). Umhoefer et al. (2007) interpretan esta unidad como una zona de plataforma interna, con condiciones de energía variables. Las capas ricas en conchas provienen de tormentas.

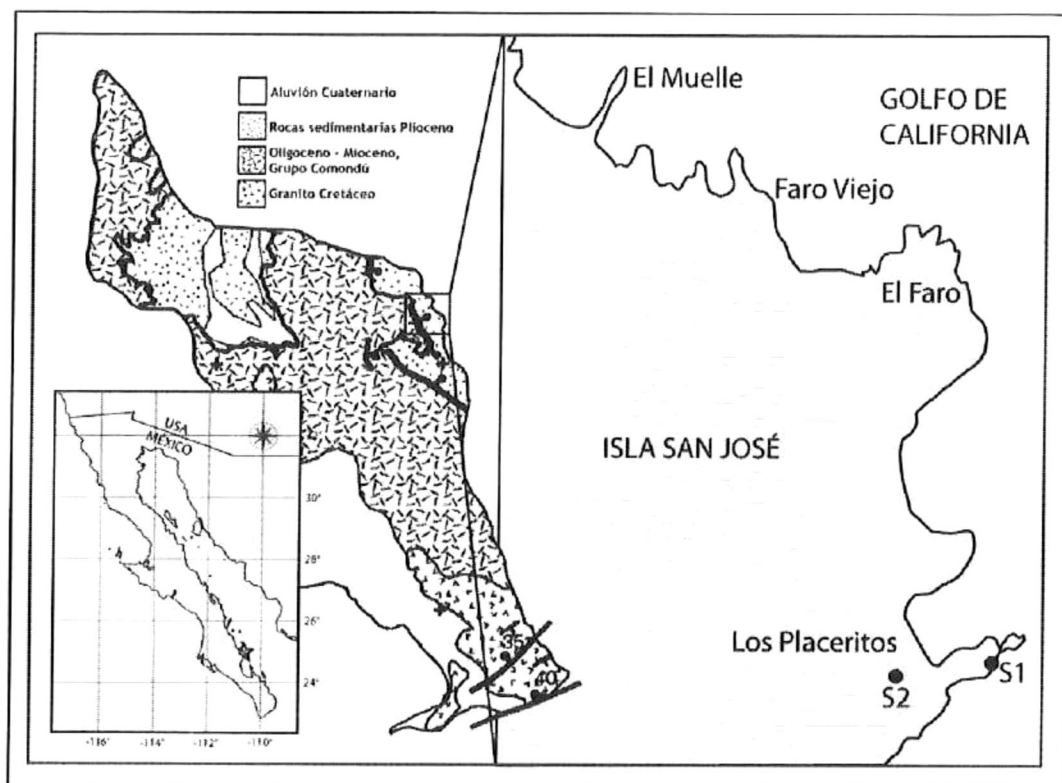


Figura 3. Los Placeritos, Isla San José, BCS. Mapa vectorizado de imagen de Google Earth, información geológica de Umhoefer et al. (2007).

3.3. Formación Tirabuzón (localidad IGM 81) y Formación Infierno (localidad IGM 366), Santa Rosalía, Baja California Sur

Formación Tirabuzón (Carreño, 1981) es el nombre que ha reemplazado a la anteriormente llamada Formación Gloria, donde afloran sedimentos de edad Plioceno Temprano (*circa* 4 a 3 Ma) y se expone sobre la costa oeste del Golfo de California. La sección tipo "Loma del Tirabuzón" ("Corkscrew Hill") se encuentra a 5 km al norte de Santa Rosalía, Baja California Sur (S3, figura 4), al oeste de la Carretera Federal No. 1 (Applegate y Espinosa-Arrubarrena,

1981; Wilson, 1985; Flores-Olvera y Barnes, 1991; Barnes, 1998; Barnes 2002b).

Se ha publicado la presencia en el ensamble fósil de microfósiles, invertebrados (Carreño, 1981), foraminíferos, ostrácodos, briozoarios, gasterópodos, pelecípodos, equinodermos, peces, tiburones, tortugas y varios tipos de Cetacea (principalmente representados por perióticos y algunos huesos postcraneales) (Applegate y Espinosa-Arrubarrena, 1981; Flores-Olvera y Barnes, 1991). El ensamble de vertebrados de la Formación Tirabuzón fue nombrado Fauna Local de Santa Rosalía por Barnes (1998), e incluye un pequeño lobo marino Otariinae, una o más especies de misticetos Balaenopteridae, un delfín Pontoporiine, una marsopa Phocoenidae, abundantes Delphinidae, un cachalote pigmeo (relacionado a las especies actuales del cachalote pigmeo, género *Kogia*) y otro tipo de cachalote pigmeo de la familia Kogiidae. Los especímenes pertenecientes a la familia Delphinidae que forman parte de este ensamble se encuentran en las colecciones IGM (localidades 82, 366) y LACM (localidad 6597) (Barnes, 1998, 2002b).

Wilson (1985) señala que la formación puede ser dividida en las siguientes unidades: La unidad más baja (27.5 m de espesor) es una arenisca que contiene conchas de pectínidos, ostiones, balanos, espinas de equinoideos y los tubos de *Gyrolithes*. A esta capa se sobrepone una capa de arenisca limosa

de entre 0.6 y 0.9 m que contiene **numerosos huesos de mamíferos marinos**, dientes de tiburones, moldes de moluscos y las entradas de los sistemas de madrigueras *Gyrolithes*. Encima recae una pizarra de unos 23 m de espesor con moldes de pequeños bivalvos marinos y por último se encuentra una terraza marina del Pleistoceno (nombrada Formación Santa Rosalía en Smith, 1991) compuesta de cantos rodados con algunos moluscos (figura 5). La sedimentación continuó durante el Plioceno, con una discordancia que sobreyace a la Formación Tirabuzón y corresponde a Plioceno Medio (circa 3 a 2 Ma) nombrada Formación Infierno (IGM 366) (Smith, 1991; Holt et al., 2000) (figura 5).

A lo largo del margen oeste del Golfo de California se observan extensos afloramientos de estratos del Mioceno y Plioceno en las cuencas de San José del Cabo, Isla San José, Isla del Carmen, Loreto (Umhoefer et al. 2007) y Santa Rosalía. Todas estas cuencas se formaron de forma sincrónica al inicio del sistema de transformación-extensión de cordilleras actual (Umhoefer et al, 2007).

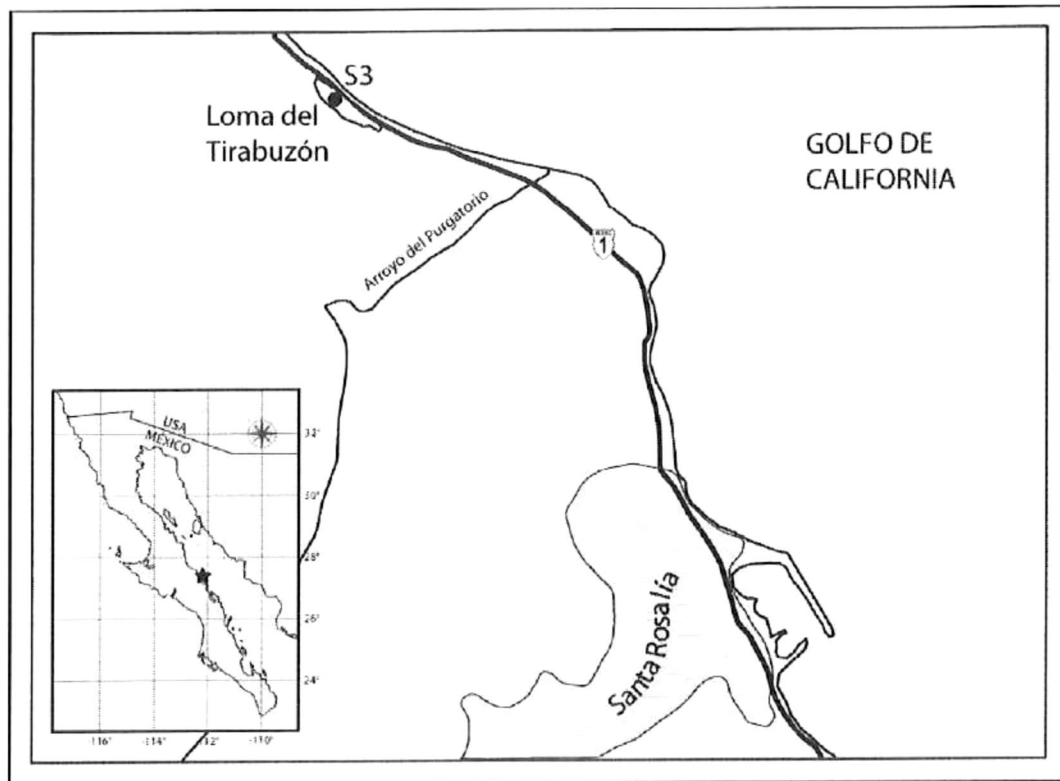


Figura 4. Formación Tirabuzón, Santa Rosalía, BCS. Mapa vectorizado de imagen de Google Earth.

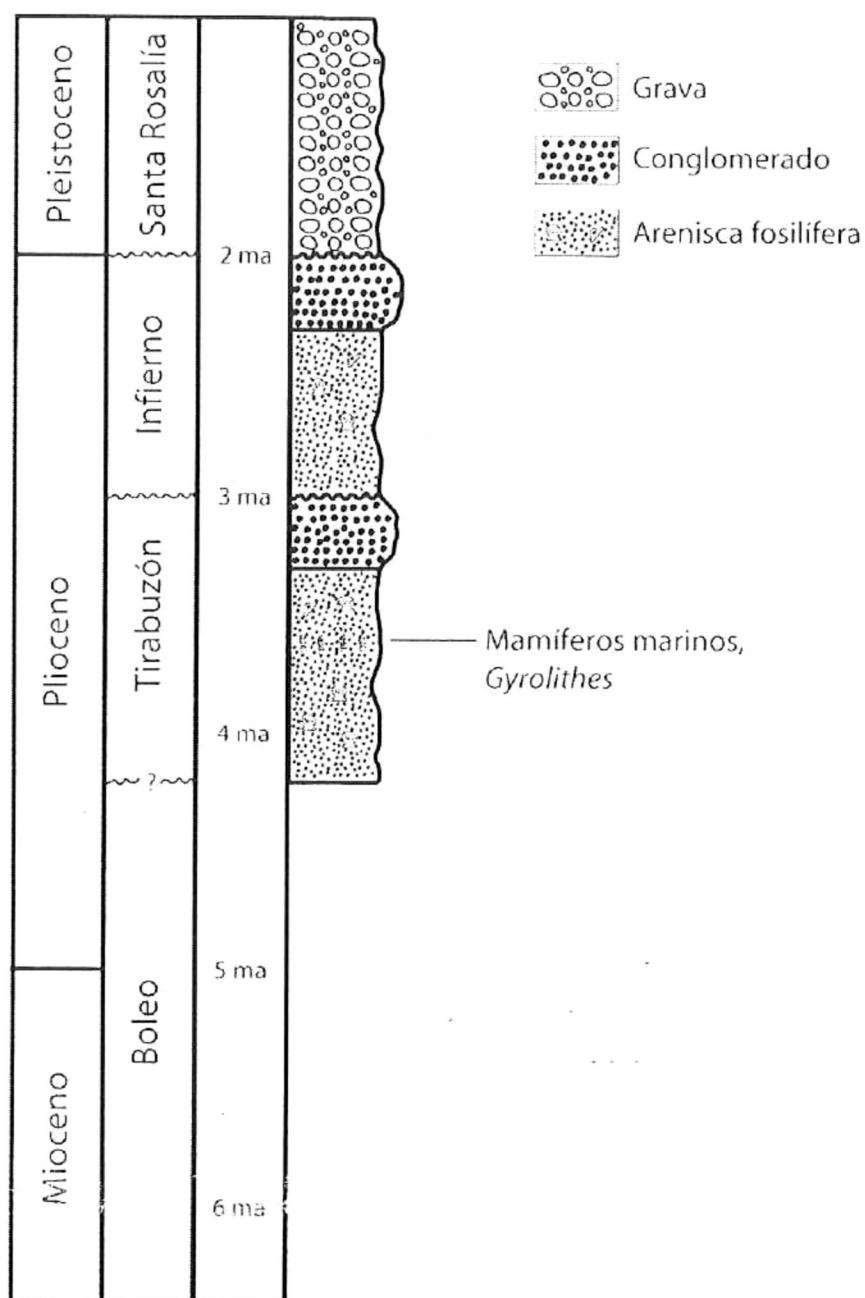


Figura 5. Perfil estratigráfico general de Santa Rosalía, Baja California Sur, modificado de Wilson (1985) y Holt et al. (2000), correlación y fechamiento de formaciones de Smith (1991).

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

El propósito de este estudio es describir y realizar un análisis sistemático de todos los ejemplares conocidos de la familia Delphinidae pertenecientes al Plioceno del Golfo de California, México.

4.2. Objetivos particulares

1. Describir anatómicamente todos los ejemplares conocidos de la familia Delphinidae del Plioceno del Golfo de California.
2. Establecer las relaciones filogenéticas del material fósil a la mayor resolución posible.
3. Realizar un análisis filogenético asistido por computadora que establezca las relaciones filogenéticas de dos cráneos de Delphinidae fósiles y con otras especies vivientes de la misma familia.

5. Hipótesis

Los cráneos encontrados en Isla San José presentan características de importancia filogenética y pertenecen a nuevas especies de la familia Delphinidae. Los perióticos aislados pueden contribuir con nueva información sobre aspectos paleoclimáticos y paleoecológicos.

6. Metodología

6.1. Acrónimos

CNMA	Colección Nacional de Mamíferos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México.
FCM	Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.
IGC	Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, Dirección Baja California Sur, México.
IGM	Colección Nacional de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México.
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro Baja California Sur, México.
LACM	Departamento de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural del Condado de Los Ángeles, Los Ángeles, California, EUA.
UABC	Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.
UABCS	Museo de Historia Natural, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

6.2. Material de estudio

6.2.1. Colección UABCS

Los ejemplares UABCS/ISJ/3008 (Aguirre-Fernández, 2006) y UABCS/ISJ/3009 fueron encontrados en Isla San José (ver apartado 3.2 para información sobre el área) durante dos diferentes expediciones organizadas por el Museo de Historia Natural del Condado de Los Angeles al Golfo de California a bordo de la embarcación "Don José" con sede en La Paz, Baja California Sur.

El ejemplar UABCS/ISJ/3008 fue descubierto en Marzo del 2003 por el Dr. John M. Harris, Jorge Fernández Rivera, Dr. Lawrence G. Barnes y Diana M. Weir. Después de los trámites necesarios y con el apoyo del INAH e IGC, en Junio del 2003 los restos fósiles fueron extraídos por el Geól. Jorge Raúl Fernández Rivera y el Biól. Mar. Onofre Gerardo Pérez López, estudiantes adscritos al Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. La extracción se llevó a cabo en dos días y se utilizaron cinceles, picas de geólogo, una barra de metal y pico. Para su transportación se usaron bolsas de plástico con cápsulas de aire.

El ejemplar UABCS/ISJ/3009 fue descubierto en una expedición anterior organizada por el Museo de Historia Natural de Los Angeles en 2001; en el

hallazgo participaron el Dr. Lawrence G. Barnes, Louise Barnes y Brian Beatty. Los restos de este ejemplar fueron extraídos en abril del 2001 y llevados a la UABC, donde se realizaron los trabajos de preparación y posteriormente fue enviado al INAH, institución que lo canalizó a la UABCS.

Ambos ejemplares están al cuidado del INAH y la UABCS. Se realizaron cinco réplicas de resina de cada cráneo en el Laboratorio de Paleontología, FCM: una de las réplicas de UABCS/ISJ/3008 fue depositada exactamente en el lugar donde fue descubierta y el resto de las réplicas de ambos ejemplares fueron entregadas a las colecciones de las siguientes instituciones: INAH, UABC, UABCS, LACM.

6.2.2. Colecciones del Museo de Historia Natural de Los Angeles

Se realizó una estancia de tres semanas en el Museo de Historia Natural del Condado de Los Angeles en febrero del 2008. Durante este tiempo, se tomaron más de 200 fotografías de 31 especímenes de cetáceos fósiles y actuales.

Los objetivos principales de la visita fueron documentar, medir, fotografiar y analizar los 48 restos fósiles catalogados en la colección de LACM que pertenecen a la Formación Tirabuzón (figura 4).

Los perióticos de LACM ya habían sido identificados durante un proyecto de tesis de licenciatura; parte de la información generada fue presentada en la XVI Reunión de la Sociedad Mexicana para el Estudio de los Mamíferos Marinos y está publicada en el resumen del congreso (Flores-Olvera y Barnes, 1991). Para este trabajo, se hizo una nueva identificación de cada periótico, tomando las medidas pertinentes (ver tabla III, figuras 8 y 9) y fotografías en tres vistas: dorsal, ventral y medial.

Un segundo objetivo de la visita consistió en generar una colección fotográfica de ejemplares de cetáceos (principalmente Delphinidae) que pudiera servir de referencia para este y otros trabajos: la colección de fósiles de mamíferos marinos de LACM es la segunda más grande de Norteamérica, sólo por debajo del National Museum of Natural History of the Smithsonian Institution. En la colección de mamíferos recientes del LACM, el ensamble de especímenes de mamíferos marinos es el segundo más grande del mundo.

6.2.3. Colecciones de la Universidad Nacional Autónoma de México

Durante abril del 2008, se realizó una estancia de dos semanas, visitando la Colección Nacional de Paleontología (IGM) y Colección Nacional de Mamíferos (CNMA), con objetivos muy similares a los de la visita a LACM: crear una colección fotográfica de referencia de material importante para las

comparaciones anatómicas y buscar más material fósil de la familia Delphinidae en las localidades del Golfo de California que alberga la Colección Nacional de Paleontología. Las únicas referencias (Barnes 1998, 2002b) sobre ejemplares identificados como familia Delphinidae mencionan piezas colectadas en la Formación Tirabuzón (localidad IGM 81) pertenecientes a la colección IGM; sin embargo, no se menciona cuantas son y nunca han sido descritas. Los perióticos identificados fueron separados, numerados y se tomaron las medidas correspondientes (ver tabla III, figuras 8 y 9). Por último, cada ejemplar fue fotografiado en tres vistas: dorsal, ventral y medial.

Ambas colecciones son las más grandes e importantes del país en su categoría: La Colección Nacional de Paleontología cuenta con un acervo de 300 mil fósiles provenientes de todo el mundo y su colección de tipos posee 9 mil ejemplares; la Colección Nacional de Mamíferos tiene representado el 90% de la especies de mamíferos de México que se conocen actualmente y el acervo cuenta con 41 mil ejemplares catalogados.

6.3. Análisis anatómico

6.3.1. Cráneos

La toma de medidas de los cráneos fue hecha de acuerdo al protocolo establecido por Perrin (1975), ya que ha sido ampliamente usado por otros autores que han incorporado mediciones entre sus metodologías (por ejemplo Miyazaki y Amano, 1994; Bianucci, 1996; Turner y Worthy, 2003). La descripción de estas medidas se describe en la tabla II y las figuras 6 y 7.

Tabla II. Medidas craneales, según Perrin (1975), referencia a figuras 6 y 7.

1	Longitud condilobasal
2	Longitud del rostro
3	Anchura del rostro en su base
4	Anchura del rostro a 60 mm anterior a la línea que cruza los límites posteriores de las muescas anterorbitales
5	Anchura del rostro a la mitad de la longitud
6	Anchura de los premaxilares a la mitad de la longitud del rostro
7	Anchura del rostro a 3/4 de la longitud, medido desde el extremo posterior
8	Distancia de la punta del rostro a las narinas externas (al punto medio del margen transversal anterior de la narina derecha)
9	Distancia de la punta del rostro a las narinas internas (al punto medio del margen posterior del pterigoides derecho)
10	Anchura preorbital máxima
11	Anchura postorbital máxima
12	Anchura supraorbital mínima
13	Anchura máxima de las narinas externas
14	Anchura máxima a través de los procesos zigomáticos del escamoso
15	Anchura máxima de los premaxilares
16	Anchura parietal máxima, dentro de las fosas postemporales
17	Altura vertical externa de la caja craneal desde la línea media del basiesfenoides al ápice del supraoccipital, pero sin incluir la cresta supraoccipital*
18	Longitud interna de la caja craneal desde el límite posterior de los cóndilos occipitales al límite delantero de la cavidad craneal a lo largo de la línea media*
19	Longitud máxima de la fosa posttemporal, medida al margen externo de la sutura elevada
20	Anchura máxima de la fosa posttemporal, medida al margen externo de la sutura elevada

Tabla II (continuación).- Medidas craneales, según Perrin (1975), referencia a figuras 6 y 7.

21	Diámetro máximo de la fosa temporal izquierda
22	Diámetro mínimo de la fosa temporal izquierda
23	Proyección de los maxilares más allá de los maxilares, medidos desde la punta del rostro a la línea que pasa a través de las puntas más cercanas de los maxilares que se puedan ver en vista dorsal
24	Distancia desde la parte más anterior de la unión entre los nasales al punto más posterior del margen de la cresta supraoccipital
25	Longitud del ápice en forma de órbita del proceso preorbital del frontal al ápice del proceso postorbital
26	Longitud del proceso anteorbital del lacrimal izquierdo
27	Anchura máxima de las narinas internas
28	Longitud máxima del pterigoide izquierdo
29	Anchura máxima de la saliente anterior de la cresta supraoccipital
30	Longitud máxima de la bula del timpanoperiotico izquierdo
31	Longitud máxima del periótico del timpanoperiotico izquierdo
32	Longitud de la fila superior izquierda de dientes
33	Número de dientes de la fila superior izquierda
34	Número de dientes de la fila superior derecha
35	Número de dientes de la fila inferior izquierda
36	Número de dientes de la fila inferior derecha
37	Longitud de la fila inferior izquierda de dientes
38	Longitud máxima del dentario izquierdo
39	Altura máxima del dentario izquierdo en ángulo recto a la longitud máxima
40	Longitud de la fosa mandibular izquierda, medida hacia el borde medio de la superficie interna del cóndilo.
41	Desviación del cráneo por asimetría en vista dorsal, en grados.
42	Ancho del alveolo más cercano a la línea media del rostro*

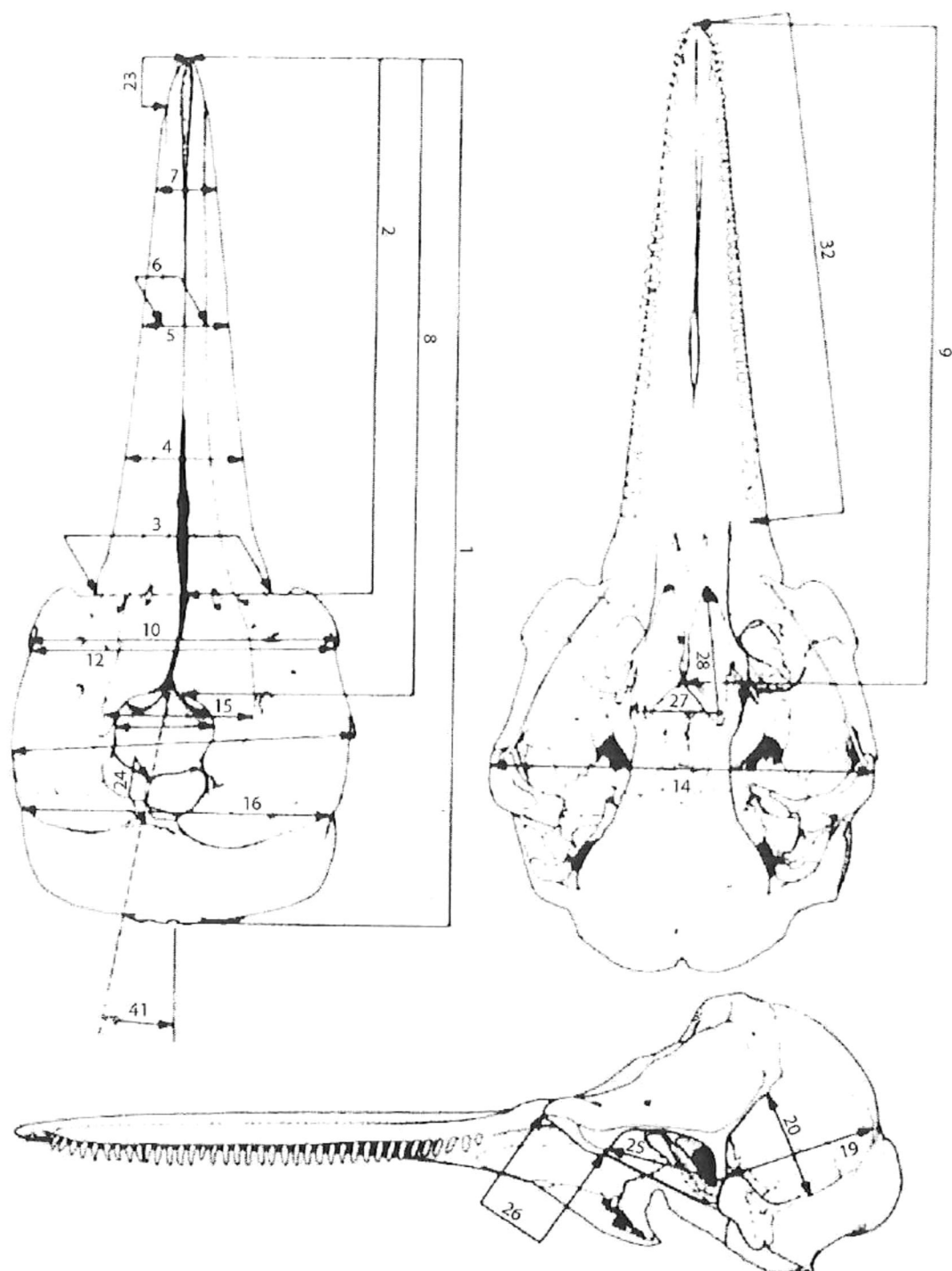


Figura 6. Medidas del cráneo ejemplificadas en un cráneo de *Stenella*, tomadas de Perrin (1975), los números hacen referencia a la Tabla I.

