



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

## EL CRÁNEO DEL DELFÍN COMÚN (GÉNERO *DELPHINUS*)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I Ó L O G A  
P R E S E N T A :  
S A N D R A P O M P A M A N S I L L A



Directora de tesis: Biol. María de Jesús Vázquez Cuevas



2004

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCIÓN ESCOLAR



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

El cráneo del delfín común (género Delphinus)  
realizado por Sandra Pompa Mansilla

con número de cuenta 09853706-2 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

**Atentamente**

Director de Tesis Propietario	Biol. María de Jesús Guadalupe Vázquez Cuevas	
Propietario	Dr. Luis Medrano González	
Propietario	Dr. Adolfo Gerardo Navarro Sigüenza	
Suplente	Biol. Luis Antonio Sánchez González	Luis Antonio Sánchez G.
Suplente	Biol. Raúl González Alpizar	

**Consejo Departamental de Biología**

FACULTAD DE CIENCIAS

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE BIOLOGÍA



**A Josefina**

**A José Antonio**

**A Maura**

**A Roberto**

## AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por ser el ejemplo viviente de que fijarse metas altas en la vida no impide triunfar. A mi padre por heredarme sus genes de la perfección, la necesidad, y la minuciosidad. A ambos por enseñarme el camino de la ciencia desde los ojos de dos antropólogos apasionados. A Maura por el simple y nada trivial hecho de ser mi hermana.

A mi papito; Roberto, por aguantarme y por siempre ayudarme a nadar en contra de la corriente.

A toda mi familia: Mami, Magi, Gabi, Tia Laura, Juan Manuel, Tio Chavo, Tio Jesús, Tia Lourdes, Ximena, Diana, Andrea, a mi Tia Margos.

A María de Jesús, porque sin ti esta tesis no existiría. Gracias por tus enseñanzas, tu paciencia, tus consejos y tu amistad.

A Luis Madrano, Adolfo Navarro, Luis Antonio Sánchez (Howell), Alejandro Gordillo y Raúl González por sus valiosas aportaciones a este trabajo.

A Fernando Cervantes, Julieta V. y Yolanda H. por su ayuda en el Instituto de Biología. A Anabel por tomar las fotos de mis dientes en Microcine en la Facultad de Ciencias. A Eva por ayudarme a teñir mis dientes en el laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias.

A todos mis amigos del laboratorio de mamíferos marinos por su apoyo, ayuda y buen humor. A mis amigas incondicionales (en ningún orden en específico) Alina, Amara, Carolina, Cristina, Julieta y Tania. A tantos amigos de la Facultad: Hernán, Betsa, Leo, Yu, Ñerik, Vicente, Mampito, Andrés, Uli, Fernandito, Octavio, Edgardo. A otros amigos del Ciudad: Vilar, Coco, Febe, Noshk, Franquito, Peluches, Negro, Memo, etc.

A mi Gordo, la Rata, la Niña, Leopoldo y Amu.

A los PUMAS ... dando y dando ... en eso quedamos.

**A TODOS... MUCHAS GRACIAS**

## ÍNDICE

Resumen / Abstract .....	7
1. Introducción .....	8
2. Antecedentes .....	14
3. Justificación .....	31
4. Objetivos .....	32
5. Material y método .....	33
6. Resultados .....	41
7. Discusión .....	56
8. Conclusiones .....	64
Referencias .....	66
Anexo 1 .....	70
Anexo 2 .....	72

## RESUMEN

Se analizaron 58 cráneos de dos especies del género *Delphinus*. Se determinó la edad de los ejemplares y se tomaron 63 medidas para cada cráneo. Los datos se sometieron a diversos análisis y se encontró que para *Delphinus delphis* existe diferenciación sexual en el ancho de los premaxilares a la mitad de la longitud total tanto izquierdo como derecho. También se observó variación geográfica, dividiéndose los ejemplares en tres grupos, siendo el aparato masticador el que aporta mayor variación a la especie. Para *Delphinus capensis* se encontró que existe un dimorfismo sexual evidente que pudiera reflejar cambios en el sistema de apareamiento derivados de la competencia entre los machos. La diferenciación sexual en *D. capensis* también se observa particularmente en el aparato masticador.

## ABSTRACT

58 skulls from the genus *Delphinus* were analysed. Age of the specimens was determined and 63 measurements were taken for each skull. Data was then submitted to several analysis and the results were that for *Delphinus delphis* there are two sexually dimorphic characters, being this the width of the premaxillae right and left at half length of total length of the rostrum. Also geographic variation was present, skulls dividing into three groups, being the masticatory apparatus the one that contributes the most in the variation. In the case of *Delphinus capensis*, sexual simorphism is evident and may reflect changes in the mating system derived from the competition between males. Sexual dimorphism in *D. capensis* is also well observed in the masticatory apparatus.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los cetáceos, la dificultad de observación de los organismos en la naturaleza y la obtención de material de estudio contribuyó a que los estudios no se desarrollaran tan rápidamente como sucedió en los mamíferos terrestres. De cualquier modo, en especies de