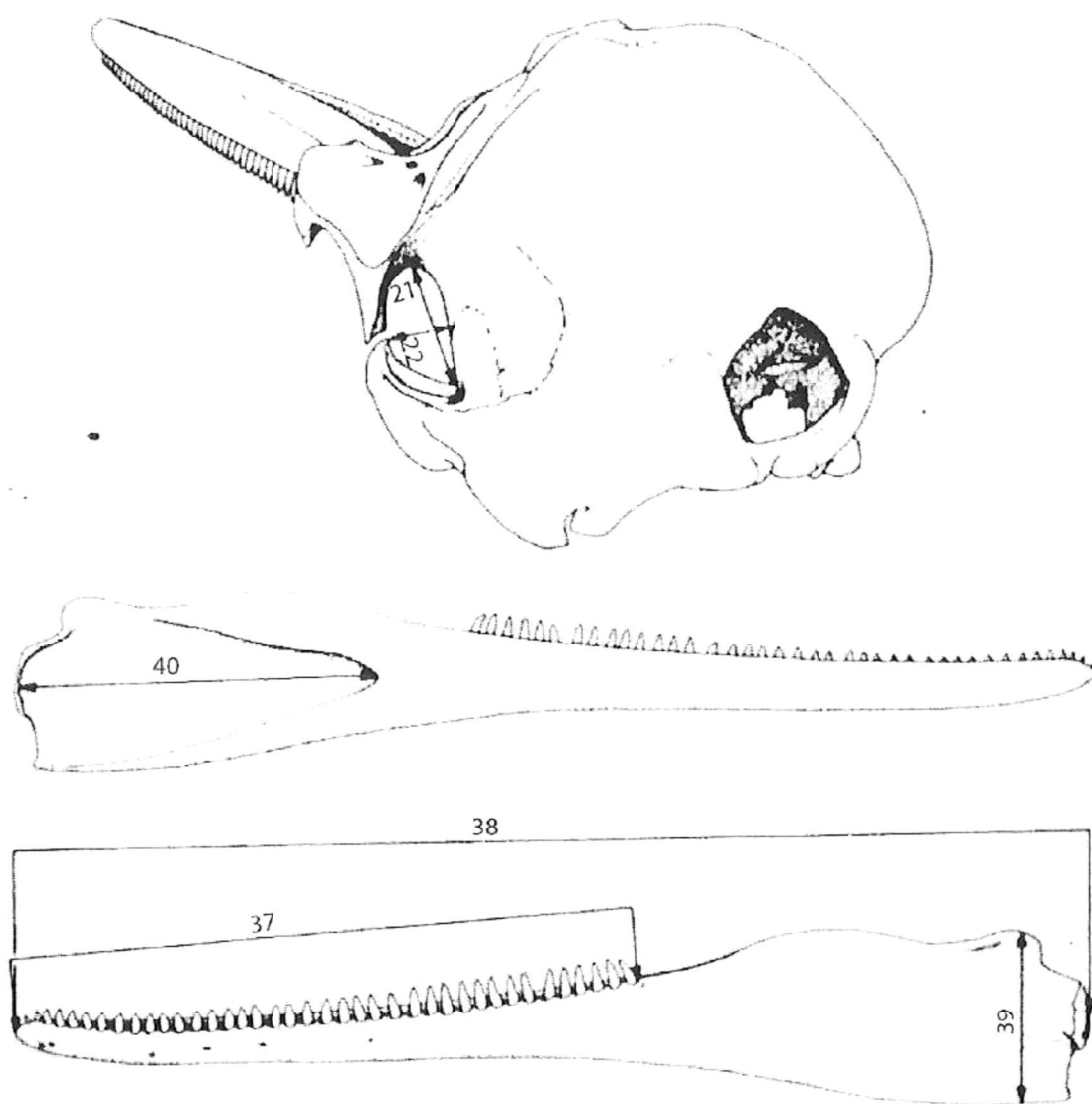


Figura 7. Medidas del cráneo, ejemplificadas en un cráneo de *Stenella* (continuación), tomadas de Perrin (1975), los números hacen referencia a la Tabla I.

6.3.2. Perióticos

La terminología y metodología de medición para huesos perióticos que se utilizó en las descripciones sistemáticas es la propuesta por Bianucci (1996), la cual está basada en Kasuya (1973) y está descrita en la tabla III e ilustrada en la figura 8. Se incluyen algunos términos traducidos al español en Flores-Trujillo (2002).

Tabla III. Medidas de los huesos del oído según Bianucci (1996), referencia a figura 8.

1	Mayor longitud del periótico
2	Mayor anchura del periótico
3	Anchura del periótico al nivel de la apertura timpánica superior
4	Mayor grosor del periótico
5	Grosor del periótico al nivel de la apertura timpánica superior
6	Longitud del <i>pars cochlearis</i>
7	Grosor del <i>pars cochlearis</i>
8	Longitud del proceso anterior del periótico
9	Longitud del proceso posterior del periótico
10	Longitud de la hendidura ventral del periótico
11	Mayor longitud del timpánico
12	Mayor anchura del timpánico
13	Longitud del lóbulo medio del timpánico
14	Longitud del lóbulo lateral del timpánico

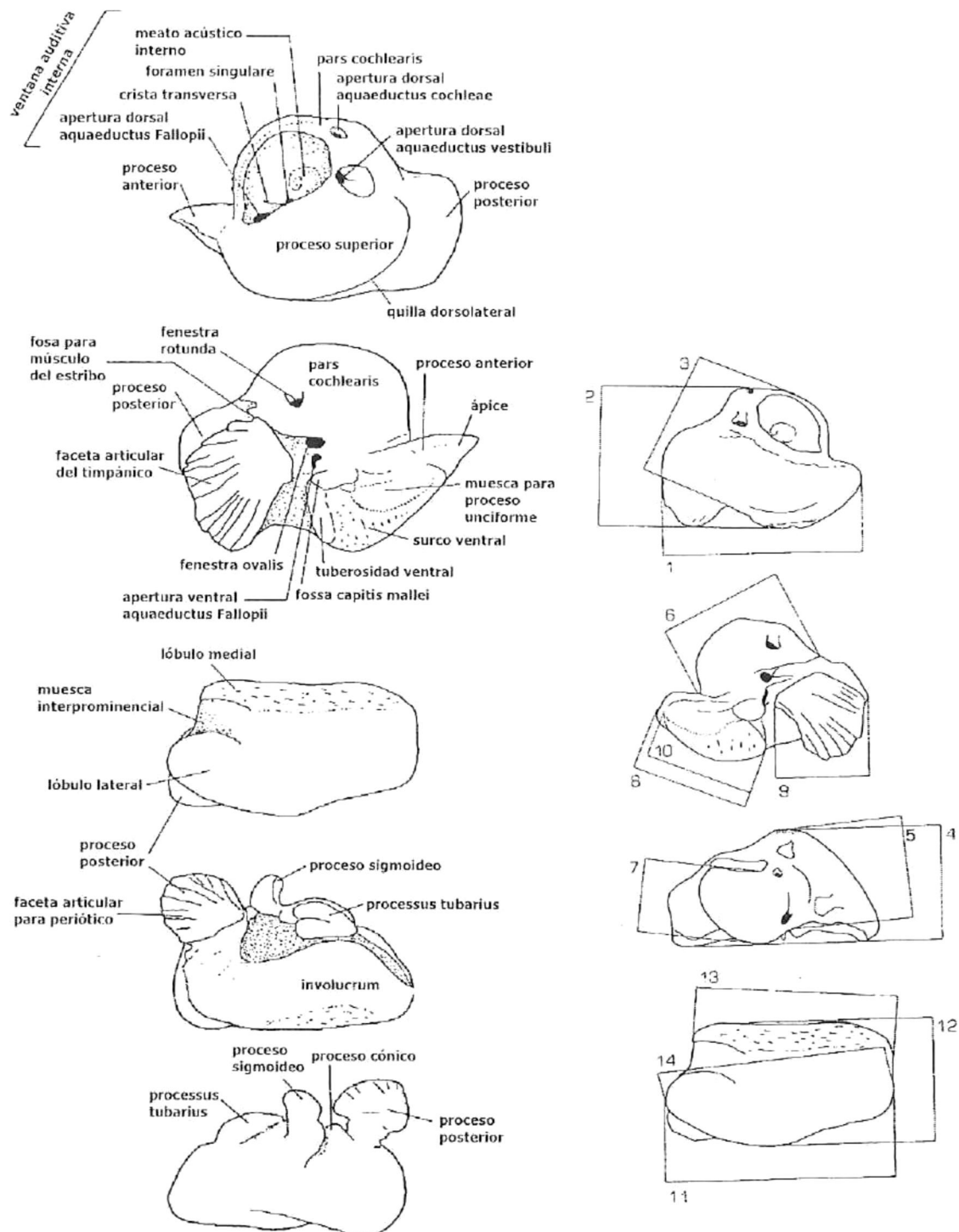


Figura 8. Terminología y medición de los huesos del oído según Bianucci (1996).

6.3.4. Huesos postcraneales

Las medidas de los huesos postcraneales están basadas en Perrin (1975), se explican en la tabla IV y se ilustran en la figura 9.

Tabla IV. Medidas de los huesos postcraneales tomadas Perrin (1975), con referencia a figura 9.

1	Anchura máxima de la superficie de articulación del atlas
2	Altura del atlas – desde el margen anterodorsal interno del canal neural a la parte baja de la cara anterior del cuerpo
3	Longitud máxima de la espina neural del atlas
4	Longitud de la espina neural de la primer vértebra torácica - del margen anterodorsal del canal neural a la punta de la espina
5	Altura de la primer vértebra torácica - desde el margen anterodorsal interno del canal neural a la parte baja de la cara anterior del cuerpo
6	Anchura máxima de la primer vértebra torácica – a través de los procesos laterales
7	Longitud máxima de la costilla más larga
8	Anchura máxima del manubrio
9	Longitud del manubrio a lo largo de la línea media
10	Profundidad de la hendidura anterior del manubrio

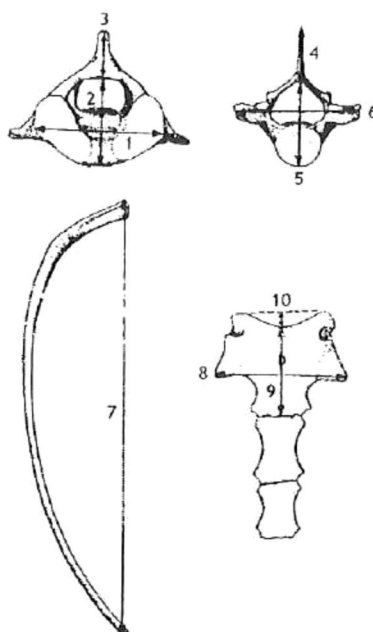


Figura 9. Mediciones de huesos postcraneales tomadas de Perrin (1975), los números hacen referencia a la tabla IV.

6.4. Comparación con otras especies

6.4.1. Cráneos

Para su uso en el análisis filogenético, se realizó una base de datos con medidas y características cualitativas de los cráneos UABCS/ISJ/3008, UABCS/ISJ/3009, siete especies vivientes de la familia Delphinidae y la especie tipo de la familia extinta Kentriodontidae: *Kentriodon pernix* (Kellogg, 1927). La información contenida en la base de datos se puede dividir en dos partes. Una parte fue tomada de publicaciones anteriores, usando en la mayoría de los casos como referencia las especies tipo de cada género que se usaría en el análisis filogenético: UABCS/ISJ/3008 (Aguirre-Fernández, 2006); *Delphinus delphis* (Heyning y Perrin, 1991); *Globicephala macrorhynchus* (Miyasaki y Amano, 1994; Bianucci, 2005); *Kentriodon pernix* (Kellogg, 1927); *Orcinus orca* (Tomilin, 1957; Aguirre-Fernández, 2006); género *Peponocephala* (Bianucci, 2005); género *Pseudorca* (Bianucci, 2005); *Stenella attenuata* (Perrin et al., 1987); *Tursiops truncatus* (Aguirre-Fernández, 2006). La otra parte de la información fue obtenida de forma directa durante las estancias en las colecciones de CNMA y LACM.

6.4.2. Perióticos

No se intentará en esta disertación una asignación sistemática a nivel especie de los huesos auditivos aislados; sin embargo, se establecerán grupos de morfotipos relacionados a géneros actuales. La dificultad para distinguir entre especies actuales de la familia Delphinidae utilizando sólo los huesos perióticos ha sido manifestada por Kasuya (1973); Bianucci (1996) rechaza la determinación sistemática de los huesos auditivos aislados.

La identificación de morfotipos de huesos perióticos se basó en la clave taxonómica de Kasuya (1973), las observaciones de Bianucci (1996; 2005), Flores-Trujillo (2002), Whitmore y Kaltenbach (2008).

6.5. Establecimiento de caracteres diagnósticos y su polaridad

6.5.1. Cráneos

La mayoría de los caracteres taxonómicos utilizados para el análisis filogenético provienen de las ideas desarrolladas por de Muizon (1988a), Barnes (1990) y Bianucci (2001, 2005). Se usó en el análisis filogenético la mayor cantidad de características preservadas en los cráneos tratando de evitar el abuso de caracteres morfológicos relacionados con la alimentación, el

cual ha sido asociado a presencia de homoplasia en los miembros de la familia Delphinidae (Bianucci, 1996; LeDuc et al., 1999; Bianucci, 2005).

El presente trabajo asume la hipótesis de que la familia Kentriodontidae pudo haber dado origen a la familia Delphinidae (Barnes 2002a, Aguirre-Fernández, 2006). Por consiguiente, el holotipo de la familia Kentriodontidae, *Kentriodon pernix* se establece *a priori* como grupo externo (outgroup) y sus caracteres son considerados plesiomórficos o ancestrales.

A continuación se presenta la lista de los caracteres (y estados de carácter) considerados en el presente estudio; (0)= estado plesiomórfico; (1) estado apomórfico; y (2)= estado apomórfico alternativo:

Rostro

1. Longitud del rostro: (0) muy alargado (>60% de la longitud condilobasal); (1) alargado (60-55% de la longitud condilobasal); (2) corto (<55% de la longitud condilobasal) (Bianucci, 2005).
2. Las premaxilas en el ápice del rostro: (0) se estrechan; (1) poseen márgenes laterales paralelos o que divergen (mod. de Bianucci, 2005).
3. Superficie dorsal de las premaxilas en la porción anterior del rostro: (0) abultada; (1) aplanada (mod. de Bianucci, 2005).

4. Anchura premaxilar a la mitad del rostro en función de CBL: (0) angosta (<10%); (1) media (10-15%); (2) ancha (>15%).
5. Margen lateral del rostro: (0) cóncavo; (1) convexo (Bianucci, 2001).
6. Anchura del rostro a la mitad de su longitud: (0) muy angosto (<10% de su longitud condilobasal); (1) angosto (10-20% de su longitud condilobasal); (2) ancho (>20% de su longitud condilobasal) (mod. de Barnes, 1990).
7. Rugosidades en el extremo apical de la premaxila: (0) ausentes; (1) presentes.

Neurocráneo

8. Proceso anteorbital: (0) delgado y triangular; (1) robusto y globoso (Bianucci, 2005).
9. Muesca anteorbital profunda y ancha: (0) no; (1) sí (Bianucci, 2005).
10. Anchura cigomática como porcentaje de la longitud condilobasal: (0) <45%; (1) 45% o > (mod. de Barnes, 1990).
11. Vértice craneal torcido asimétricamente hacia el lado izquierdo: (0) no; (1) sí (Barnes, 1990; Bianucci, 2005).
12. Extremo posterior de la premaxila izquierda siempre más estrecho y corto que el derecho y retraído anteriormente lejos del extremo anterolateral del nasal izquierdo: (0) no; (1) sí (Barnes, 1990; Bianucci, 2005).
13. Desarrollo de una lámina mesetmoidea que sobresale por encima de las fosas nasales y un consecuente aplastamiento de los nasales: (0) no; (1) sí (de Muizon, 1988a; Barnes, 1990; Bianucci, 2005).

Dientes

14. Número de dientes en cada fila dental superior: (0) >28; (1) 28-20; (2) <20 (mod. de Bianucci, 2005).
15. Anchura del alveolo dental a la mitad del rostro: (0) pequeño (<2% CBL); (1) grande (2% o >).
16. Incremento en el número de los dientes: (0) no; (1) sí (Barnes, 1990; Bianucci, 1996).
17. Decremento en el tamaño de los dientes: (0) no; (1) sí. (Bianucci, 2005).

Seno ventral

18. Crecimiento del seno aéreo anterior: (0) no; (1) sí (de Muizon, 1988a; Bianucci, 1996).
19. Ensanchamiento de los ápices de los lóbulos pre- y postorbital del seno pterigoideo con tendencia a fusionarse e insertar el nervio óptico en un canal: (0) no (1) sí (de Muizon, 1988a; Bianucci, 2005).
20. Ápice del seno medio lobulado y con bordes irregulares: (0) no (1) sí (de Muizon, 1988a; Bianucci, 2005).
21. Expansión suplementaria del seno pterigoideo en la región esenoidea: (0) no (1) sí (de Muizon, 1988a; Bianucci, 2005).

6.5.2. Perióticos

Como fue mencionado, no se realizará un análisis filogenético de los perióticos. El análisis comparativo de morfotipos se basa en cuatro características sobresalientes: a) el tamaño de los perióticos; b) el tamaño de la ventana auditiva interna; c) las características de la faceta articular del timpánico; y d) la forma del espacio que se encuentra entre el proceso posterior y el *pars cochlearis*.

6.6. Análisis filogenético

Se realizó un análisis asistido por computadora utilizando PAUP* versión 4.0 b10 (Swofford, 2002) utilizando exclusivamente características craneales. Se incluyeron 21 caracteres diagnósticos en 10 taxa: los dos cráneos fósiles de Isla San José y otras ocho especies (tabla V). Los géneros que aparecen en el análisis representan a sus especies tipo: *Kentriodon pernix*, *Orcinus orca*, *Peponocephala electra*, *Globicephala macrorhynchus*, *Pseudorca crassidens*, *Tursiops truncatus*, *Delphinus delphis*, *Stenella attenuata*.

Tabla V. Matriz de carácter-taxón usada en el análisis cladístico. 0, estado plesiomórfico; 1 y 2, estados apomórficos; ?, información no disponible.

Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>Kentriodon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orcinus</i>	2	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Peponocephala</i>	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Globicephala</i>	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudorca</i>	2	1	1	2	1	2	0	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tursiops</i>	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Delphinus</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Stenella</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
UABCS/ISJ/3008	1	1	0	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	?	?	?	?
UABCS/ISJ/3009	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	?	?	?	?

La opción de búsqueda utilizada fue "branch and bound", que al ser un método exacto, garantiza la obtención los cladogramas más cortos.

Los caracteres se trataron como ordenados (método de Wagner), asumiendo así que se presentan en una serie de transformación lineal. Se asignaron distintos valores a los estados de carácter de acuerdo al número posible de estados (binarios o multiestado) para igualar la influencia de cada carácter en el análisis:

- Los caracteres 2, 3, 5, 7 a 13, 15 a 21 tienen un peso de 100 pasos
- Los caracteres 1, 4, 6 y 14 tienen un peso de 50 pasos

Se estableció a *Kentriodon* como el grupo externo, asumiendo sus caracteres como plesiomórficos.

En las reconstrucciones de máxima parsimonia (MPRs), se reportan ambos métodos de optimización: a) por transformación acelerada (acctran), que asigna preferencia a un origen común seguido por reversiones; y b) por transformación retardada (deltran), que asigna preferencia a la aparición de paralelismos en la reconstrucción de caracteres (Forey et al., 1992; Swofford y Begle, 1993; Kitching et al., 1998).

6.7. Análisis sedimentario

Con el objetivo de aproximar la interpretación del ambiente de depósito de los fósiles UABCS/ISJ/3008 y UABCS/ISJ/3009, se realizó un análisis textural del sedimento según la metodología de Aranda (2001), Lewis y McConchie (1994):

Durante el pretratamiento se usaron tres muestras cuarteadas de aproximadamente 100 gramos del sedimento asociado a los fósiles de Isla San José (S1, figura 3) fueron disgregados en agua destilada, rompiendo las aglomeraciones de sedimento de forma mecánica. Las muestras segregadas fueron lavadas en agua destilada para remover las sales presentes en sedimentos marinos que alteran la dispersión de partículas. Una vez realizado el secado de las muestras, se realizó un tamizado de las muestras utilizando los tamices calibrados con tamaños de grano de 0 a 4 Φ (Krumbein y Sloss,

1963). Posteriormente, se pesó el material obtenido de cada tamiz en una balanza digital.

Los datos proporcionales de distribución de tamaño obtenidos fueron tratados con el análisis textural conocido como el "método de momentos", descrito en Friedman (1979). Las fórmulas verbales para la interpretación del análisis de momentos fueron tomadas de Lewis y McConchie (1994) y se basan en los parámetros de tamaño de grano de Folk y Ward (1957). Con estos resultados será posible inferir algunas características del ambiente de depósito.

7. Resultados

7.1. Descripción Sistemática

Superfamilia Delphinoidea (Gray, 1821) Flower, 1865

Familia Delphinidae Gray, 1821

Subfamilia Delphininae (Gray, 1821) Flower, 1867

Genus et species novum, cf. *Stenella* Gray, 1866

El ejemplar UABCS/ISJ/3009 se describe en esta disertación por primera vez. Pertenece a la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS (figuras 10 y 11).

Descripción y comparación del cráneo

Las medidas craneales más relevantes de este ejemplar se describen en la tabla VI, una lista con algunas medidas tomadas a este ejemplar se presenta en el anexo I.

Rostro

Rostro relativamente largo comparado con los representantes de la subfamilia Globicephalinae (*Orcinus*, *Peponocephala*, *Globicephala* y *Pseudorca*), de proporción similar al género *Tursiops*, no tan alargado como en *Delphinus*, *Stenella* y *Kentriodon*. Rostro relativamente angosto comparado con *Orcinus*, *Globicephala* y *Pseudorca*, de anchura similar a la que presentan los géneros *Peponocephala*, *Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella*, pero no tan angosto como el que se presenta en *Kentriodon*. El margen lateral del rostro en forma convexa es un carácter compartido con todos los miembros de la familia Delphinidae. La premaxila es estrecha comparada con *Orcinus*, *Peponocephala*, *Globicephala*, *Pseudorca* y *Tursiops*, pero de anchura cercana a los géneros *Kentriodon*, *Delphinus* y *Stenella*. Las premaxilas se estrechan en el ápice del rostro y presentan en su superficie dorsal anterior una forma abultada, similar a *Kentriodon*, *Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella*. La superficie ventral del palatino tiene una concavidad apenas notable para el seno anterior, como sucede en las especies actuales del género *Stenella*, contrario a la profunda fosa que se observa en las especies del género *Delphinus*. La superficie dorsal del rostro, anterior a las narinas, es plano, especialmente en las premaxilas y la maxila está situada más alta que la premaxila, esta característica es una apomorfía comparada con los géneros *Stenella* y *Delphinus*.

Neurocráneo

La anchura cigomática analizada como proporción de la longitud condilobasal en este ejemplar es la más pequeña de todas las especies comparadas en el análisis: es significativamente más pequeña que en los géneros *Orcinus*, *Peponocephala*, *Globicephala*, *Pseudorca* y *Tursiops*, pero cercana a la que presentan *Kentriodon*, *Delphinus* y *Stenella*. El proceso anteorbital es delgado y triangular, semejante a la forma que se observa en los géneros *Kentriodon*, *Peponocephala*, *Delphinus* y *Stenella*. En la región del neurocráneo, se observan varios caracteres compartidos por todos los géneros de la familia Delphinidae: el vértice craneal torcido asimétricamente hacia el lado izquierdo; el extremo posterior de la premaxila izquierda siempre más estrecho y corto que el derecho; el desarrollo de una lámina mesetmoidea que sobresale por encima de las fosas nasales y el aplastamiento de los nasales. Esta región del cráneo presenta un conjunto de caracteres pedomórficos: El extremo posterior de la premaxila no alcanza a la cresta nuchal, de tal forma que se expone una mayor porción del hueso frontal comparada con las especies de los géneros *Stenella* y *Delphinus*. El escudo occipital está más desarrollado y convexo que en las especies de los géneros *Stenella* y *Delphinus*. Ambos caracteres son apomórficos.

Dientes

A pesar de que no se preservaron los dientes en el ejemplar UABCS/ISJ/3009 y los alvéolos dentales difícilmente se distinguen, se puede inferir por la longitud del rostro y la anchura de algunos alvéolos dentales que este ejemplar poseía una cantidad grande de dientes (aproximadamente unos 30-50), similar a lo que se observa en *Kentriodon* y los géneros actuales *Delphinus* y *Stenella*. La anchura del alveolo dental de este ejemplar es pequeña, similar a la que se presenta en *Kentriodon*, *Delphinus* y *Stenella*. Respecto a *Tursiops*, este ejemplar al igual que *Stenella* y *Delphinus* presenta un incremento en el número de dientes y decremento en el tamaño de los dientes.

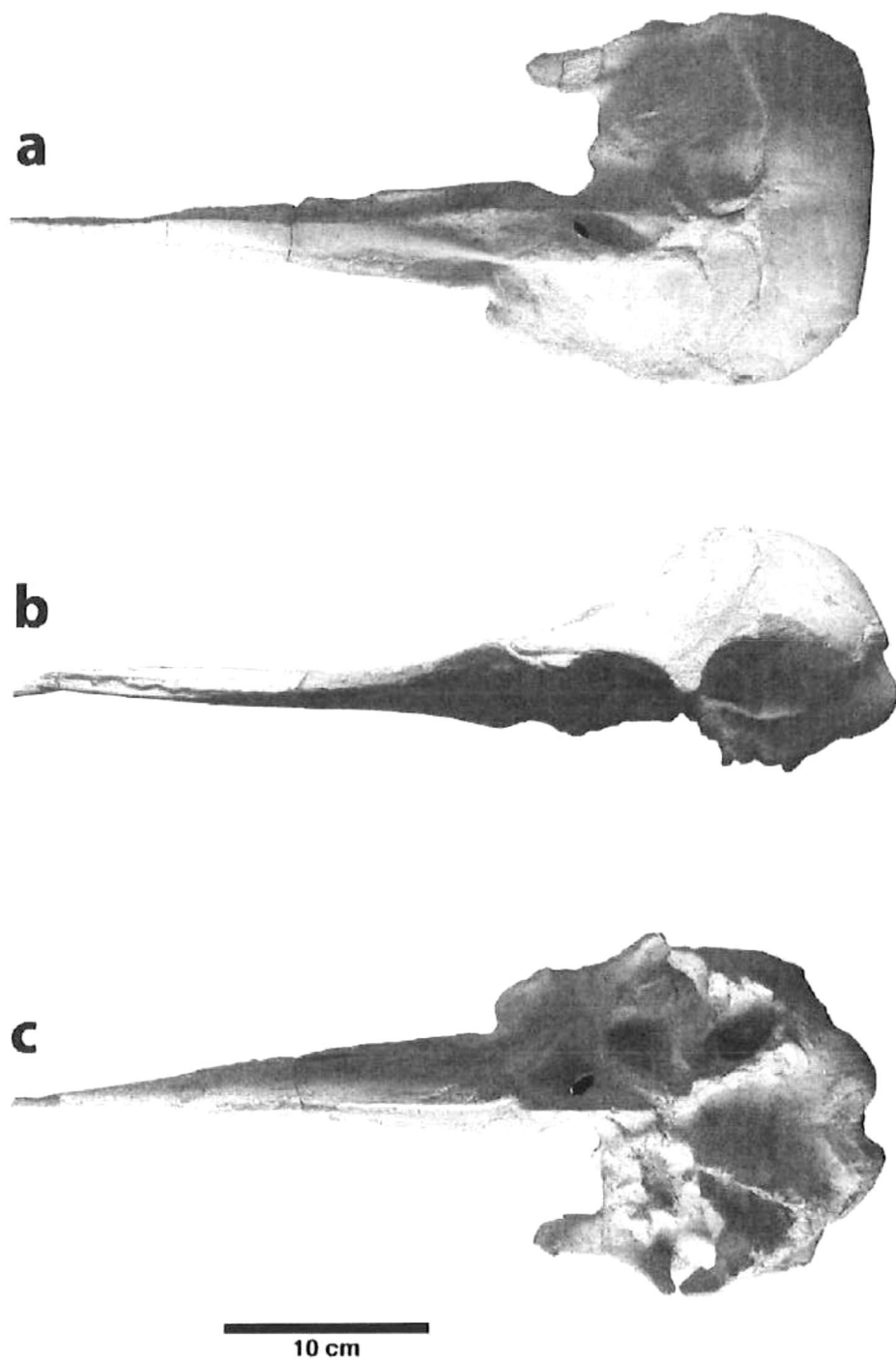


Figura 10. Cráneo de Delphininae, cf. *Stenella*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3009), (a) vista dorsal, (b) lateral izquierda y (c) ventral.

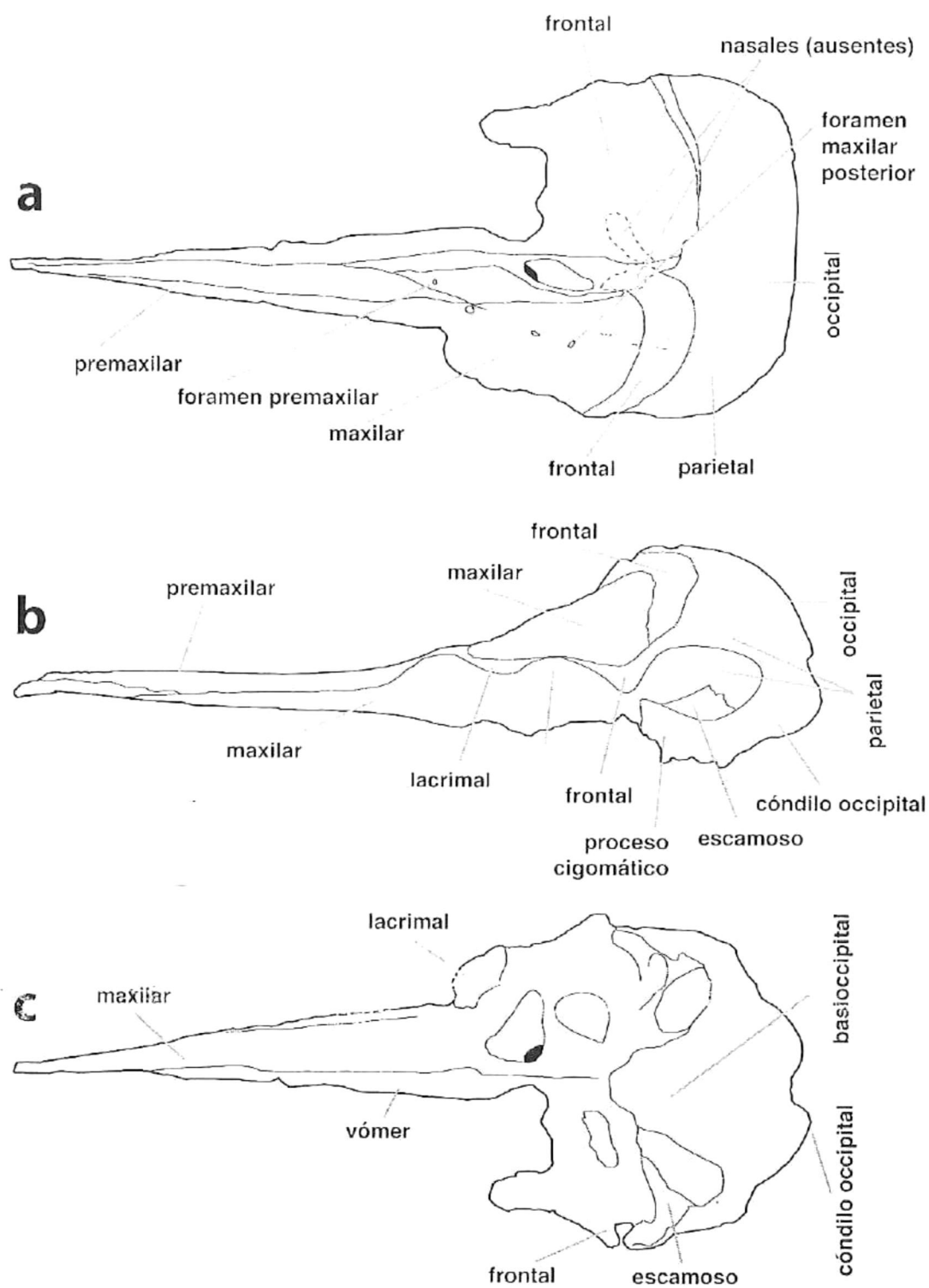


Figura 11. Esquema del cráneo de Delphininae, cf. *Stenella*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3009), (a) vista dorsal, (b) lateral izquierda y (c) ventral.

Tabla VI. Medidas craneales (cm) más representativas de Delphininae, cf. *Stenella*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3009).

Longitud condilobasal	36.8
Longitud del rostro	21.5
Anchura del rostro en su base	7.4
Anchura del rostro a la mitad de su longitud	4.6
Anchura de las premaxilas a la mitad de la longitud del rostro	3.2
Anchura máxima a través de los procesos cigomáticos	14
Anchura máxima de los premaxilares	4.4
Anchura del alveolo dental en la línea media del rostro	0.3

Material asociado del mismo individuo

La tabla VII describe las medidas tomadas al material postcraneal de este ejemplar y las publicadas para *Delphinus delphis* y *Stenella attenuata*.

Al igual que en *Delphinus* y *Stenella*, el atlas está fusionado al axis, pero no a la vértebra número 3 (figura 13). El atlas del ejemplar UABCS/ISJ/3009 posee dimensiones similares a las reportadas en *Stenella attenuata*, significativamente menores a las reportadas en *Delphinus delphis*. La anchura máxima de la superficie de articulación del atlas es de 7.7 cm, que cae dentro del rango de los 7.3 a 9 cm reportados para *Stenella attenuata* (Perrin et al., 1987) y es menor a los 12.65 ± 0.81 cm reportados para *Delphinus delphis* (Heyning y Perrin, 1991). La altura del atlas es de 4.6 cm, mientras que en *Stenella attenuata* es de 4.6 a 6.1 cm (Perrin et al., 1987) y en *Delphinus delphis* es de 5.17 ± 0.27 cm (Heyning y Perrin, 1991). La longitud máxima de

la espina neural del atlas es de 2 cm, en *Stenella attenuata* es de 1.8 a 2.8 cm (Perrin et al., 1987) y en *Delphinus delphis* es de 4.56 ± 0.47 cm (Heyning y Perrin, 1991).

Existe una vértebra torácica incompleta asociada al ejemplar (figura 12), que de acuerdo a la posición (superior) de sus precigapófisis, la ausencia de postcigapófisis y la longitud de sus procesos transversos se puede inferir que es una de las vértebras torácicas posteriores. El proceso neural posee inclinación en dirección posterior.

Se encontraron dos costillas incompletas asociadas al mismo ejemplar (figura 12); la longitud máxima de una de ellas es 10.5 cm y la longitud máxima de la otra es 13.7 cm.

El manubrio (esternón) se encuentra en buen estado de preservación (figura 12), su anchura máxima es de 7.2 cm, similar a *Stenella attenuata* que posee un intervalo de 6.3 a 10.6 cm en organismos adultos (Perrin et al., 1987) y ligeramente menor que *Delphinus delphis*, con 10.22 ± 0.57 cm (Heyning y Perrin, 1991).

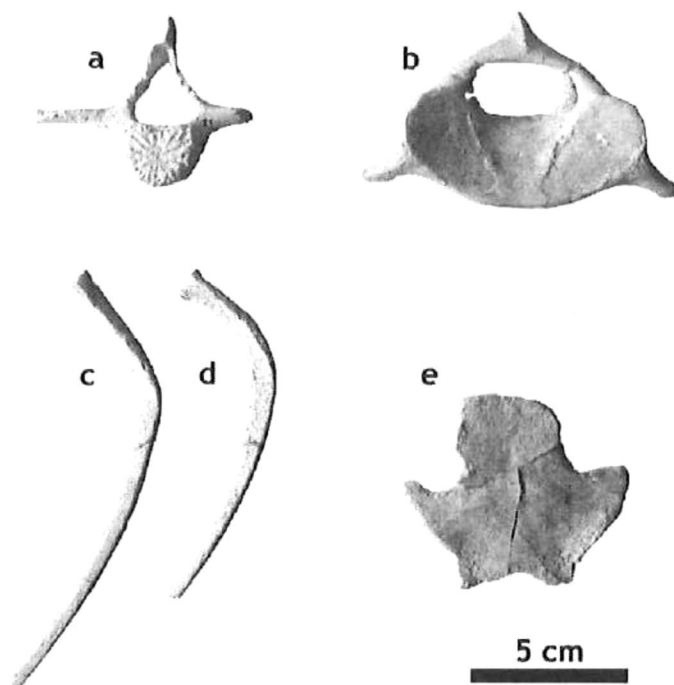


Figura 12. Material postcraneal asociado del Delphininae, cf. *Stenella*, genus et species novum (UABCS/ISJ/3009): a) vértebra torácica en vista anterior, b) atlas-axis en vista anterior, c) y d) costillas en vista anterior, e) manubrio en vista dorsal.

Tabla VII. Medidas postcraneales del ejemplar UABCS/ISJ/3009, *Stenella attenuata* (Perrin et al., 1987) y *Delphinus delphis* (Heyning y Perrin, 1991).

	ISJ/3009	<i>S. attenuata</i>	<i>D. delphis</i>
Anchura máxima de la superficie de articulación del atlas	7.7	7.3-9	12.65±0.8
Altura del atlas	4.6	4.6-6.1	5.17±0.3
Longitud máxima de la espina neural del atlas	2.0	1.8-2.8	4.56±0.5
Longitud de la espina neural de la primer vértebra torácica	*1.5	----	3.32
Altura de la primer vértebra torácica	4.0	4.4-6	4.75
Anchura máxima de la primer vértebra torácica	**8.7	6.3-8.6	8.80±0.5
Longitud máxima de la costilla más larga	*13.7	23.2-31.3	26.96
Anchura máxima del manubrio	7.2	6.3-10.6	10.22±0.6
Longitud del manubrio a lo largo de la línea media	5.6	----	----
Profundidad de la hendidura anterior del manubrio	0.5	----	----

NOTAS: Las medidas de la vértebra torácica de ISJ/3009 no corresponden a la primera, sino a la única.

La longitud máxima de la costilla más larga corresponde a la más larga encontrada en ISJ/3009

*roto, **estimado

Localidad

Sitio 1, Playa Los Placeritos, Punta Colorada. Se ubica en la parte Central-Este de Isla San José, Baja California Sur. 25° 00' 33" N y 110° 34' 27" W (figura 3).

Morfotipo aff. *Lagenorhynchus* Gray, 1846

Perióticos de tamaño relativamente grande, la faceta articular del timpánico presenta estrías conspicuas, en contraste con los espécimenes de la familia Phocoenidae que presentan una faceta articular sin estrías evidentes. Al ser comparados con los períóticos de aff. *Tursiops*, los ejemplares de aff. *Lagenorhynchus* poseen una apertura menor de la ventana auditiva interna y son ligeramente de menor tamaño (figura 21, esquema comparativo de períóticos).

Existen sólo dos períóticos agrupados dentro de este morfotipo (7% del total de la muestra), un períótico izquierdo perteneciente a la colección IGM, referencia IGM 81-7 y un períótico derecho perteneciente a la colección LACM, con número de catálogo LACM 143482 (figura 13). Ambos períóticos pertenecen a la Formación Tirabuzón, aunque un períótico es izquierdo y el otro derecho, la diferencia de tamaños es lo suficientemente grande para no pertenecer al

mismo individuo. El número mínimo de individuos que caen dentro de este morfotipo es dos. El anexo II presenta las medidas.

Morfotipo aff. *Tursiops* Gervais, 1855

Son los perióticos de mayor tamaño encontrados, ligeramente más grandes que aquellos de aff. *Lagenorhynchus*, la faceta articular del timpánico presenta estrías menos conspicuas que en los perióticos de aff. *Lagenorhynchus*, pero más conspicuas que cualquier periótico de la familia Phocoenidae. Comparados con los ejemplares de aff. *Lagenorhynchus*, este grupo presenta una mayor apertura de la ventana auditiva interna (figura 21, esquema comparativo de perióticos).

Dos perióticos izquierdos fueron asignados a este morfotipo (7% del total de la muestra), IGM 81-1 y LACM 131101 (figura 13). Ambos pertenecen a la Formación Tirabuzón y el número mínimo de individuos en este grupo es dos. El anexo II presenta las medidas

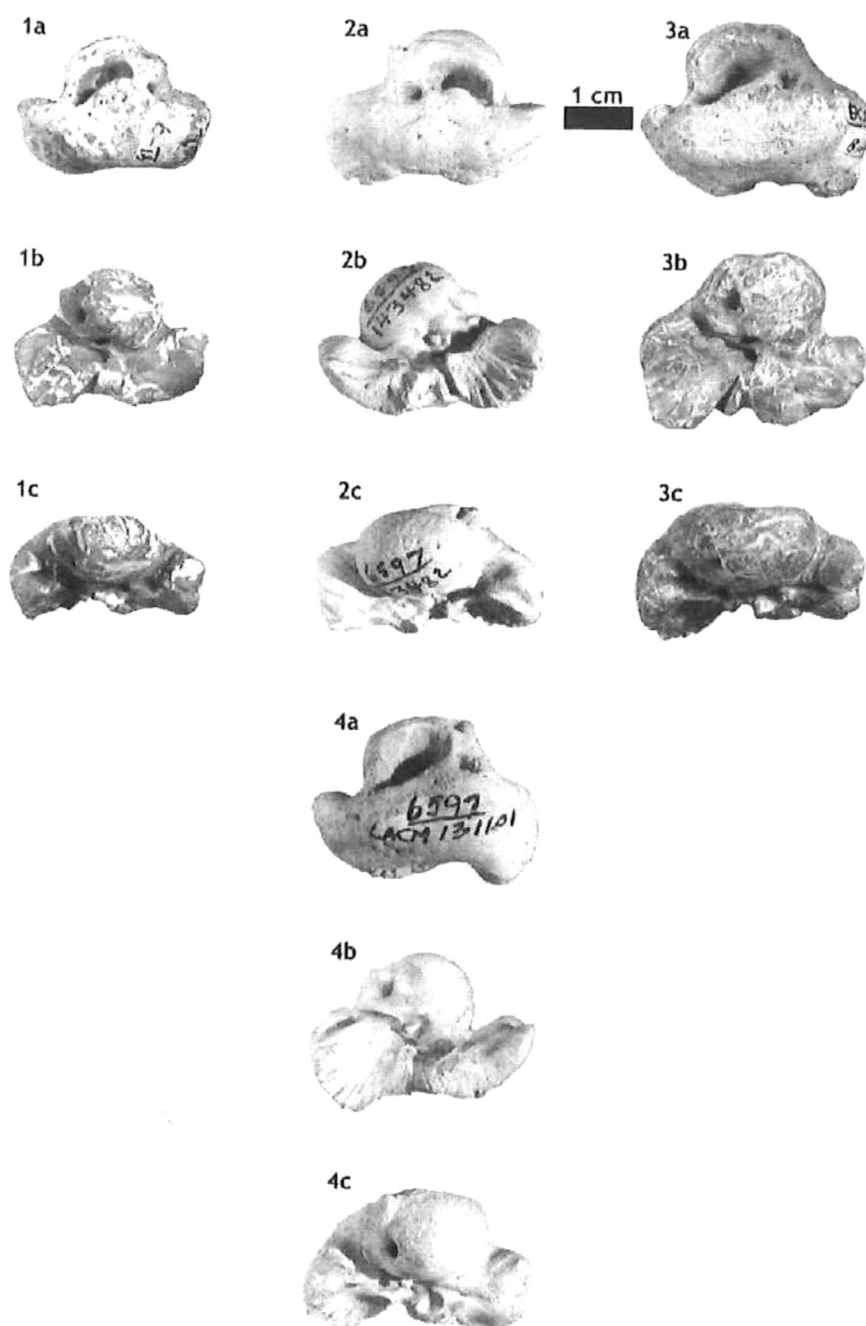


Figura 13. (1) aff. *Lagenorhynchus* IGM 81-7, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (2) aff. *Lagenorhynchus* LACM 143482, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (3) aff. *Tursiops*, IGM 81-1, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (4) aff. *Tursiops* LACM 131101, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

Morfotipo aff. *Stenella* Gray, 1866

Los perióticos dentro de esta categoría son de menor tamaño que aquellos descritos como aff. *Lagenorhynchus* y aff. *Tursiops*, pero de tamaño muy cercano a los ejemplares de aff. *Delphinus*. A diferencia de este último grupo, los ejemplares aff. *Stenella* poseen un relleno óseo entre el proceso anterior y el *pars cochlearis*. Se presentan estrías prominentes en la faceta articular del timpánico, en contraste con los especímenes de la familia Phocoenidae que presentan una faceta articular sin estrías evidentes (figura 21, esquema comparativo de perióticos).

Dentro de este morfotipo, se encuentra el mayor número de perióticos encontrados (58% del total de la muestra), con 21 piezas. Existe un número sorprendente mayor de perióticos izquierdos (17) que de derechos (4), el número mínimo de individuos es de 17. Los fósiles dentro de este grupo pertenecen a los siguientes números de catálogo: IGM 81-3, IGM 81-9, IGM 81-15, IGM 81-16, IGM 81-17, IGM 81-18, IGM 81-19, IGM 81-20, IGM 81-21, IGM 81-22, IGM 81-23, LACM 131019, LACM 131095, LACM 131096, LACM 131097, LACM 131098, LACM 131099, LACM 143488, LACM 143490, LACM 75900 y LACM 76635 (figuras 14 a 17). El anexo II presenta las medidas.

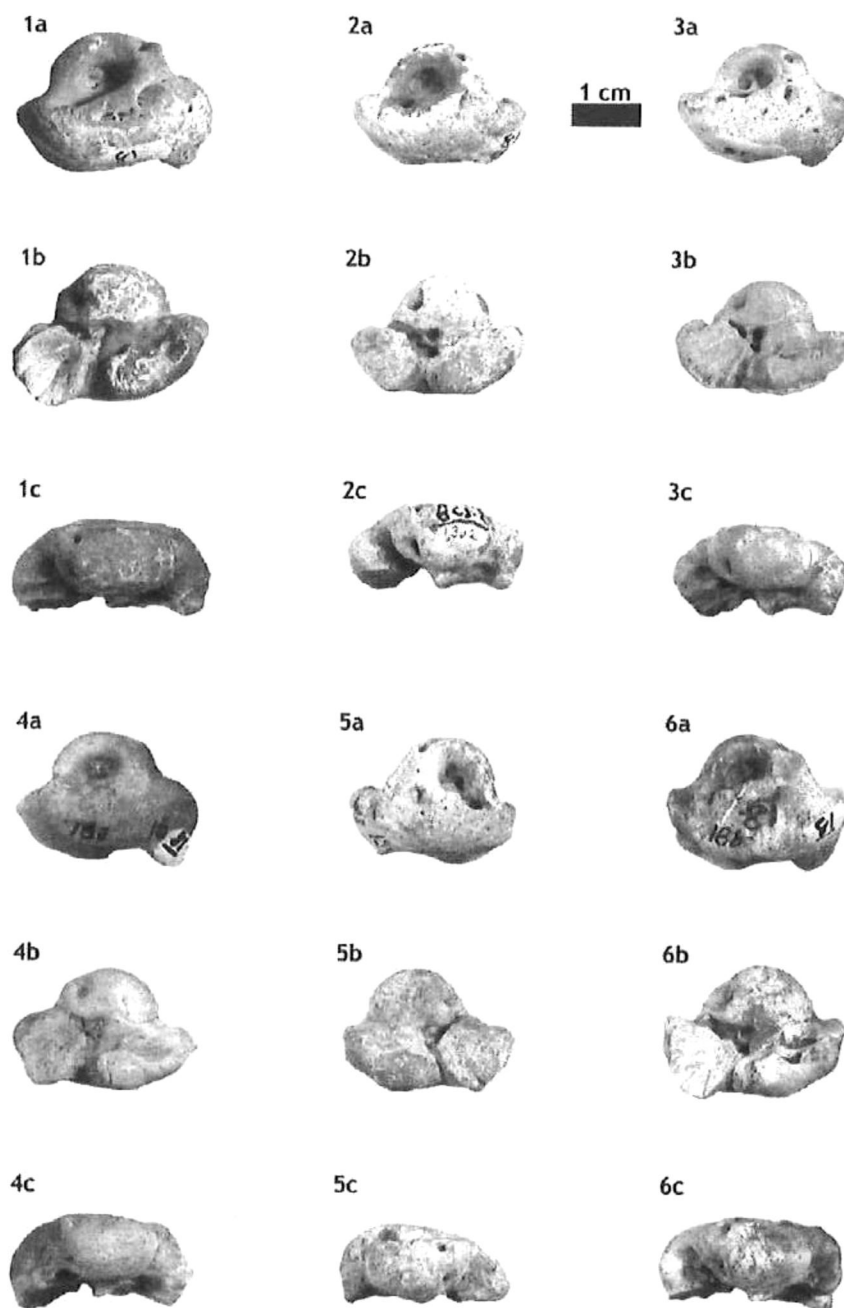


Figura 14. (1) aff. *Stenella* IGM 81-3, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (2) aff. *Stenella* IGM 81-9, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (3) aff. *Stenella* IGM 81-15, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (4) aff. *Stenella*, IGM 81-16, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (5) aff. *Stenella*, IGM 81-17, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (6) aff. *Stenella*, IGM 81-18, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

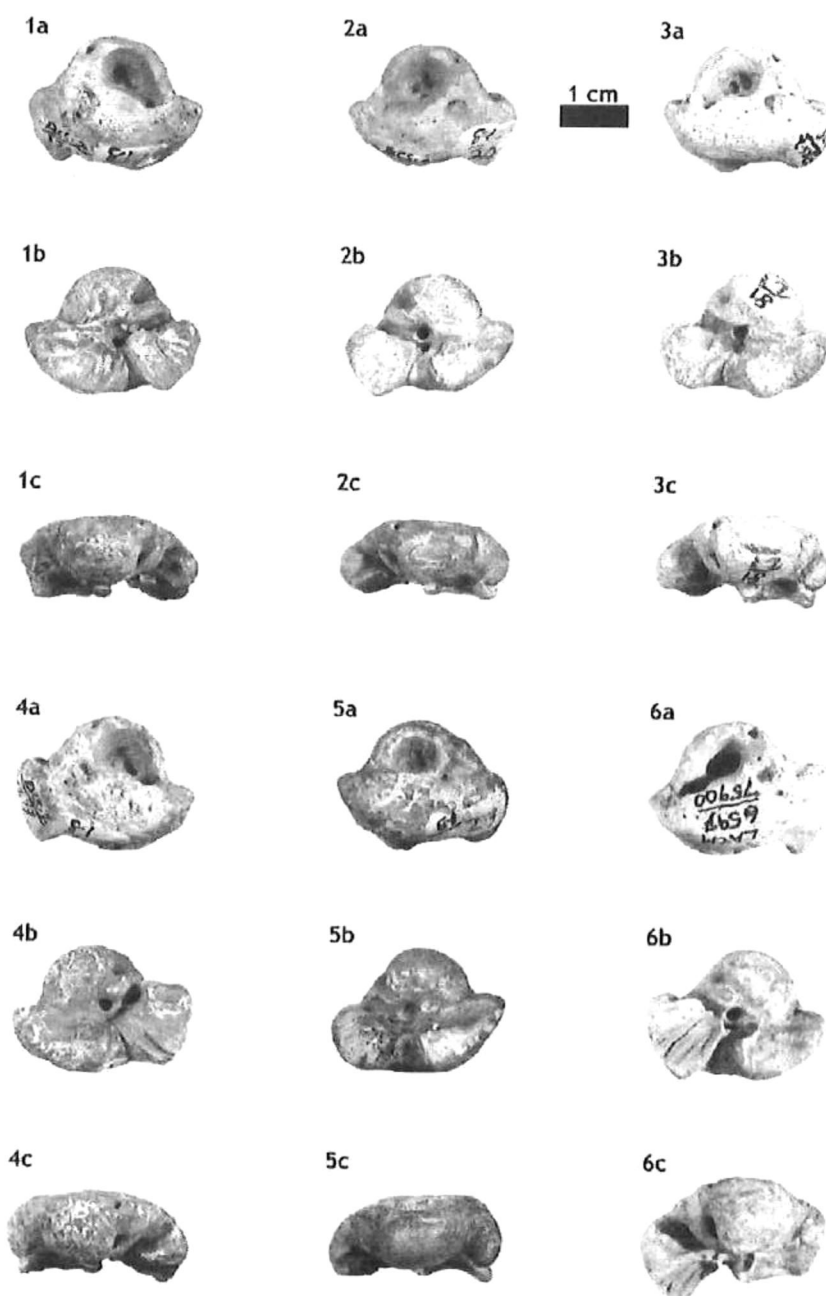


Figura 15. (1) aff. *Stenella* IGM 81-19, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (2) aff. *Stenella* IGM 81-20, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (3) aff. *Stenella* IGM 81-21, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (4) aff. *Stenella* IGM 81-22, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (5) aff. *Stenella* IGM 81-23, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (6) aff. *Stenella* LACM 75900, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

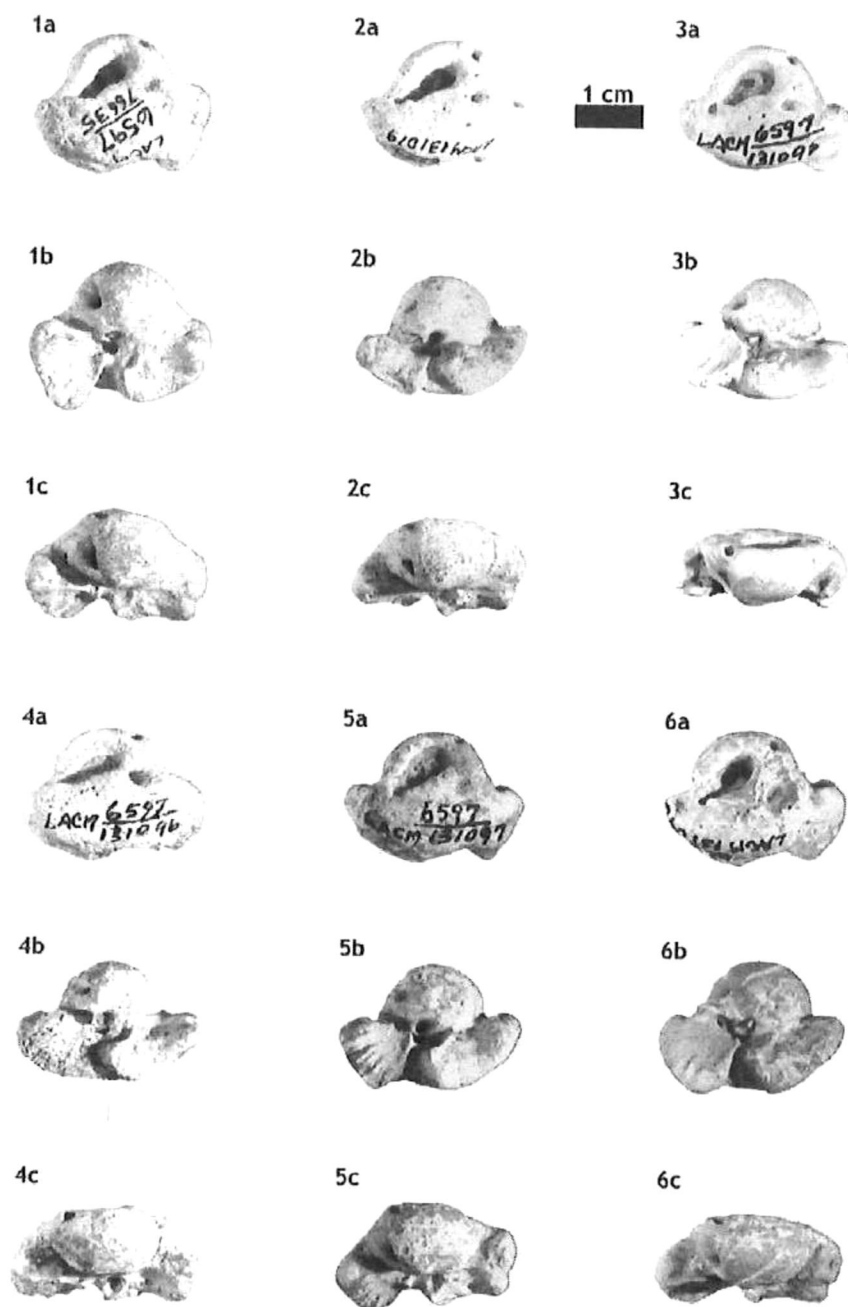


Figura 16. (1) aff. *Stenella* LACM 76635, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (2) aff. *Stenella* LACM 131019, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (3) aff. *Stenella* LACM 131095, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (4) aff. *Stenella* LACM 131096, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (5) aff. *Stenella* LACM 131097, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (6) aff. *Stenella* LACM 131098, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

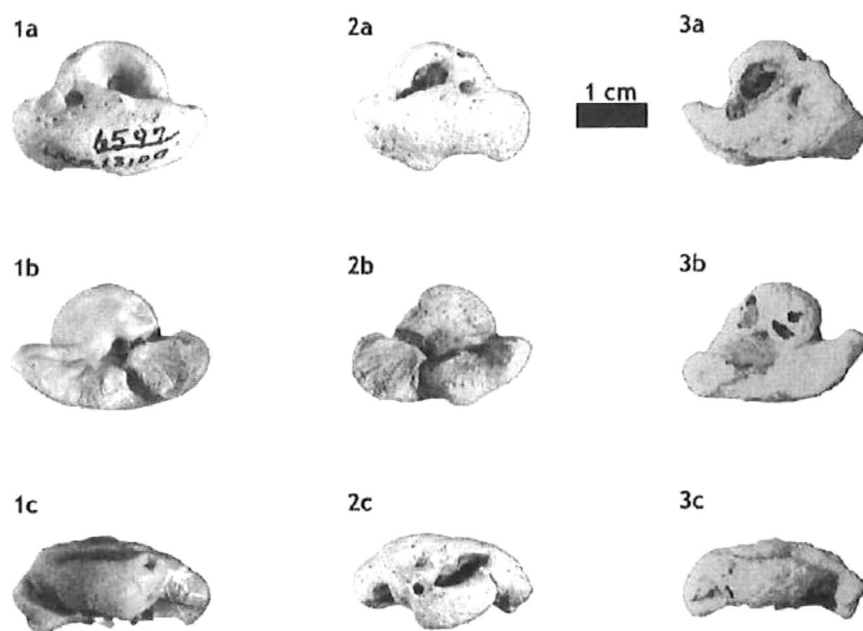


Figura 17. (1) aff. *Stenella* LACM 131099, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (2) aff. *Stenella* LACM 143488, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (3) aff. *Stenella* LACM 143490, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

Morfotipo aff. *Delphinus* Linnaeus, 1758

Los perióticos con este morfotipo son de tamaño relativamente pequeño, muy similar al observado en los ejemplares del morfotipo aff. *Stenella*. Sin embargo no presentan el relleno óseo entre el proceso anterior y el *pars cochlearis* observado en los ejemplares de aff. *Stenella*. Se observan estrías prominentes en la faceta articular del timpánico, en contraste con los especímenes de la familia Phocoenidae que presentan una faceta articular sin estrías evidentes (figura 21, esquema comparativo de perióticos).

Agrupados dentro de este morfotipo, se encuentran un total de 14 perióticos (28% del total de la muestra), de los cuales 8 son derechos y 6 son izquierdos, obteniendo así un número mínimo de 8 individuos. Los números de catálogo de los especímenes de este grupo son: IGM 81-8, IGM 81-10, IGM 81-11, IGM 81-12, IGM 81-13, IGM 81-14, IGM 81-24, IGM 366, LACM 29118, LACM 76636, LACM 131100, LACM 131102, LACM 143484, LACM 143489 (figuras 18 a 20). El espécimen IGM 366 es el único individuo perteneciente a este grupo colectado en la localidad asignada a la Formación Infierno (ca. 2-3 ma), todos los demás pertenecen a la Formación Tirabuzón (ca. 3-4 ma). El anexo II presenta las medidas.

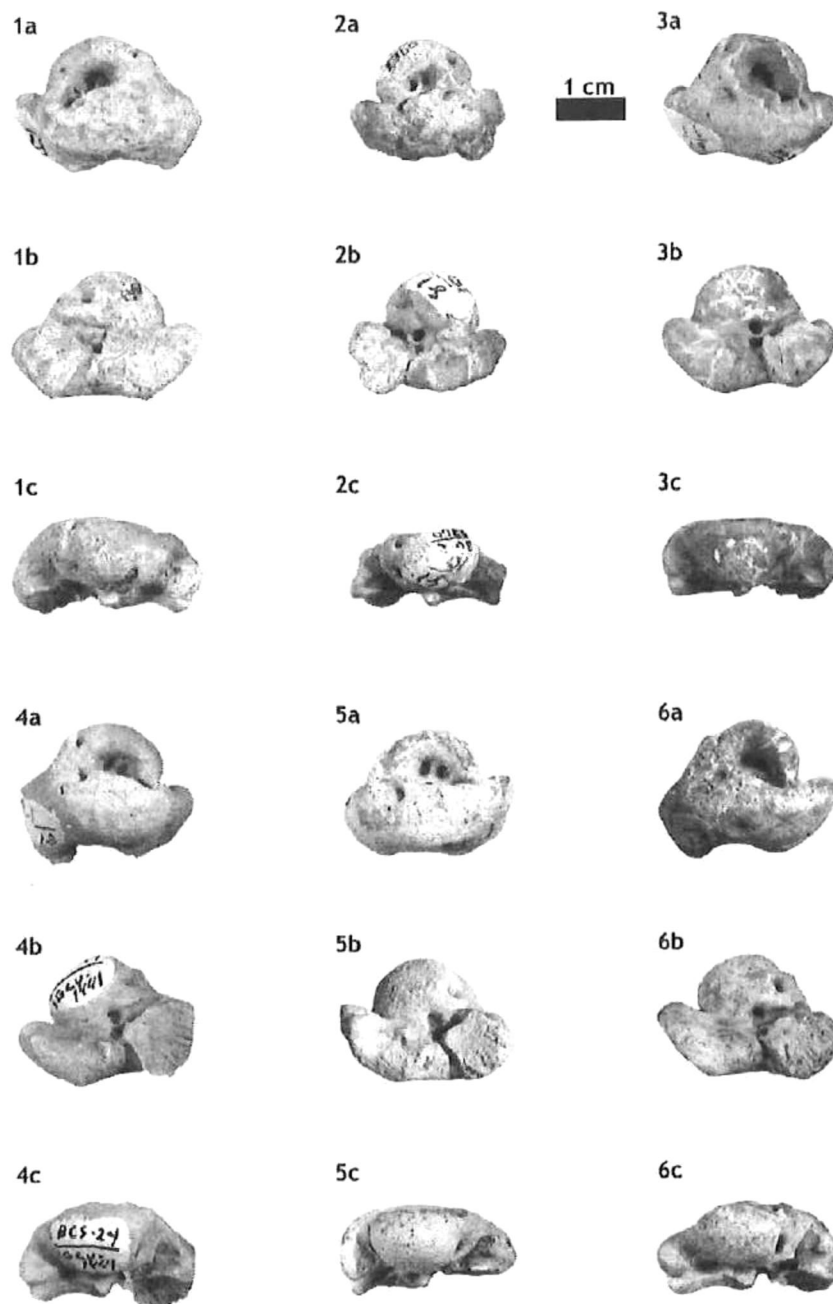


Figura 18. (1) aff. *Delphinus* IGM 81-8, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (2) aff. *Delphinus* IGM 81-10, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (3) aff. *Delphinus* IGM 81-11, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (4) aff. *Delphinus* IGM 81-12, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (5) aff. *Delphinus* IGM 81-13, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (6) aff. *Delphinus* IGM 81-14, Formación Tirabuzón, periótico derecho. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

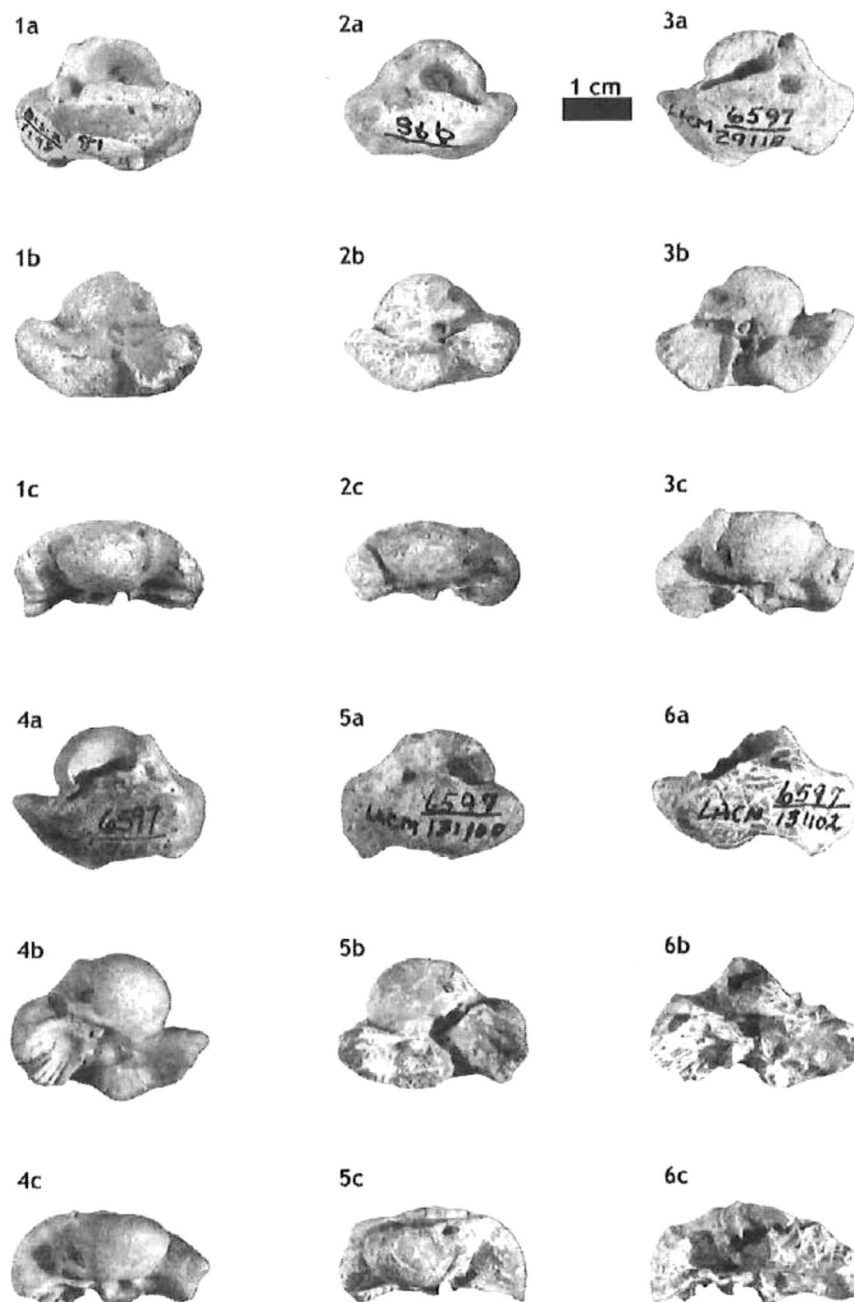


Figura 19. (1) aff. *Delphinus* IGM 81-24, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (2) aff. *Delphinus* IGM 366, Formación Infierno, periótico derecho; (3) aff. *Delphinus* LACM 29118, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (4) aff. *Delphinus* LACM 76636, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (5) aff. *Delphinus* LACM 131100, Formación Tirabuzón, periótico derecho; (6) aff. *Delphinus* LACM 131102, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

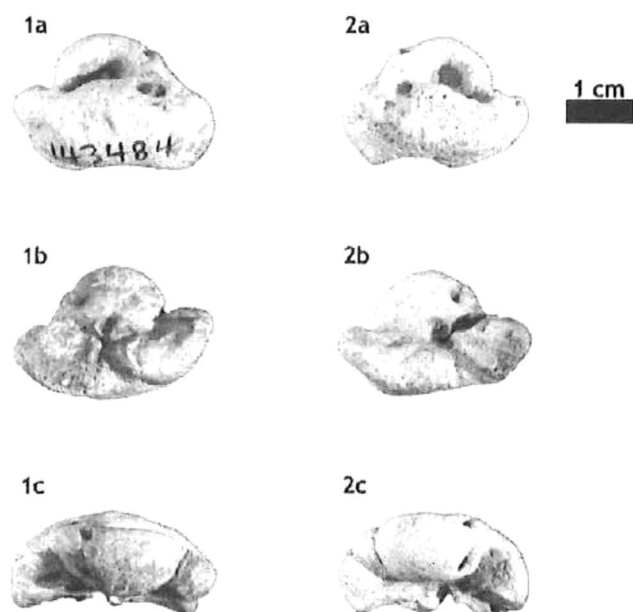


Figura 20. (1) aff. *Delphinus* LACM 143484, Formación Tirabuzón, periótico izquierdo; (2) aff. *Delphinus*, LACM 143489, Formación Tirabuzón, periótico derecho. a) vista dorsal, b) vista ventral y c) vista medial.

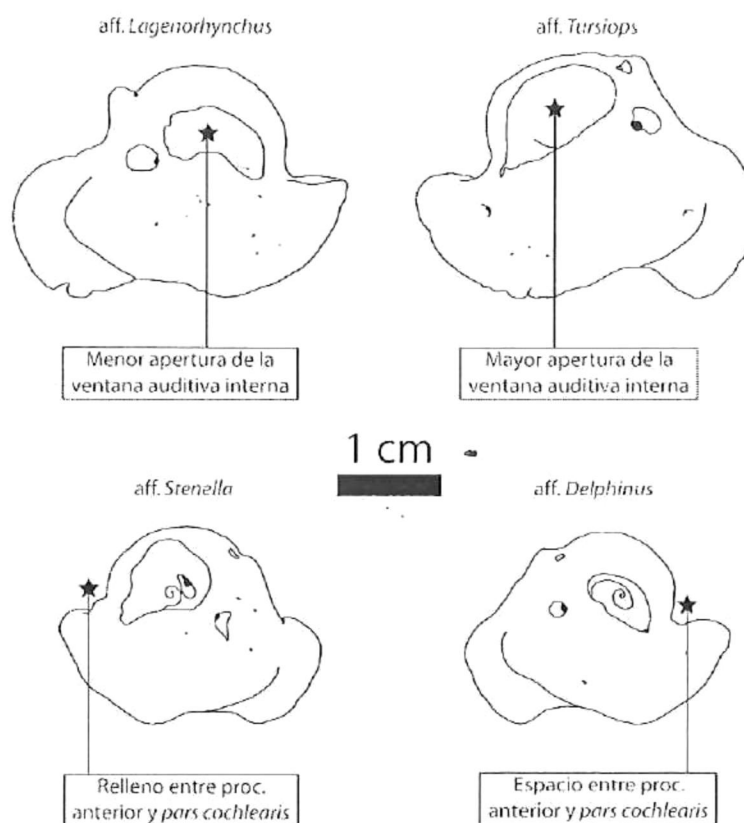


Figura 21. Esquema ilustrando las principales diferencias de los 4 morfotipos descritos en este trabajo: aff. *Lagenorhynchus*, aff. *Tursiops*, aff. *Stenella* y aff. *Delphinus*.

Subfamilia Globicephalinae (Gray, 1866) Gill, 1872

Genus et species novum, cf. *Globicephala* Lesson, 1828

El ejemplar UABCS/ISJ/3008 ha sido descrito anatómicamente por Aguirre-Fernández (2006). Se utilizan características ahí publicadas y se suman algunas nuevas, el conjunto es la base del trabajo filogenético desarrollado en

este trabajo. El ejemplar UABCS/ISJ/3008 pertenece a la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS (figuras 22 y 23).

Descripción y comparación del cráneo

Las medidas craneales más relevantes de este ejemplar se describen en la tabla VIII, una lista con todas las medidas de este ejemplar y varias especies de la familia Delphinidae se presenta en el anexo III.

Rostro

Rostro relativamente largo comparado con los representantes de la subfamilia Globicephalinae (*Orcinus*, *Peponocephala*, *Globicephala* y *Pseudorca*), de proporciones muy similares a las observadas en *Tursiops*. Rostro ancho comparado con los géneros *Peponocephala*, *Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella* y *Kentriodon*, de proporciones similares a *Orcinus*, *Globicephala* y *Pseudorca*. El margen lateral del rostro tiene forma convexa, igual que todos los miembros de la familia Delphinidae. La premaxila es ancha, de proporción similar a la observada en *Pseudorca* y sólo menor que la proporción de *Globicephala*. Las premaxilas en el ápice del rostro poseen márgenes paralelos, similar a lo que se observa en *Orcinus*, *Peponocephala*, *Globicephala* y *Pseudorca*, pero presentan en la superficie dorsal anterior de la premaxila una forma

ligeramente abultada, carácter observado en *Kentriodon*, *Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella*.

Neurocráneo

La anchura cigomática (en proporción de la longitud condilobasal) del espécimen UABCS/ISJ/3008 es cercana a la que se observa en *Peponocephala* y *Tursiops*, menor que en *Orcinus*, *Globicephala* y *Pseudorca* pero mayor a la que presentan *Kentriodon*, *Delphinus* y *Stenella*.

El proceso anteorbital es robusto y globoso, similar a la morfología de los procesos en *Orcinus*, *Globicephala* y *Pseudorca*. La región del neurocráneo contiene varios caracteres compartidos por todos los géneros de la familia Delphinidae: el vértice craneal torcido asimétricamente hacia el lado izquierdo; el extremo posterior de la premaxila izquierda siempre más estrecho y corto que el derecho; el desarrollo de una lámina mesetmoidea que sobresale por encima de las fosas nasales y el aplastamiento de los nasales.

Dientes

Existen dos dientes preservados del ejemplar UABCS/ISJ/3008: el más completo tiene una longitud desde la corona hasta la raíz de 3.7 centímetros, el segundo no presenta la raíz completa y posee una longitud de 3.5 cm. Su forma es comprimida cefalo-caudalmente, con una corona notablemente

arqueada (figura 24). El número de dientes en este ejemplar (inferido por el número de alvéolos dentales) es muy pequeño (12 dientes por fila dental) al ser comparado con los géneros *Kentriodon*, *Delphinus* y *Stenella* (40 a +50 dientes por fila dental), similar al conteo de *Orcinus*. Analizando los alvéolos dentales como proporción de la longitud condilobasal, este ejemplar posee dientes de dimensiones muy similares a las de *Globicephala*.

Tabla VIII. Medidas craneales (cm) más representativas de Globicephalinae, cf. *Globicephala*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008).

Longitud condilobasal	50.5
Longitud del rostro	28.4
Anchura del rostro en su base	15.0
Anchura del rostro a la mitad de su longitud	11.2
Anchura de las premaxilas a la mitad de la longitud del rostro	9.8
Anchura máxima a través de los procesos cigomáticos	27.2
Anchura máxima de los premaxilares	13.3
Anchura del alveolo dental en la línea media del rostro	1.1
Número de dientes en cada fila dental superior	12

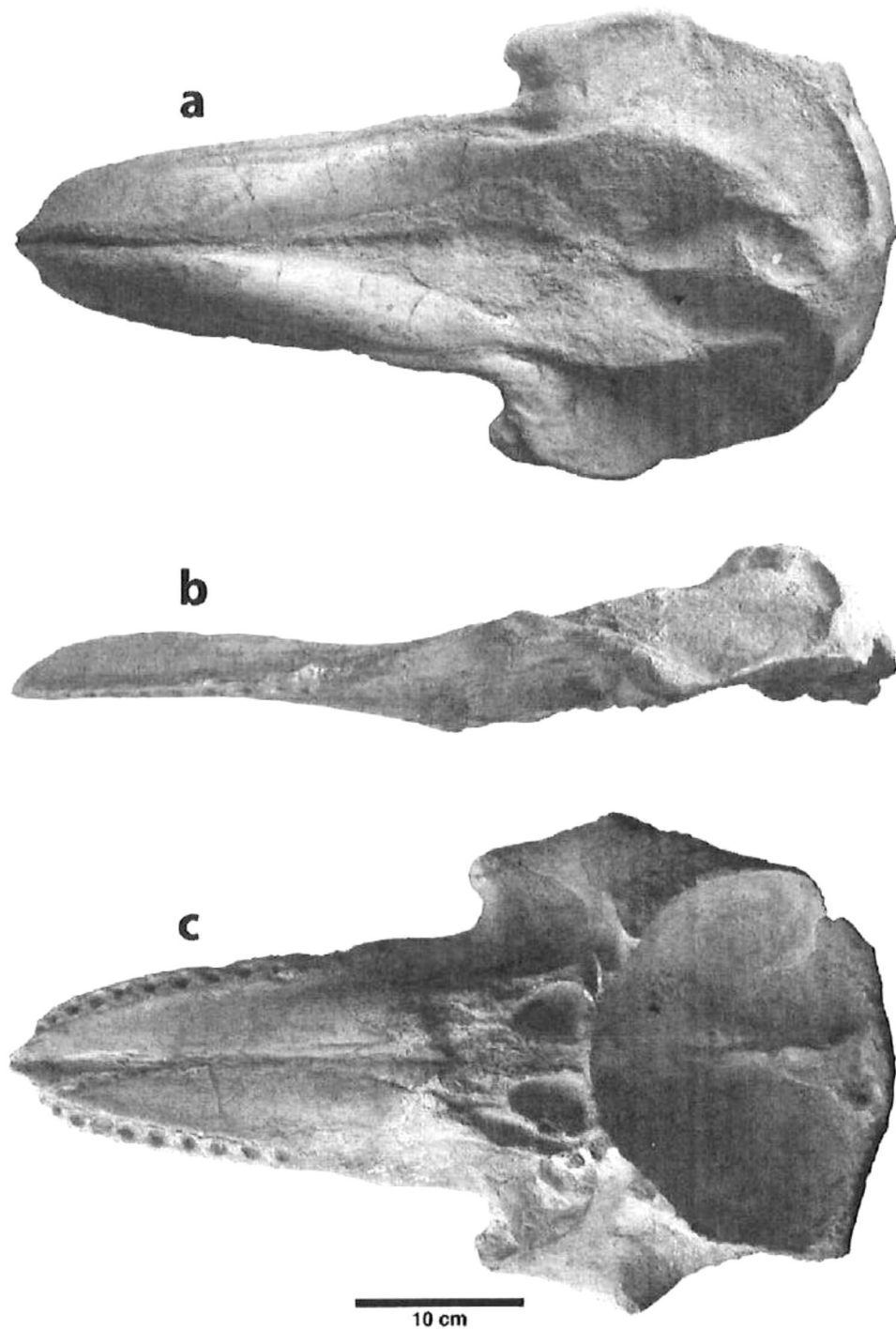


Figura 22. Cráneo de Globicephalinae, cf. *Globicephala*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008), (a) vista dorsal, (b) lateral izquierda y (c) ventral.

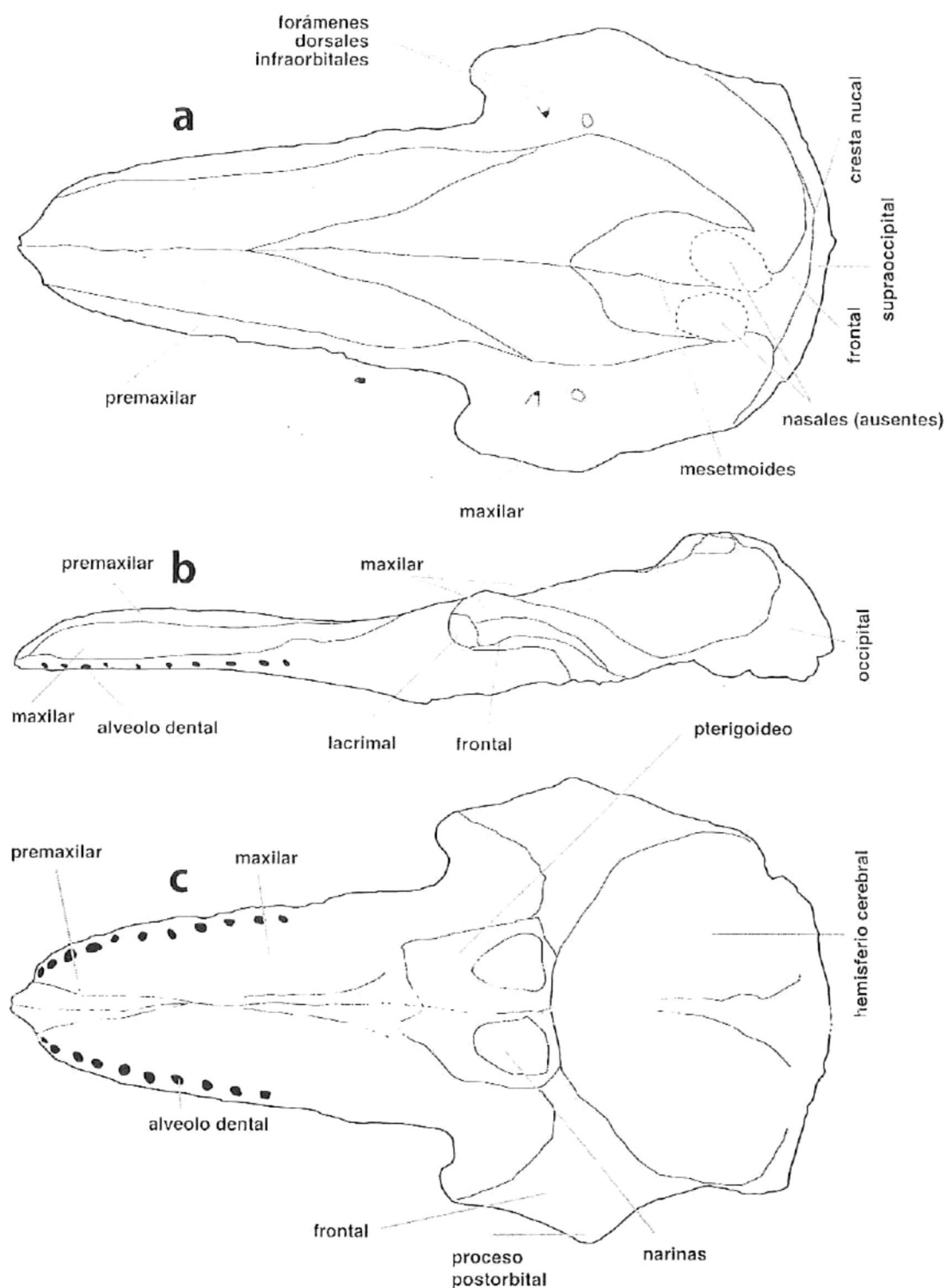


Figura 23. Esquema del cráneo de Globicephalinae, cf. *Globicephala*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008), (a) vista dorsal, (b) lateral izquierda y (c) ventral.

Material asociado del mismo individuo

Asociado a este ejemplar, se encuentra un periótico derecho fragmentado de la región del proceso anterior (figura 25). Presenta rugosidades en la faceta articular del timpánico. La longitud del *pars cochlearis* es de 1.7 cm (medida 6, tabla III), por lo que se estima que la longitud mayor del periótico era de 2.5 a 2.8 cm. De la bula timpánica derecha sólo se preserva el involucrum, el proceso posterior y el lóbulo lateral. Se encontró muy cercano a esta bula timpánica el yunque (incus). Ambos huesos del oído se ilustran en la figura 25.

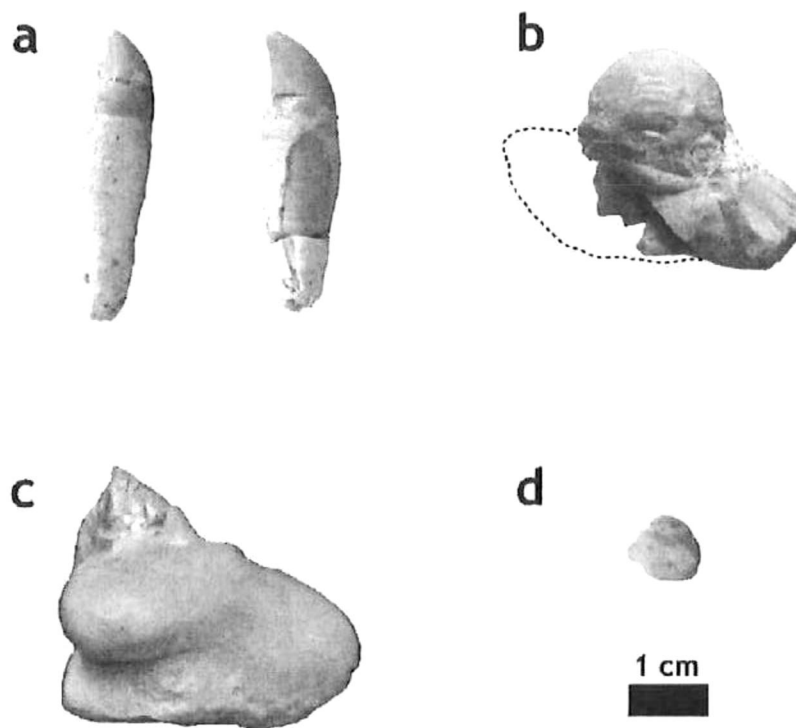


Figura 24. Material asociado al cráneo UABCS/ISJ/3008: a) dientes, vista lateral; b) periótico derecho (reconstrucción del proceso anterior en líneas punteadas), vista dorsal; c) bula timpánica, vista ventral; d) yunque.

Localidad

Sitio 2, Playa Los Placeritos, Punta Colorada. Se ubica en la parte Central-Este de Isla San José, Baja California Sur. 25° 00' 32" N y 110° 34' 32" W (figura 3).

7.2. Análisis de máxima parsimonia

Se obtuvo un cladograma único de 2800 pasos (28 pasos) con un índice de consistencia (CI) de 0.75 y un índice de retención (RI) = 0.8667.

Aunque la topología del cladograma no sufre modificaciones, se muestran dos reconstrucciones de caracteres: con el método de optimización de transformación acelerada (acctran) (figura 25) y con el método de optimización de transformación retardada (deltran) (figura 26).

El ejemplar UABCS/ISJ/3009 se ubica en el mismo clado que *Delphinus*, *Stenella* y *Tursiops*. Las apomorfias de este clado no se preservan en el ejemplar (caracteres del seno ventral: 18-21), pero sí las que comparte con los géneros *Delphinus* y *Stenella*, que bajo optimización deltran (figura 26) son: un incremento en el número de dientes y un decremento en el tamaño de los dientes. Las apomorfias del clado *Stenella-Delphinus*-UABCS/ISJ/3009 reconstruidas bajo la optimización acctran (figura 25) suman a los dos

caracteres anteriores tres reversiones: una anchura premaxilar angosta, una anchura cigomática menor de 45% de la longitud condilobasal y más de 28 dientes en cada fila dental superior. A diferencia de *Delphinus* y *Stenella*, el ejemplar UABCS/ISJ/3009 no muestra la reversión a un rostro alargado (>60% de la longitud condilobasal) bajo ninguno de los dos métodos de reconstrucción de caracteres (acctran y deltran).

El ejemplar UABCS/ISJ/3008 se ubica dentro del clado que incluye además a *Globicephala*, *Pseudorca*, *Orcinus* y *Peponocephala*. Las apomorfías de este grupo bajo la optimización acctran (figura 25) son: rostro corto, premaxilas en ápice del rostro con márgenes laterales o divergentes, premaxilas en ápice del rostro con superficie aplanada y una muesca anteorbital profunda y ancha. Las apomorfías de este grupo bajo la optimización deltran (figura 26) son las mencionadas anteriormente más las siguientes: anchura premaxilar media (10% a 15% CBL), anchura cigomática de 45% o más de la CBL y un número de 28 a 20 dientes en la fila dental superior.

En el cladograma (figuras 25 y 26), se distinguen dos grupos taxonómicos de la familia Delphinidae: el ejemplar UABCS/ISJ/3008 junto con *Globicephala*, *Pseudorca*, *Orcinus* y *Peponocephala* pertenecen a la subfamilia Globicephalinae; el ejemplar UABCS/ISJ/3009 junto con *Delphinus*, *Stenella* y *Tursiops* son los miembros que representan a la subfamilia Delphininae.

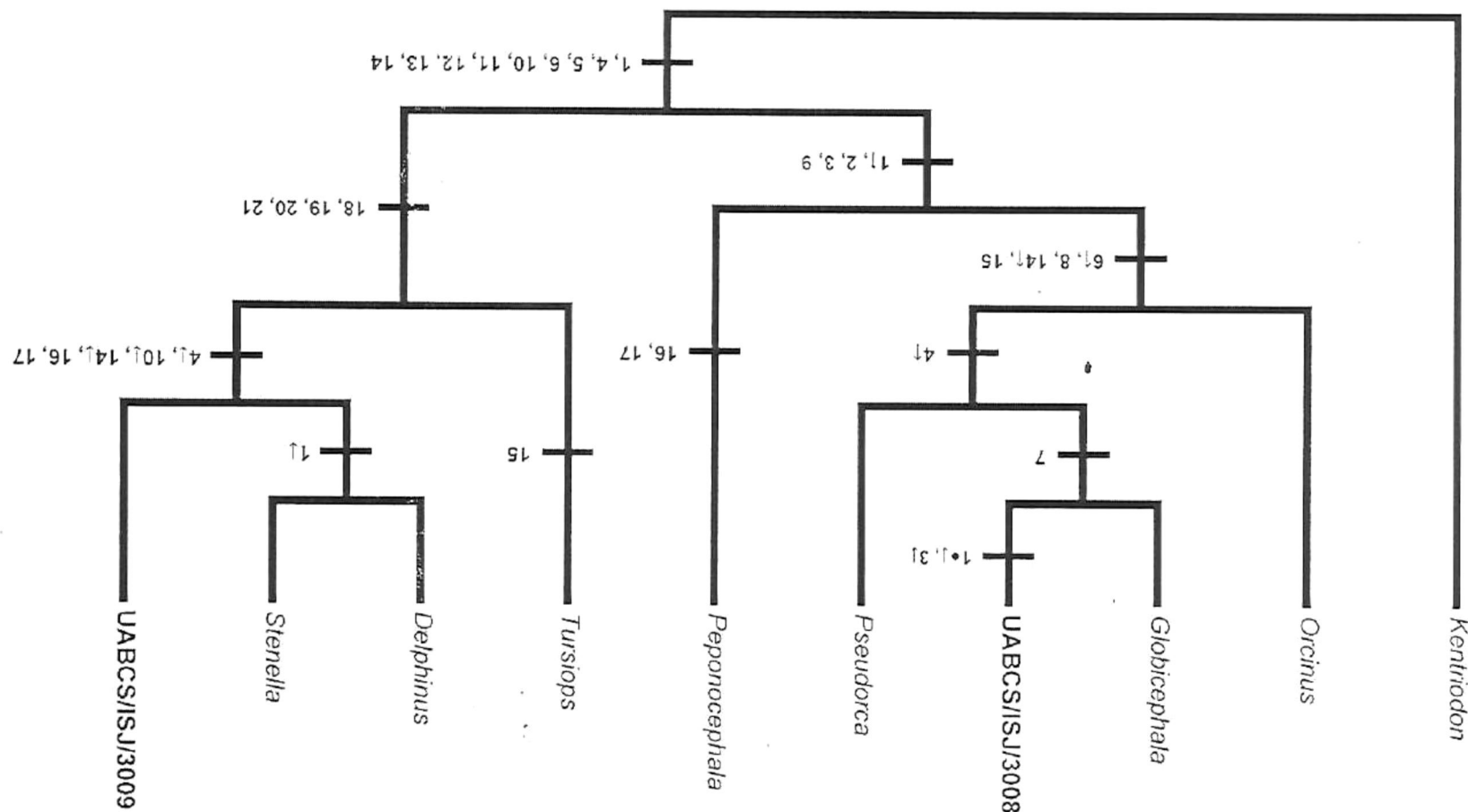


Figura 26. Cladograma mostrando las relaciones filogenéticas de Globicephalinae, genus et species novum (UABCS/ISJ/3008) y Delphininae, genus et species novum (UABCS/ISJ/3009) con algunos géneros actuales de la familia Delphinidae. Reconstrucción más parsimoniosa baja optimización acctran.

† = cambio de estado 1 a estado 2. 1 = regresión de estado 1 a estado 0. 1 = regresión de estado 2 a estado 0.

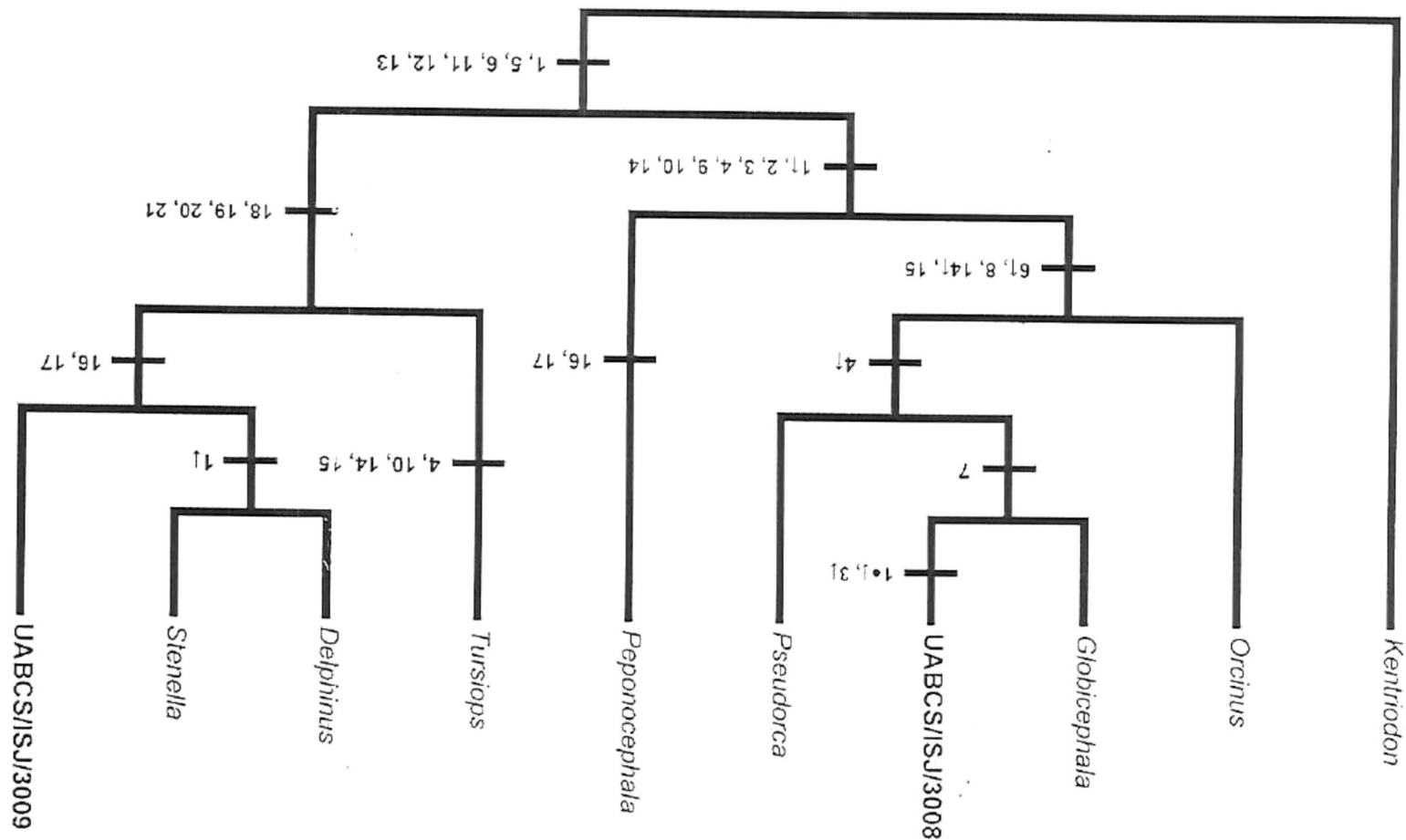


Figura 27. Cladograma mostrando las relaciones filogenéticas de Globicephalinae, genus et species novum (UABCS/ISJ/3008) y Delphininae, genus et species novum (UABCS/ISJ/3009) con algunos géneros actuales de la familia Delphinidae. Reconstrucción más parsimoniosa baja optimización deltran.
 ↑= cambio de estado 1 a estado 2; ↓= regresión de estado 1 a estado 0; ●↓= regresión de estado 2 a estado 1.

7.3. Análisis textural del sedimento

Con base en el análisis textural de tres muestras asociadas a los cráneos colectados se tiene que los sedimentos de la localidad Los Placeritos, Subcuenca Punta colorada de Isla San José, Baja California Sur (figura 3, s1), están constituidos por arenas de grano fino, cuya media varía de 2.66 a 2.77 phi, (tablas IX y X, figura 20), que tienen una desviación estándar que va desde 1.16 a 1.23, con una asimetría hacia los finos que varía desde 0.72 a 0.78 y la curtosis va de 3.40 a 3.70. Como se observa en la tabla X, las tres muestras analizadas no presentan variación.

Tabla IX. Porcentajes de tamaños de grano de tres muestras tomadas en la Unidad estratigráfica AE (bs), subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur (figura 3, s1).

Phi Φ	muestra 1	muestra 2	muestra 3
<0-0	1.5	1.0	1.4
0.1-0.5	3.5	3.4	3.0
0.6-1	8.9	8.3	7.6
1.1-1.5	13.2	13.4	12.5
1.6-2	16.1	17.0	17.9
2.1-2.5	25.9	24.3	25.2
2.6-3	17.0	16.8	17.0
3.1-3.5	3.1	2.7	1.5
3.6-4	3.1	3.0	3.0
>4	7.6	10.2	10.8

Tabla X. Resultados del análisis de momentos.

	Media	S.D.	Asimetría	Curtosis
Muestra 1	2.67543736	1.16043815	0.72490903	3.70630173
Muestra 2	2.75948749	1.22297379	0.78365348	3.40466989
Muestra 3	2.77555291	1.23057962	0.78323076	3.43440616

Estos resultados sugieren un ambiente dominado por energía media a baja, indicado por las arenas finas. La pobre clasificación se puede inferir a través de la curva que tiene un comportamiento bimodal, por la presencia de sedimentos limosos. La extrema curtosis indica un ambiente poco selectivo. La estratificación cruzada de bajo ángulo observada en campo (Ummhoefer et al., 2007), sugiere un depósito de flujo o de tormenta que posteriormente recibe los sedimentos más finos en el periodo de depositación normal.

El material sedimentario, integrado por cuarzo, feldespatos y micas, proviene principalmente de rocas intrusivas y en segundo término de las rocas volcánicas de la Formación Comondú. Los granos angulosos sugieren que el material proviene de una zona cercana. El alto contenido de carbonato de calcio en las muestras proviene en buena parte de los restos de conchas.

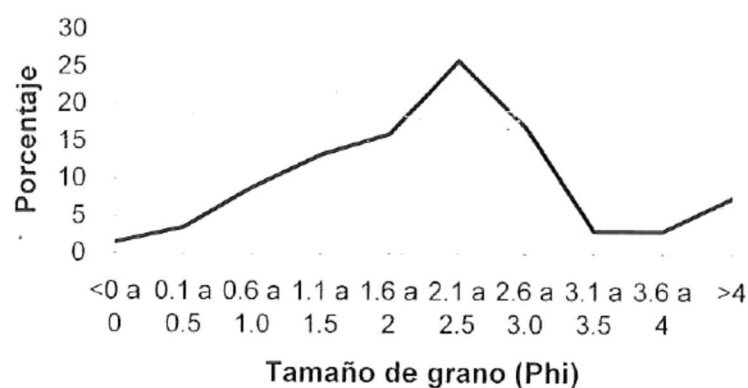


Figura 27. Distribución del tamaño de grano en la muestra 3 de sedimento de la Unidad estratigráfica AE (bs), Subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur (figura 3, s1).

8. Discusión

8.1. Aspectos paleobiológicos

8.1.1. Madurez física

Existe una gran variedad de parámetros para establecer la madurez en delfines vivientes, la madurez ósea parece ser un proceso evolutivamente fijo que no reacciona a fuerzas ambientales (Calzada et al., 1997). Debido a esto, los parámetros de madurez física estimados a partir de características óseas, además de ser comparables entre poblaciones muy distintas pueden compararse con los fósiles con confiabilidad.

Los siguientes parámetros no destructivos han sido usados en especies vivientes de la familia Delphinidae y son comparables con UABCS/ISJ/3008 y UABCS/ISJ/3009:

a) *Grado de fusión de las epífisis al centro vertebral*, considerando maduros los individuos con ambas epífisis fusionadas, la edad de fusión en *Stenella coeruleoalba* es entre los 13 y 18 años (Calzada et al., 1997). El ejemplar UABCS/ISJ/3009 posee dos vértebras (figura 12) que presentan las epífisis fusionadas sin líneas epifiseales aparentes. Las fracturas que se observan fueron causadas durante la preparación.

b) *Fusión distal de la maxila y premaxila* (Dailey y Perrin, 1973): existe una relación entre la fusión distal de premaxila-maxila y la madurez establecida por longitud corporal, madurez sexual y coloración con un error en la clasificación de adultos y subadultos de 14% a 19%. La edad de fusión en *Stenella coeruleoalba* es entre los 13 y los 20 años (Calzada et al., 1997). Existe discusión sobre la confiabilidad de este parámetro porque ha sido notado que en *Delphinus delphis* (Perrin y Heyning, 1993) y *Tursiops truncatus* (Mead y Potter, 1990) la fusión distal de estos huesos no es un indicador muy preciso de madurez física. Los cráneos de los ejemplares UABCS/ISJ/3008 y UABCS/ISJ/3009 poseen una visible fusión de maxila y premaxila. Esto se refuerza con el hecho de que las uniones premaxila y maxila no fueron afectadas por los efectos de transporte que dañaron otras partes de los cráneos, se presentan unidas cuando se presentan.

c) *Fusión de huesos nasales*, considerando maduros a los individuos con nasales completamente fusionados, la edad de fusión en *Stenella coeruleoalba* es entre los 13 y los 20 años (Calzada et al., 1997). En ninguno de los dos ejemplares de Isla San José (UABCS/ISJ/3008 y UABCS/ISJ/3009) se encontraron los huesos nasales, es probable que estos huesos hayan sido desprendidos debido a efectos de transporte (que fragmentó otras partes de los cráneos) o por destrucción durante el proceso de preparación. Sin embargo no se puede descartar la posibilidad de que los huesos nasales no hayan estado

completamente fusionados y por eso fueron desprendidos. Este sería el único rasgo que indica un posible grado de inmadurez en los ejemplares.

8.1.2. Hibridación

Se han reportado 39 casos de supuesta hibridación en cetáceos: 33 de casos por cruzas de especies en el suborden Odontoceti (85%) y sólo 6 en el suborden Mysticeti (15%). Todos los casos de híbridos de Mysticeti han sido descubiertos en organismos en estado salvaje durante operaciones de cacería comercial y en todos los casos los padres involucrados fueron una ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) y una ballena azul (*Balaenoptera musculus*) (ver Bérubé y Aguilar, 1998; Árnason et al., 1991). De los 33 casos de híbridos en Odontoceti, 32 han sido cruzas entre miembros de la familia Delphinidae y 30 involucran como uno de los padres a *Tursiops* (ver Sylvestre y Tasaka, 1985; Bérubé y Aguilar, 1998; Zornetzer y Duffield, 2003). Los otros 2 casos dentro de la familia documentan un posible híbrido entre un *Delphinus capensis* y un *Lagenorhynchus obscurus* (ver Reyes, 1996) y otro entre un *Lissodelphis borealis* y un *Lagenorhynchus obscurus* (ver Yazdi, 2002).

A pesar de la superioridad numérica de la familia Delphinidae en casos de hibridación, la gran mayoría ha ocurrido en cautiverio (Sylvestre y Tasaka, 1985; Bérubé y Aguilar, 1998) y los 5 supuestos casos de híbridos en

vida salvaje (Fraser, 1940; Reyes, 1996; Yazdi, 2002) no se han establecido genéticamente, haciendo su validez cuestionable.

Los casos más cercanos a la morfología del ejemplar UABCS/ISJ/3008 son: 1) Los seis casos de hibridación de *Tursiops truncatus* x *Pseudorca crassidens* (Bérubé, 2002). En uno de los casos, el híbrido se cruzó con un *Tursiops truncatus* teniendo dos crías vivas. Uno de los híbridos de segunda generación sobrevivió por cerca de 8 años (Duffield y Amos, 2001). Una comparación de las características anatómicas de un híbrido de *Tursiops truncatus* x *Pseudorca crassidens* y el ejemplar UABCS/ISJ/3008 fue realizada (Aguirre-Fernández, 2006), estableciendo algunas similitudes entre ambos. Sin embargo las comparaciones no son muy precisas al ser basadas en una descripción de un híbrido que sobrevivió 277 días (Nishiwaki y Tobayama, 1982); 2) Los dos casos de hibridación reportados de una *Globicephala macrorhynchus* x *Tursiops truncatus* (Duffield, 1998, en Bérubé, 2002). En uno de estos casos, el híbrido nació muerto (Antrim y Cornell, 1981, en Yazdi, 2002).

Con posibles morfologías similares al ejemplar UABCS/ISJ/3008 son los casos de un presumible híbrido de *Tursiops truncatus* x *Delphinus capensis* (Bérubé, 2002) y dos casos de hibridación de *Tursiops truncatus* x *Delphinus delphis* (Duffield 1998 en Bérubé, 2002). Desgraciadamente, no existe información sobre el tiempo de vida ni características anatómicas de estos tres casos.

8.2. Aspectos filogenéticos

La revisión filogenética de la familia Delphinidae o el establecimiento de nuevas hipótesis de relación evolutiva entre los taxa vivientes no es uno de nuestros objetivos. La descripción y el ejercicio filogenético presentado en esta disertación es un preámbulo que abre la oportunidad de incluir estos fósiles en análisis morfológicos comprensivos que ayuden a aclarar los problemas de clasificación de la familia. En algunos cetáceos, la ausencia de información filogenética también demuestra la deficiencia de datos en otros aspectos de su biología. Esto es ilustrado con el hecho de que 53% de los delfínidos sean categorizados como deficientes de información en la Lista Roja de especies amenazadas de la IUCN (www.redlist.org) (Price et al., 2005). La inclusión del ejemplar UABCS/ISJ/3009 y otros fósiles afines en análisis morfológicos que consideren todas las especies de los géneros reconocidos de *Delphinus*, *Stenella* y *Tursiops* podría ayudar a aclarar la discusión planteada por LeDuc et al. (1999) que menciona la polifilia de estos dos últimos géneros; la inclusión del ejemplar UABCS/ISJ/3008 en un análisis filogenético exhaustivo podría ayudar a descifrar las relaciones evolutivas de la subfamilia Globicephalinae. En donde sea posible, se hacen algunas comparaciones de nuestro árbol filogenético con otras clasificaciones que incluyen aproximaciones morfológicas¹, genéticas² o ambas³ de especies actuales⁴, fósiles⁵ o ambas⁶

(de Muizon, 1988a^{1,6}; Bianucci, 2005^{1,6}; Barnes, 1990^{1,6}; Mead, 1975^{1,4}; LeDuc et al., 1999^{2,4}).

La topología general del cladograma es similar a los estudios basados en caracteres anatómicos (de Muizon, 1988; Bianucci, 2005; Barnes, 1990; Mead, 1975), pero presenta algunas contradicciones con el análisis filogenético presentado por LeDuc et al. (1999).

Estudios que han usado experimentos, simulaciones y modelos biomecánicos (Werth, 1992, 2006a, 2006b) indican que la forma craneal y oral de los odontocetos es una determinante crítica del flujo de agua y por lo tanto de la capacidad de la alimentación por succión. Estos mismos estudios revelan una correlación en Odontoceti entre la alimentación por succión (documentada o inferida por tipo de presa y condición de contenidos estomacales, comportamiento alimenticio y anatomía músculo-esquelética) y un perfil craneal que involucra una cabeza corta y roma con una apertura oral redonda. Esta característica no es exclusiva de una familia y considerando las diferencias que existen, se cree que tienen múltiples orígenes independientes dentro del suborden Odontoceti (Werth, 2006a). Bianucci (1996) señala la posibilidad de que varios géneros de la familia Delphinidae que son morfológicamente similares pudieron haberse originado de linajes evolutivos independientes. En

este contexto, las subfamilias Globicephalinae o Delphininae podrían estar compuestas de taxa polifiléticos con adaptaciones tróficas similares.

Perrin (1975), al estudiar la variabilidad de los caracteres craneales en las diferentes especies de *Stenella*, notó que los caracteres asociados a la alimentación parecen ser los más plásticos evolutivamente. El exceso en el uso de caracteres asociados a la alimentación (proporciones del rostro, número y tamaño de dientes, proporciones del dentario) en análisis filogenéticos basados en morfología podrían ser erróneos, como señalan Natoli et al. (2004) mostrando la gran distancia genética que separa a dos poblaciones de *Tursiops* con morfotipos similares en relación a su longitud del rostro: los tipos de "*aduncus*" que se encuentran en Asia y Sudáfrica.

La cercanía de los miembros de la subfamilia Globicephalinae y Delphininae que se observa en el cladograma presentado en este trabajo es corroborado por estudios morfológicos y genéticos. Por esto, la reducción en la longitud del rostro y número de dientes, el aumento en lo ancho del rostro y tamaño de los dientes podría ser un proceso evolutivo que evolucionó una sola vez en la familia Delphinidae.

8.2.1. Subfamilia Delphininae y ejemplar UABCS/ISJ/3009

El ejemplar UABCS/ISJ/3009 no presenta conservadas las apomorfías que han sido utilizadas para agrupar a la subfamilia Delphininae (caracteres 18-21); sin embargo, las proporciones craneales lo relacionan fuertemente a la subfamilia. Esta parte del cladograma coincide con las filogenias publicadas basadas en características morfológicas (Mead, 1975; de Muizon, 1988a; Barnes, 1990; Bianucci, 2005) que establecen a *Tursiops* como el taxón hermano de *Delphinus* y *Stenella*. La filogenia propuesta por LeDuc et al. (1999) difiere al establecer a *Stenella attenuata* como taxón hermano de *Tursiops truncatus*.

8.2.2. Subfamilia Globicephalinae y ejemplar UABCS/ISJ/3008

El ejemplar UABCS/ISJ/3008 no posee la proporción de longitud rostral corta (respecto a la longitud condilobasal) que caracteriza a los miembros de la subfamilia Globicephalinae. Esto se debe en parte a la subestimación de la longitud condilobasal por la ausencia de los cóndilos occipitales y a cierto nivel de distorsión mecánica que sufrió el cráneo, empujando el rostro ventralmente (inferido por las fracturas que se presentan en el área del rostro), pero aún considerando los factores mencionados, el rostro sigue siendo largo respecto a las proporciones de los otros miembros del clado. La superficie dorsal de las premaxilas en la porción anterior del rostro en el ejemplar UABCS/ISJ/3008 no

es aplanada como en el resto del clado: en un grado similar al ocurrido en *Grampus*, el ejemplar UABCS/ISJ/3008 muestra un abultamiento en la porción anterior del rostro que no es tan conspicuo como en los géneros *Delphinus* y *Stenella*. Una mejor revisión de este carácter debe hacerse. Un carácter único que el ejemplar UABCS/ISJ/3008 sólo comparte con el género viviente *Globicephala* es la presencia de rugosidades en la zona anterior de las premaxilas.

Considerando las dos reversiones que se presentan en la reconstrucción de caracteres de UABCS/ISJ/3008, se debe mencionar que la inclusión de más especímenes con partes no preservadas en este ejemplar que complementen la descripción y/o estudios más detallados de los caracteres podrían modificar la posición de este ejemplar en dirección a la base del cladograma.

La parte del cladograma que muestra las relaciones del ejemplar UABCS/ISJ/3008 y otros miembros de la familia Globicephalinae también coincide con la mayoría de los estudios filogenéticos anatómicos (de Muizon, 1988a; Bianucci, 2005) en establecer a *Peponocephala* como el taxón con las características más primitivas del grupo, difiriendo con la clasificación de LeDuc et al. (1999), que establece a *Orcinus*, seguido por *Pseudorca*, como los miembros que comparten las características más primitivas del grupo.

8.1.3. Perióticos

Como ha sido expuesto por varios autores (Bianucci, 1996; Flores-Trujillo, 2002; Kasuya, 1973), es imposible una determinación sistemática usando exclusivamente perióticos aislados. La variación bilateral (lados derecho e izquierdo), sexual (Kasuya, 1973) y de madurez física (Flores-Trujillo, 2002) es considerada como mínima. Aunque es posible identificar muchas de las especies de Odontoceti basándose en la morfología de los huesos timpano-perióticos, es muy complicado hacerlo en las especies de la familia Delphinidae (Kasuya, 1973). Por estas consideraciones, los resultados que se presentan son estrictamente descripciones morfológicas que no necesariamente expresan relaciones evolutivas. Estos perióticos no se incluyen en el análisis filogenético y pueden existir errores de identificación que influyen en los resultados de abundancia de cada género.

8.3. Aspectos tafonómicos

Existe un amplio interés de la sociedad y la comunidad científica sobre el estudio de los fósiles. Paradójicamente, en muchos casos es difícil conseguir apoyo económico y logístico para llevar a cabo estudios adecuados en este campo [más información sobre el estado de la paleontología y sus perspectivas en México y otras partes del mundo en: Flessa y Smith (1997); Carreño y

Montellano-Ballesteros (2005); Plotnick (2007a; 2007b)]. La gran mayoría de los fósiles presentados en este trabajo fueron extraídos bajo condiciones circunstanciales, sin proyectos dirigidos a la búsqueda de este material en específico. Una mayor apertura y apoyo por parte de universidades e instituciones gubernamentales a proyectos específicos contribuirá con seguridad al enriquecimiento de la información tafonómica y el hallazgo de más y mejores especímenes de esta importante familia de cetáceos.

8.3.1. Unidad estratigráfica de arenisca estratificada (AE, sb), Subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur

De acuerdo con las observaciones de Schäfer (1972), si un cetáceo muere en una cuenca oceánica más o menos cerrada, como es el caso del Golfo de California, el cuerpo suele varar en una playa antes de su desintegración. La descomposición provoca una alta presión de gas en el interior del cuerpo, de manera que el cuerpo toma una forma inflada en forma de torpedo. Durante este estado, el cuerpo del cetáceo es fácilmente empujado por las olas hacia la playa y eventualmente el gas escapa por rupturas en la piel. Cuando el daño es mayor, la cabeza y el torso reaccionan diferente a los efectos del transporte, siguiendo así diferentes destinos. Esto posiblemente pasó con el ejemplar UABCS/ISJ/3009 (Delphininae), ya que se encontraron asociados al cráneo

algunas vértebras y costillas, lo que hace suponer que podría haber más material relacionado a este ejemplar disperso en la zona donde fue encontrado.

La hipótesis tafonómica más probable del ejemplar UABCS/ISJ/3008 (*Globicephalinae*), inferida por las observaciones relatadas por Schäfer (1972) sobre un delfín muerto en la bahía de Jade, Alemania, indica que probablemente el cuerpo estuvo a la deriva por mucho tiempo, siendo el tegumento de la parte superior del cráneo una de las primeras partes en romperse. La conexión del cráneo con el resto del cuerpo suele mantenerse intacta todavía por más tiempo debido a la resistencia de la tráquea, hasta que finalmente el cráneo completo suele desprenderse. En esta etapa, los dentarios ya habrán perdido su conexión con el cráneo (figura 28); por esto, sólo se encontró el cráneo y los huesos del oído medio izquierdo de este ejemplar.



Figura 28. Deriva y desarticulación de un cuerpo de delfín, imagen tomada de Schäfer (1972).

8.3.2. Formación Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur

Considerando las suposiciones de Wilson (1985), que señala que los animales que formaron las madrigueras *Gyrolithes* fueron contemporáneos de los fósiles de la capa de arenisca limosa (donde reporta fósiles de mamíferos marinos) y donde también se encontraron los bivalvos *Lucinoma annulata* en posición de vida, el ambiente debió ser el de aguas moderadamente profundas de la zona nerítica, entre 50 y 90 metros de profundidad. Para Applegate y Espinosa-Arrubarrena (1981), la selacifauna de la Loma del Tirabuzón sugiere profundidades de 20 a 200 metros, en un ambiente de mar abierto a 2-3 km de la costa. Carreño (1981) identifica foraminíferos y ostrácodos que indican un ambiente de mar abierto con profundidades máximas de 200 a 500 metros. Considerando que Formación Tirabuzón no es un ambiente de playa, el ensamble de cetáceos fósiles no corresponde a casos de varamientos masivos.

Los perióticos y buías timpánicas son los huesos más fuertes del esqueleto craneal y por lo tanto son particularmente resistentes a las influencias atmosféricas haciendo su preservación más probable (Lyman, 1994; Schäfer, 1972). Además de la resistencia estructural de estas piezas óseas, su alta densidad disminuye los efectos de transporte y aumentan las probabilidades de un rápido enterramiento que favorece la fosilización (Martin, 1999).

La diferencia en abundancia de especies no parece tener una razón tafonómica y tampoco refleja eventos aislados de varamientos masivos. Bajo estas premisas, es válido suponer que las abundancias de los huesos del oído reflejan las abundancias genéricas, aunque como fue mencionado, no debemos olvidar algún posible sesgo por errores de identificación.

8.4. Aspectos paleoecológicos

8.4.1. Unidad estratigráfica de arenisca estratificada (AE, sb), Subcuenca Punta Colorada, Isla San José, Baja California Sur

Los resultados del análisis textural del sedimento refuerzan las ideas propuestas por Ruiz-Geraldo (2005) y Umhoefer et al. (2007), se interpreta un ambiente de depósito de zona sublitoral marina, posiblemente de plataforma interna, con variaciones de energía moderada a alta.

Las conchas de bivalvos observadas en el área no están fragmentadas y en algunos casos hasta se presentan articuladas incluyen la especie *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) identificada por Ruiz-Geraldo (2005), entre otras pertenecientes a la familia Pectinidae. La familia Pectinidae es frecuentemente observada en substratos duros de grava o arena, estos substratos

generalmente ocurren en zonas de fuertes flujos de corriente. La especie *Nodipecten subnodosus* se distribuye en fondos blandos y someros, hasta una profundidad de 15 metros (Félix-Pico, 1993 en Cid-Becerra, 2002). Los restos de ostiones (género *Ostrea*) se distribuyen en hábitats intermareales y submareales, se encuentran adheridos a las rocas y manglares (Brusca, 1980).

Los restos de tortugas y de tiburones del género *Carcharinus*, así como la abundancia de carbonatos, indican un ambiente subtropical a tropical cercano a la costa (Compagno, 2003).

El ensamble de cetáceos de Isla San José, que posee las dos nuevas especies de Delphinidae mencionadas en este trabajo y otros restos de misticetos debe ser reconocido como el ensamble "Los Placeritos". Esta localidad es un sitio importante en el estudio de la evolución de los cetáceos, por lo que instituciones como el INAH y el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California deben considerar cuidados especiales.

8.4.2. Formación Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur

Con cuatro géneros, los Delphinidae de la Formación Tirabuzón poseen una fauna diversa, similar a la observada en otras formaciones del Plioceno alrededor del mundo, como la Formación Whalers Bluff, en Portland, Victoria,

Australia, con dos géneros: *Tursiops* y espécimen posible *Delphinus* o *Stenella* (Fitzgerald, 2005); la Formación Yorktown en Aurora, North Carolina, Estados Unidos con 6 géneros: *Delphinus*, *Stenella*, *Lagenorhynchus*, *Tursiops*, *Globicephala* y *Pseudorca* (Withmore y Kaltenbach, 2008); la Formación Pisco, en Sacaco, Perú con 3 géneros: cf. *Delphinus*, cf. *Stenella* y un nuevo género de Globicephalinae (Cozzuol, 1996); la Formación San Diego en San Diego, California, Estados Unidos, con un género que corresponde a un espécimen similar a *Delphinus* o *Stenella* (Barnes, 1973).

Los porcentajes de abundancia en los géneros descritos de Formación Tirabuzón son: aff. *Stenella* 58%, aff. *Delphinus* 28%, aff. *Tursiops* 7% y aff. *Lagenorhynchus* 7%. Los porcentajes actuales de estimaciones de abundancia para el Pacífico Norte de las especies de los géneros *Stenella*, *Delphinus*, *Tursiops* y *Lagenorhynchus* que se distribuyen en la región oeste son: *Stenella attenuata*, *S. coeruleoalba* y *S. longirostris* 60%, *Delphinus* spp. 28%, *Tursiops truncatus* 4% y *Lagenorhynchus obliquidens* 9% (datos de la IWC reunidos en Tamura, 2003). Esto parece indicar que a nivel genérico, las abundancias relativas representadas en Formación Tirabuzón no han cambiado significativamente en los últimos 3-2 millones de años. En esta suposición, deben tomarse en cuenta los sesgos que poseen la mayoría de los ensambles fósiles, como el fenómeno de "promediado en el tiempo" ("time-averaging"), en que los fósiles "se acumulan a partir de la comunidad local viviente durante el

tiempo requerido para depositarse el sedimento que los contiene" (Walker y Bambach, 1971 en Martin, 1999). Un ensamble fósil puede representar una duración mínima de unas cuantas décadas hasta miles de años (Martin, 1999).

8.4.3. Consideraciones generales

Las faunas de cetáceos parecen haberse "modernizado" a finales del Plioceno en términos de composición genérica (Fordyce et al., 2002). Algunos ensambles de cetáceos de finales del Mioceno y principios del Plioceno incluyen algunas formas arcáicas con extraños componentes y algunas formas conocidas pero con rangos geográficos inesperados. Estas características hacen pensar en cambios ambientales significativos en la ecología de los cetáceos dentro de los últimos 3 a 4 millones de años. Estos cambios son atribuidos al enfriamiento global y cambios en la circulación oceánica, afectando directamente a los cetáceos por extinciones o cambios de distribución en especies estenotérmicas, o indirectamente por cambios en distribución y abundancia de su alimento (Fordyce et al., 2002). Los procesos geológicos que moldearon el Golfo de California durante el Mioceno y Plioceno pudieron ser eventos importantes en la evolución de los cetáceos (Aranda et al., 2008). Así como los eventos geológicos y climáticos del Mediterráneo durante el Mioceno y Plioceno, podrían estar involucrados en la alta diversificación de la familia Delphinidae registrada por la gran cantidad de

especies fósiles descritos encontrados en sedimentos de Italia (Bianucci, 1996, 2005).

La abundancia actual de la familia Delphinidae es aparentemente el resultado de una evolución explosiva que ocurrió en la última parte del Plioceno, resultando en el reemplazamiento de grupos que anteriormente fueron más diversos: Kentriodontidae, Phocoenidae y Monodontidae (Barnes, 2002a). Esto está registrado también en los ensambles fósiles del Mioceno de la Península de Baja California (Barnes, 1998, 2002b).

9. Conclusiones

- El ejemplar UABCS/ISJ/3009 es un nuevo género y especie dentro de la familia Delphinidae que comparte características con la subfamilia Delphininae, particularmente con los géneros actuales *Tursiops*, *Delphinus* y *Stenella*.
- Se identifican cuatro morfotipos en los huesos pericóicos en Formación Tirabuzón que se relacionan a géneros vivientes de la familia Delphinidae, subfamilia Delphininae: aff. *Lagenorhynchus*, aff. *Tursiops*, aff. *Stenella* y aff. *Delphinus*.

- El ejemplar UABCS/ISJ/3008 es un nuevo género y especie de la familia Delphinidae que comparte características con la subfamilia Globicephalinae, particularmente con el género viviente *Globicephala*.
- Los ejemplares UABCS/ISJ/3008 y UABCS/ISJ/3009 son morfológicamente maduros y preservan caracteres taxonómicos importantes que han sido reconocidos en otros trabajos filogenéticos y serán de utilidad para nuevos estudios filogenéticos.
- Las abundancias relativas de los géneros representados por los perióticos de Formación Tirabuzón son similares a las abundancias genéricas actuales de las especies vivientes que se distribuyen en el Pacífico Noroeste.
- Los sedimentos marinos del Plioceno del Golfo de California poseen preservados ensambles de cetáceos de importancia mundial, particularmente de la Familia Delphinidae, debido a los bajos registros de este grupo.
- Este estudio demuestra que existió una diversa comunidad de la familia Delphinidae en el Golfo de California durante el Plioceno que aparentemente reemplazó los nichos de familias anteriormente más diversas de Delphinoidea como las familias Kentriodontidae, Phocoenidae y Monodontidae.

10. Literatura citada

- Adrain, J.M., G.D. Edgecombe y B.S. Lieberman. 2001. Paleobiology: an empirical historical science. En: Adrain, J.M., G.D. Edgecombe, B.S. Lieberman (eds). *Fossils, phylogeny and form. An analytical approach*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, EUA. 1-6 p.
- Aguirre-Fernández, G. 2006. Descripción taxonómica de un cráneo fósil de odontoceto (Delphinidae) del Plioceno de Isla San José, Baja California Sur, México [Tesis licenciatura]. [Baja California Sur, Mexico]: 45 p.
- Aguirre-Fernández, G., L.G. Barnes, L.A. Herrera-Gil y J.R. Fernández-Rivera. 2004. Sobre el Descubrimiento de un cráneo fósil de delfínido, probable nuevo género y especie, del Plioceno de Isla San José, Baja California Sur, México [Resumen]. En: XXIX Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos; 2-5 Mayo 2004. UABCS-CICIMAR-SOMEMMA. La Paz, Mexico.
- Aguirre-Fernández, G., L.G. Barnes, L.A. Herrera-Gil y J.R. Fernández-Rivera. 2005. Descubrimiento de un cráneo fósil de delfínido, probable nuevo género y especie, del Plioceno de Isla San José, Baja California Sur, México [Resumen]. En: VII Reunión Internacional sobre Geología de la Península de Baja California; 3-6 Abril 2005, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.
- Aguirre-Fernández, G., F.J. Aranda-Manteca y L.G. Barnes. 2007. Análisis sistemático de la familia Delphinidae (Cetacea:Odontoceti) del Plioceno del Golfo de California [Resumen]. En: Memorias del Congreso Estudiantil de la Facultad de Ciencias Marinas. Fecha. Ensenada, Baja California, México.
- Aguirre-Fernández, G., F. J. Aranda-Manteca, L. G. Barnes y J. R. Fernández-Rivera. 2008a. Phylogenetic history of Delphinidae (Cetacea: Odontoceti) during the Pliocene of the Gulf of California [Resumen]. En: Abstract book of 22nd Annual Conference of the European Cetacean Society; 10-12 Marzo 2008 Egmond Aan Zee, Holanda
- Aguirre-Fernández, G., L. G. Barnes, F. J. Aranda-Manteca y J. R. Fernández-Rivera. 2008b. Afinidades filogenéticas de algunos Delphinidae (Cetacea:Odontoceti) del Golfo de California, México, durante el Plioceno [Resumen]. En: Programa y resúmenes de la XXXI Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos; 18-21 Mayo 2008, Ensenada, Baja California, México.
- Allison, E.C. 1964. Geology of areas bordering Gulf of California. En: Van Andel, T.H. y G.G. Shor (eds). *Marine geology of the Gulf of California, Memoir 3*. American Association of Petroleum Geologists. EUA. 3-29 p.

- Anderson, C.A. 1950. Part I.- Geology of islands and neighboring land areas. p. 1-53 En: 1940 E.W. Scripps Cruise to the Gulf of California. The Geological Society of America. EUA.
- Applegate, S.P. y L. Espinosa-Arrubarrena. 1981. The geology and selachian paleontology of Loma de Tirabuzón (Corkscrew Hill), Santa Rosalía, BCS. En: Abbott, P.L y R.G. Gastil, (eds). Baja California Geology, field guides and papers. Geological Society of America Annual Meeting Guidebook. Dpt. Geological Sciences, San Diego State University, San Diego, California. 257-263 p.
- Aranda-Manteca, F.J. 2001. Análisis paleoecológico y paleoambiental de la asociación de vertebrados marinos fósiles de La Misión, Baja California, México [Tesis doctorado]. [FCM, Universidad Autónoma de Baja California]: 220 p.
- Aranda-Manteca F.J., L.G. Barnes y G. Aguirre-Fernández. 2008. Condiciones ambientales y tectónica durante el Plioceno en el desarrollo de la familia Delphinidae en el Golfo de California, México [Resumen]. En: Programa y resúmenes de la XXXI Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos; 18-21 Mayo 2008. Ensenada, Baja California, México.
- Árnason U., R. Spilliaert, A. Pálsdóttir, A. Árnason. 1991. Molecular identification of hybrids between the two largest whale species, the blue whale (*Balaenoptera musculus*) and the fin whale (*B. physalus*). *Hereditas* 115: 183-189.
- Barnes, L.G. 1973. Pliocene cetaceans of the San Diego Formation, San Diego, California. En: Ross, A. y R.J. Dowlen (eds). Studies on the Geology and Geologic Hazards of the Greater San Diego Area, California. San Diego Association of Geologists. Estados Unidos. 37-42 p.
- Barnes, L.G. 1977. Outline of eastern north Pacific fossil cetacean assemblages. *Systematic Zoology* 23 (4): 321-343.
- Barnes, L.G. 1978. Cetacea. En: Maglio, V.J. y H.B.S. Cooke (eds). Evolution of african mammals. Cambridge Harvard University Press. EUA. 582-602 p.
- Barnes, L.G. 1990. The fossil record and evolutionary relationships of the genus *Tursiops*. En: Leatherwood, S. y R.R. Reeves (eds). The Bottlenose Dolphin. Academic Press. EUA. 3-26 p.
- Barnes, L.G. 1998. Sequence of fossil marine mammal assemblages. En: Carranza-Castañeda, O. y D.A. Córdoba-Méndez (eds). Avances en Investigación, Paleontología de Vertebrados. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Publicación Especial 1: 26-79.
- Barnes, L.G. 2002a. Delphinoids: Evolution of the modern families. En: Perrin, W.F., H. Thewissen y B. Wursig (eds). Encyclopedia of Marine Mammals, Academic Press. EUA. 314-316 p.

- Barnes, L.G. 2002b. Evolutionary history of the fossil marine mammals of México. En: Montellano-Ballesteros, M. y J. Arrollo-Cabrales (eds). Avances en los estudios paleomastozoológicos. Colección Científica, Serie Arqueología. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 125-225 p.
- Barnes, L.G., D.P. Domning y C.E. Ray. 1985. Status of studies on fossil marine mammals. *Marine Mammal Science* 1 (1): 15-53.
- Barnes, L.G. y J.L. Goedert. 2001. The earliest echolocating toothed whales [Resumen]. En: Meeting Abstracts, Western Association of Vertebrate Paleontologists Annual Meeting; 17 Febrero 2001, Mesa Southwest Museum, Mesa, Arizona.
- Barnes, L.G., J.L. Goedert y H. Furusawa. 2002. The earliest known echolocating toothed whales (Mammalia; Odontoceti): preliminary observations of fossils from Washington State. *Mesa Southwest Museum Bulletin* [Western Association of Vertebrate Paleontologists, Mesa Southwest Museum y Southwest Paleontological Society, Arizona], 8: 91-100.
- Bérubé, M. 2002. Hybridism. En: Perrin, W.F., H. Thewissen y B. Wursig (eds). *Encyclopedia of Marine Mammals*, Academic Press. EUA. 596-600 p.
- Bérubé, M. y A. Aguilar. 1998. A new hybrid between a blue whale, *Balaenoptera musculus*, and a fin whale, *B. physalus*: frequency and implications of hybridization. *Marine Mammal Science* 14 (1): 82-98.
- Bianucci, G. 1996. The Odontoceti (Mammalia, Cetacea) from Italian Pliocene. Systematics and phylogenesis of Delphinidae. *Palaeontographia Italica* 83. Italia. 167 p.
- Bianucci, G. 2001. A new genus of Kentriodontid (Cetacea: Odontoceti) from the Miocene of South Italy. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 21 (3): 573-577.
- Bianucci, G. 2005. *Arimidelphis sorbinii* a new small killer whale-like dolphin from the Pliocene of Marecchia River (Central Eastern Italy) and a phylogenetic analysis of the Orcininae (Cetacea: Odontoceti). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 111 (2) 329-344 p.
- Brand, L.R., R. Esperante, A.V. Chadwick, O. Poma-Porras y M. Alomía. 2004. Fossil whale preservation implies high diatom accumulation rate in the Miocene-Pliocene Pisco Formation of Peru. *Geology* 32 (2): 165-168.
- Bustamante-García, J. (comp). 1999. Monografía Geológico-Minera del Estado de Baja California Sur. Consejo de Recursos Minerales. México. 237 p.
- Calzada, N., A. Aguilar, C. Lockyer y E. Grau. 1997. Patterns of growth and physical maturity in the western Mediterranean striped dolphin, *Stenella coeruleoalba* (Cetacea: Odontoceti). *Canadian Journal of Zoology* 75: 632-637.

- Carreño, A.L. 1981. Ostrácodos y foraminíferos planctónicos de la Loma del Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur, e implicaciones bioestratigráficas y paleoecológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 5 (1): 55-64.
- Carreño, A.L. y M. Montellano-Ballesteros. 2005. La Paleontología mexicana; pasado, presente y futuro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo LVII (2): 137-147.
- Carroll, P.L. 1988. *Vertebrate paleontology and evolution*. W.H. Freeman and Co. EUA. 698 p.
- Cid-Becerra, J.A. 2002. Análisis biogeográfico, genético y morfométrico de *Lyropecten (Nodipecten) subnodosus* (Sowerby, 1835) (Mollusca: Bivalvia) en el Pacífico Oriental Tropical [Tesis doctorado]. [FCM, Universidad Autónoma de Baja California]: 173 p.
- Compagno, L.J.V. 2003. *Sharks of the order Charcharhiniformes*. Blackburn Press. 486 p.
- Cozzuol, M.A. 1996. The record of the aquatic mammals in southern South America. *Münchener Geowissenschaftliche Abhandlungen (A)* 30: 321-342.
- Dailey, M.D. y W.F. Perrin. 1973. Helminth parasites of porpoises of the genus *Stenella* in the eastern tropical Pacific, with descriptions of two new species: *Mastigonema stenellae* gen. et sp. n. (Nematoda: Spiruroidea) and *Zalophotrema pacificum* sp. n. (Trematoda: Digenea). *Fishery Bulletin* 71 (2): 455-471.
- Deméré, T.A. 1993. Fossil mammals from the Imperial Formation (upper Miocene/lower Pliocene, Coyote Mountains, Imperial County, California. En: Reynolds, R.E. y J. Reynolds (eds). *Ashes, faults and basins*. San Bernardino County Museum Association Special Publication 93 (1): 82-85.
- Donoghue, M.J., J. Doyle, J. Gauthier, A. Kluge y T. Rowe. 1989. The importance of fossils in phylogeny reconstruction. *Annual reviews of Ecology and Systematics* 20: 431-460.
- Duffield, D.A. y W. Amos. 2001. Genetic analyses. En: Dierauf, L.A. y F.M.D. Gulland (eds). *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine*. CRC. EUA. 271-278 p.
- Durham, J.W. 1950. Part II.- Megascopic paleontology and marine stratigraphy. p. 1-193 En: 1940 E.W. Scripps Cruise to the Gulf of California. The Geological Society of America. EUA.
- Esperante, R., L. Brand, A. Chadwick y A. Poma. 2002. Taphonomy of fossil whales in the diatomaceous sediments of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Peru. En: De Renzi, M., M.V. Pardo-Alonso, M. Belinchón, E. Peñalver, P. Montoya y A. Márquez-Aliaga (eds). *Current topics on taphonomy and fossilization. International Conference Taphos 2002, 3rd Meeting on taphonomy and fossilization*. España. 337-343 p.

- Fitzgerald, E.M.G. 2005. Pliocene marine mammals from the Whalers Bluff Formation of Portland, Victoria, Australia. *Memoirs of Museum Victoria* 62 (1): 67-89.
- Flessa, K.W. y D.M. Smith. 1997. Paleontology in academia: recent trends and future opportunities. En: *Paleontology in the 21st Century*, http://www.nhm.ac.uk/hosted_sites/paleonet/paleo21/rr/academia.html
- Flores-Olvera, V.J. y L.G. Barnes. 1991. Colección de cetáceos del Plioceno de la Formación Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur, México [Resumen]. En: Programa y resúmenes, XVI Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos; Abril 1991, Nuevo Vallarta, Nayarit, México.
- Flores-Trujillo, J.G. 2002. Morfología y morfometría del cráneo y del oído interno (hueso periótico) en odontocetos Delphinoidea [Tesis de Maestría]. [FCM, Universidad Autónoma de Baja California]. 168 p.
- Fordyce, R.E. y L.G. Barnes. 1994. The evolutionary history of whales and dolphins. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 22: 419-455.
- Fordyce, R.E., L.G. Barnes y N. Miyazaki. 1995. General aspects of the evolutionary history of whales and dolphins. The Island Arc Thematic Issue: Evolution and Biogeography of Fossil Marine Vertebrates in the Pacific Realm, *Proceedings of the 29th International Geological Congress, Kyoto, Japan* 3 (4): 373-391.
- Fordyce, R.E., P.G. Quilty y D. Daniels. 2002. *Australodelphis mirus*, a bizarre new toothless ziphiid-like fossil dolphin (Cetacea: Delphinidae) from the Pliocene of Vestfold Hills, East Antarctica. *Antarctic Science* 14 (1): 37-54.
- Fordyce, R.E. y C. de Muizon. 2001. Evolutionary history of cetaceans: a review. En: Mazin, J.M. y V. de Buffrénil (eds). *Secondary Adaptation of tetrapods to life in water*. Alemania. 169-233 p.
- Forey, P.L., C.J. Humphries, I.J. Kitching, R.W. Scotland, D.J. Siebert y D.M. Williams. 1992. *Cladistics, a practical course in systematics*. Oxford University Press. 191 p.
- Folk, R.L. y W.C. Ward. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-26.
- Fraser, F.C. 1940. Three anomalous dolphins from Blacksod Bay, Ireland. *Proceedings of the Royal Irish Academy* 45 (Sec. B):413-455.
- Fraser, F.C. y P.E. Purves. 1960. Hearing in Cetaceans: Evolution of the accessory air sacs and the structure and function of the outer and middle ear in recent Cetaceans. *Bulletin of the British Museum of Natural History* 7: 1-140.
- Friedman, G.M. 1979. Differences in size distributions of populations of particles among sand grains of various origins. *Sedimentology* 26: 3-32.

- Gatesy, J. y M.A. O'Leary. 2001. Deciphering whale origins with molecules and fossils. *Trends in Ecology & Evolution* 16 (10): 562-570.
- Gauthier, J., A.G. Kluge y T. Rowe. 1988. Amniote phylogeny and the importance of fossils. *Cladistics* 4: 105-209.
- Geisler, J.H. y A.E. Sanders. 2003. Morphological evidence for the phylogeny of Cetacea. *Journal of Mammalian Evolution* 10 (1/2): 23-128.
- Hausback, B. 1984. Cenozooid volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, Mexico. En: Frizzell, V.A. Jr. (ed.) *Geology of the Baja Peninsula, Field Trip Guidebook*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Pacific Section 39: 219-235.
- Heyning, J.E. y J. G. Mead. 1990. Evolution of the nasal anatomy of cetaceans. En: Thomas, J. y R. Kastelein (eds). *Sensory Abilities of Cetaceans*. Plenum Press. EUA. 67-79 p.
- Heyning, J.E. y W.F. Perrin. 1991. Re-examination of two forms of common dolphins (genus *Delphinus*) from the Eastern North Pacific; evidence for two species. [Administrative Report LJ-91-28]. La Jolla, California. National Oceanographic and Atmospheric Administration.
- Holt, J.W., E.W. Holt y J.M. Stock. 2000. Age constraint on Gulf of California rifting from the Santa Rosalía basin, Baja California Sur, Mexico. *Geological Society of America Bulletin* 112 (4): 540-549.
- Jefferson, T.A., J. Leatherhood y M.A. Webber. 1994. *Marine Mammals of the World*. FAO y UNEP. Italia. 320 p.
- Kasuya, T. 1973. Systematic consideration of recent toothed whales based on the morphology of tympano-periotic bone. *Scientific Reports of the Whales Research Institute* 25: 1-103.
- Kellogg, R. 1927. *Kentriodon pernix*, a Miocene porpoise from Maryland. *Proceedings of the United States National Museum* 69. EUA. 55 p.
- Kitching, I.J., P.L. Forey, C.J. Humphries y D.M. Williams. 1998. *Cladistics: the theory and practice of parsimony analysis*. Oxford University Press. Gran Bretaña. 228 p.
- Krumbein, W.C. y L.L. Sloss. 1963. *Stratigraphy and sedimentation*. W.H. Freeman and Co. USA. 660 p.
- Ledesma-Vázquez, J. 2002. A gap in the Pliocene invasion of seawater to the Gulf of California. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 19 (3): 45-151.
- LeDuc, R.G., W.F. Perrin y A.E. Dizon. 1999. Phylogenetic relationships among the delphinid cetaceans based on full cytochrome b sequences. *Marine Mammal Science* 15 (3): 619-648.
- Lewis, D.W. y D. McConchie. 1994. *Analytical Sedimentology*. Chapman & Hall. USA. 197 p.
- Lyman, R.L. 1994. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge manuals in Archaeology. Cambridge University Press. Reino Unido. 524 p.
- Martin, R.E. 1999. *Taphonomy: a process approach*. Cambridge University Press. Reino Unido. 508 p.

- Martín-Barajas, A. 2000. Volcanismo y extensión en la Provincia Extensional del Golfo de California. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 53 p. 72-83.
- Matthews, L.S. 1978. The Natural History of the Whales. Columbia University Press. EUA. 219 pp.
- McLennan, D.A. y D.R. Brooks. 2001. Phylogenetic systematics, Five steps to enlightenment, Chapter 2. p. 7-28. En: Fossils, phylogeny and form. An analytical approach. J.M. Adrain, G.D. Edgecombe y B.S. Lieberman (eds.) Kluwer Academic/plenum Publishers, EUA.
- Mead, J.G. 1975. Anatomy of the external nasal passages and facial complex in the Delphinidae (Mammalia: Cetacea). Smithsonian Contributions to Zoology 207: 1-72.
- Mead, J.G. y C.W. Potter. 1990. Natural history of bottlenose dolphins along the central Atlantic coast of the United States. En: Leatherwood, S. y R.R. Reeves (eds). The bottlenose dolphin. Academic Press. EUA. 165-195 p.
- Messenger, S.L y J.A. McGuire. 1998. Morphology, molecules and the phylogenetics of cetaceans. Systematic Biology 47 (1): 90-124.
- Milinkovitch, M.C., G. Ortí y A. Meyer. 1993. Revised phylogeny of whales suggested by mitochondrial ribosomal DNA sequences. Nature 361: 346-348.
- Miller, G.S. 1923. The telescoping of the cetacean skull. Smithsonian Miscellaneous Collections 76 (5): 1-70.
- Miyasaki, N. y M. Amano. 1994. Skull morphology of two forms of short-finned pilot whales off the Pacific coast of Japan. Reports of the International Whaling Commission 44: 499-508.
- de Muizon, C. 1988a. Les relations phylogénétiques des Delphinida (Cetacea, Mammalia). Annales de Paléontologie 74 (4): 159-227.
- de Muizon, C. 1988b. Les vertébrés fossiles de la Formation Pisco (Pérou). Troisième partie: les odontocètes (Cetacea, Mammalia) du Miocène. Institut Français D'Études Andines, Mémoire 78: 1-244.
- de Muizon, C. 1993. Walrus-like feeding adaptation in a new cetacean from the Pliocene of Peru. Nature 365: 745-748.
- Natoli, A., V.M. Peddemors, A.R. Hoelzel. 2004. Population structure and speciation in the genus *Tursiops* based on microsatellite and mitochondrial DNA analyses. Journal of Evolutionary Biology 17: 363-375.
- Nishiwaki, M. y T. Tobayama. 1982. Morphological study on the hibrid between *Tursiops* and *Pseudorca*. Scientific Reports of the Whales Research Institute 34: 109-121.
- O'Leary, M.A. y J. Gatesy. 2008. Impact of increased character sampling on the phylogeny of Cetartiodactyla (Mammalia): combined analysis including fossils. Cladistics 24: 397-442.

- Perrin, W.F. 1975. Variation of spotted and spinner porpoise (Genus *Stenella*) in the Eastern Tropical Pacific and Hawaii. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography, Vol 21. University of California Press. EUA. 206 p.
- Perrin, W.F. y J.E. Heyning. 1993. Rostral fusion as a criterion of cranial maturity in the common dolphin, *Delphinus delphis*. Marine Mammal Science 9: 195-197.
- Perrin, W.F., E.D. Mitchell, J.G. Mead, D.K. Caldwell, M.C. Caldwell, P.H.J. Van Bree, W.H. Dawbin. 1987. Revision of the spotted dolphins, *Stenella* spp. Marine Mammal Science 3 (2): 99-170.
- Pichler, F.B., D. Robineau, R.N.P. Goodall, M.A. Meyer y C. Olivarría. 2001. Origin and radiation of southern hemisphere coastal dolphins (genus *Cephalorhynchus*). Molecular Ecology (10): 2215-2223.
- Plotnick, R.E. 2007a. SWOTing at paleontology. American Paleontologist 15(4): 21-23.
- Plotnick, R.E. 2007b. A somewhat fuzzy snapshot of employment in paleontology in the United States. Palaeontologia electronica, 11(1): 1-3. http://palaeo-electronica.org/2008_1/commentary/comment.htm
- Price, S.A., O.R.P. Bininda-Emonds y J.L. Gittleman. 2005. A complete phylogeny of the whales, dolphins and even-toed hoofed mammals (Cetartiodactyla). Biological Reviews 80: 445-473.
- Puy-Alquiza, M.I. 1992. Geología de la Isla San José, Canal San José y su posible correspondencia con el macizo peninsular, Baja California Sur, México [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 168 p.
- Reyes, J.C. 1996. A possible case of hybridism in wild dolphins. Marine Mammal Science 12: 301-307.
- Rice, D.W. 1998. Marine mammals of the world. Systematics and distribution. Publicación especial No.4, The Society for Marine Mammology. Allen Press. EUA. 231 p.
- Riddle, B.R., D.J. Hafner, L.F. Alexander, J.R. Jaeger. 2000. Cryptic vicariance in the historical assembly of a Baja California peninsular desert biota. Proceedings of the National Academy of Sciences 97 (26): 14438-14443.
- Ruiz-Geraldo, G. 2005. Cartografía y estratigrafía de la Cuenca Punta Colorado de la Isla San José, Baja California Sur, México [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 95 p.
- Ruiz-Geraldo, G., T. Schwennicke, P.J. Umhoefer, J.C. Ingle, R. Thompson y M. del Margo. 2003. Cartografía y estratigrafía de la cuenca Punta Colorado, Isla San José [Resumen]. En: Resúmenes de Reunión Anual GEOS Vol. 23, No. 2, Boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana. Noviembre 2003. Lugar.
- Schäfer, W. 1972. Ecology and palaeoecology of marine environments. The University of Chicago Press. [Traducción: Oertel, I.]. EUA. 568 p.

- Smith, J.T. 1991. Cenozoic marine mollusks and paleogeography of the Gulf of California. En: Dauphin, P. y B.R.T. Simoneit (eds). The Gulf and Peninsular Province of the Californias. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47. 637-666 p.
- Swofford, D. L. 2002. PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (* and Other Methods). Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Swofford, D.L. y D.P. Begle. 1993. PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (* and Other Methods) user's manual. Smithsonian Institution. EUA. 280 p.
- Sylvestre, J.P. y S. Taşaka. 1985. On the intergeneric hybrids in cetaceans. Aquatic Mammals 11 (3): 101-108.
- Tamura, T. 2003. Regional assessments of prey consumption and competition by marine cetaceans in the world. En: Sinclair, M. y G. Valdimarsson (eds). Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem. FAO. Italia. 143-170 p.
- Thomas, H.W. y L.G. Barnes. 1993. Discoveries of fossil whales in the Imperial Formation, Riverside County, California, and the northern extent of the Proto-Gulf of California. En: Reynolds, R.E. y J. Reynolds (eds). Ashes, faults and basins, San Bernardino County Museum Association, Special Publication 93 (1): 34-36.
- Tomilin, A.G. 1957. Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries Vol. IX Cetacea. (Ed. V.G. Heptner). Akademia Nauk U.S.S.R., (Traducción al inglés, 1967, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalén). 717 p.
- Turner, J.P. y G.A.J. Worthy. 2003. Skull morphometry of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Gulf of Mexico. Journal of Mammalogy 84 (2): 665-672.
- Umhoefer, P.J., R.J. Dorsey, S. Willsey, L. Mayer y P. Renne. 2001. Stratigraphy and geochronology of the Comondú Group near Loreto, Baja California Sur, Mexico. Sedimentary Geology 144: 125-147.
- Umhoefer, P.J., T. Schwennicke, M.T. Del Margo, G. Ruiz-Geraldo, J.C. Ingle y W. McIntosh. 2007. Transtensional fault-termination basins: an important basin type illustrated by the Pliocene San Jose Island basin and related basins in the southern Gulf of California, Mexico. Basin Research: 1-26.
- Werth, A.J. 1992. Anatomy and evolution of odontocete suction feeding [Tesis de Doctorado] Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 313 p.
- Werth, A.J. 2006a. Mandibular and dental variation and the evolution of suction feeding in Odontoceti. Journal of Mammalogy 87 (3): 579-588.
- Werth, A.J. 2006b. Odontocete suction feeding: experimental analysis of water flow and head shape. Journal of Morphology 267: 1415-1428.
- Wiley, E.O. 1981. Phylogenetics. John Wiley & Sons. EUA. 439 p.

- Wilson, E.C. 1985. The spiral trace fossil *Gyrolithes* de Saporta, 1884 in the Pliocene Tirabuzón Formation near Santa Rosalía, Baja California Sur, México. *Bulletin of Southern California Academy of Sciences* 84 (2): 57-66.
- Withmore, F.C. y J.A. Kaltenbach. 2008. Neogene Cetacea of the Lee Creek Phosphate Mine, North Carolina. En: Ray, C.E., D.J. Bohaska, I.A. Koretsky, L.W. Ward y L.G. Barnes (eds). *Geology and paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina, IV*. Virginia Museum of Natural History Special Publication No. 14. 217-2??p.
- Yazdi, P. 2002. A possible hybrid between the dusky dolphin (*Lagenorhynchus obscurus*) and the southern right whale dolphin (*Lissodelphis peronii*). *Aquatic Mammals* 28 (2): 211-217.
- Zoertnetzer, H.R. y D.A. Duffield. 2003. Captive born bottlenose dolphin x common dolphin (*Tursiops truncatus* x *Delphinus capensis*) intergeneric hybrids. *Canadian Journal of Zoology* 81: 1755-1762.

11. Créditos

- Figura 2 vectorizada de Nasa Visible Earth -- <http://visibleearth.nasa.gov/>
[foto: Baja.A2002315.2040.250m.jpg]
- Figuras 3 y 4 vectorizadas de Google Earth -- <http://earth.google.com/>

ANEXOS

Anexo I. Medidas en centímetros de Delphininae, cf. *Stenella*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3009) (los números corresponden a la tabla II, figuras 6 y 7).

1	Longitud condilobasal	36.8
2	Longitud del rostro	21.5
3	Anchura del rostro en su base	7.4
4	Anchura del rostro a 60 mm anterior a la línea que cruza los límites posteriores de las muescas anteorbitales	5.0
5	Anchura del rostro a la mitad de la longitud	4.6
6	Anchura de los premaxilares a la mitad de la longitud del rostro	3.2
7	Anchura del rostro a 3/4 de la longitud, medido desde el extremo posterior	3.8
8	Distancia de la punta del rostro a las narinas externas (al punto medio del margen transversal anterior de la narina derecha)	24.0
9	Distancia de la punta del rostro a las narinas internas (al punto medio del margen posterior del pterigoides derecho)	25.7
10	Anchura preorbital máxima	12.0
11	Anchura postorbital máxima	11.5
12	Anchura supraorbital mínima	14.0
13	Anchura máxima de las narinas externas	3.7
14	Anchura máxima a través de los procesos cigomáticos del escamoso.	14.0
15	Anchura máxima de los premaxilares	4.4
16	Anchura parietal máxima, dentro de las fosas postemporales	14.7
17	Altura vertical externa de la caja craneal desde la línea media del basiesfenoides al ápice del supraoccipital, pero sin incluir la cresta supraoccipital	7.4
18	Longitud interna de la caja craneal desde el límite posterior de los cóndilos occipitales al límite delantero de la cavidad craneal a lo largo de la línea media	10.8
19	Longitud máxima de la fosa posttemporal, medida al margen externo de la sutura elevada	5.7
20	Anchura máxima de la fosa posttemporal, medida al margen externo de la sutura elevada	3.6
21	Diámetro máximo de la fosa temporal izquierda	6.3
22	Diámetro mínimo de la fosa temporal izquierda	3.1
24	Distancia desde la parte más anterior de la unión entre los nasales al punto más posterior del margen de la cresta supraoccipital	3.5
25	Longitud del ápice en forma de órbita del proceso preorbital del frontal al ápice del proceso postorbital	4.1
26	Longitud del proceso anteorbital del lacrimal izquierdo	2.4
32	Longitud de la fila superior izquierda de dientes	17.0
42	Ancho del alveolo más cercano a la línea media del rostro	0.3

Anexo II. Medidas en centímetros de los perióticos de la Formación Tirabuzón (IGM 81), Formación Infierno (IGM 366). Los números corresponden a la tabla III, figura 8.

No. catalogo	Especie	l o D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IGM81-8	Aff. <i>Delphinus</i>	izq	2.7	1.9	1.8	1.3	1.1	1.7	0.8	1.6	0.9	1.4
IGM81-10	Aff. <i>Delphinus</i>	izq	2.2	1.8	1.7	0.9	0.7	1.4	0.7	1.3	1.1	1.2
IGM81-11	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.5	1.9	1.8	1.1	0.9	1.7	0.9	1.5	1.1	1.3
IGM81-12	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.5	2.0	1.8	1.3	1.2	1.6	1.0	1.4	1.1	1.1
IGM81-13	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.5	1.8	1.8	1.2	0.9	1.7	0.9	1.5	0.9	1.2
IGM81-14	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.6	1.9	1.8	1.1	1.0	1.7	0.8	1.6	0.9	1.3
IGM81-24	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.7	1.9	1.8	1.4	1.0	1.5	0.9	1.5	1.1	1.4
IGM 366	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.5	1.7	1.7	1.0	0.9	1.6	0.7	1.5	0.9	1.3
LACM29118	Aff. <i>Delphinus</i>	izq	2.8	1.9	1.6	1.3	1.1	1.5	0.8	1.6	1.0	1.3
LACM76636	Aff. <i>Delphinus</i>	izq	2.8	2.1	1.9	1.2	1.0	1.7	0.7	1.7	1.0	1.4
LACM131100	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.6	1.9	1.8	1.4	1.0	1.6	0.8	1.6	0.8	1.5
LACM131102	Aff. <i>Delphinus</i>	izq	2.9	?	?	1.2	1.1	1.8	1.1	1.6	1.2	1.4
LACM143484	Aff. <i>Delphinus</i>	izq	2.9	1.8	1.9	1.3	1.2	1.3	0.9	1.6	1.1	1.3
LACM143489	Aff. <i>Delphinus</i>	der	2.7	1.9	1.7	1.3	1.0	1.5	0.9	1.7	0.9	1.2
IGM81-7	Aff. <i>Lagenorhynchus</i>	izq	2.7	2.0	1.9	1.2	0.9	1.6	0.9	1.6	1.0	1.4
LACM143482	Aff. <i>Lagenorhynchus</i>	der	3.2	2.2	2.0	1.4	1.3	1.8	1.0	1.7	1.3	1.4
IGM81-3	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.8	1.9	1.9	1.3	1.0	1.7	0.9	1.7	1.1	1.5
IGM81-9	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	1.7	1.7	1.5	0.9	1.6	0.8	1.4	1.0	1.2
IGM81-15	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	1.7	1.7	1.2	0.9	1.5	0.8	1.4	1.0	1.2
IGM81-16	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.6	1.8	1.7	1.3	1.0	1.6	0.7	1.5	1.0	1.3
IGM81-17	Aff. <i>Stenella</i>	der	2.4	1.8	1.7	1.1	0.9	1.6	0.9	1.4	1.1	1.1
IGM81-18	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.6	1.9	1.9	1.3	1.1	1.6	0.9	1.5	1.0	1.2
IGM81-19	Aff. <i>Stenella</i>	der	2.6	1.9	1.8	1.2	1.0	1.7	0.9	1.6	1.0	1.2
IGM81-20	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	1.9	1.7	1.1	0.9	1.7	0.9	1.5	1.0	1.2
IGM81-21	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	1.8	1.8	1.2	1.0	1.5	0.8	1.4	0.8	1.2
IGM81-22	Aff. <i>Stenella</i>	der	2.6	1.9	1.9	1.1	1.1	1.7	0.8	1.6	1.2	1.2
IGM81-23	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.6	1.9	1.9	1.3	1.0	1.7	0.8	1.6	1.0	1.3
LACM76635	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	2.0	1.8	1.2	1.0	1.5	1.0	1.4	1.3	1.2
LACM131019	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	1.7	1.7	1.1	1.0	1.5	0.9	1.4	1.1	1.1
LACM131095	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	1.8	1.7	1.1	0.9	1.6	0.9	1.5	1.0	1.2
LACM131097	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.6	1.9	1.7	1.2	1.0	1.5	0.8	1.5	1.1	1.2
LACM131098	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.6	2.0	1.8	1.2	0.9	1.5	1.0	1.5	1.2	1.2
LACM143488	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.5	1.8	1.6	1.1	0.9	1.4	0.7	1.4	0.9	1.1
LACM143490	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.6	1.8	1.7	1.0	0.7	1.5	0.6	1.4	0.7	1.2
LACM75900	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.7	2.0	1.8	1.1	0.9	1.4	1.0	1.2	1.3	1.2
LACM131096	Aff. <i>Stenella</i>	izq	2.7	1.8	1.7	1.3	1.0	1.5	0.8	1.6	1.0	1.4
LACM131099	Aff. <i>Stenella</i>	der	2.7	1.9	1.8	1.3	1.2	1.5	0.7	1.6	1.1	1.3
IGM81-1	Aff. <i>Tursiops</i>	izq	3.3	2.5	2.5	1.6	1.2	2.5	1.0	1.8	1.4	1.6
LACM131101	Aff. <i>Tursiops</i>	izq	3.2	2.3	2.1	1.6	1.3	1.9	1.1	1.8	1.3	1.6

Anexo III. Medidas en centímetros de Globicephalinae, cf. *Globicephala*, genus et species novum (UABCS/ISJ/ 3008) (los números corresponden a la tabla II, figuras 6 y 7).

1	Longitud condilobasal	50.5
2	Longitud del rostro	28.4
3	Anchura del rostro en su base	15.0
4	Anchura del rostro a 60 mm anterior a la línea que cruza los límites posteriores de las muescas anterorbitales	13.9
5	Anchura del rostro a la mitad de la longitud	11.2
6	Anchura de los premaxilares a la mitad de la longitud del rostro	9.8
7	Anchura del rostro a 3/4 de la longitud, medido desde el extremo posterior	9.2
8	Distancia de la punta del rostro a las narinas externas (al punto medio del margen transversal anterior de la narina derecha)	35.4
9	Distancia de la punta del rostro a las narinas internas (al punto medio del margen posterior del pterigoides derecho)	30.5
10	Anchura preorbital máxima	24.5
11	Anchura postorbital máxima	27.2
12	Anchura supraorbital mínima	25.6
13	Anchura máxima de las narinas externas	7.3
14	Anchura máxima a través de los procesos cigomáticos del escamoso.	27.2
15	Anchura máxima de los premaxilares	13.3
16	Anchura parietal máxima, dentro de las fosas postemporales	24.4
19	Longitud máxima de la fosa posttemporal, medida al margen externo de la sutura elevada	11.2
24	Distancia desde la parte más anterior de la unión entre los nasales al punto más posterior del margen de la cresta supraoccipital	11.9
25	Longitud del ápice en forma de órbita del proceso preorbital del frontal al ápice del proceso postorbital	7.6
27	Anchura máxima de las narinas internas	9.2
28	Longitud máxima del pterigoide izquierdo	7.7
32	Longitud de la fila superior izquierda de dientes	21.1
33	Número de dientes de la fila superior izquierda	12.0
34	Número de dientes de la fila superior derecha	12.0
42	Ancho del alveolo más cercano a la línea media del rostro	1.1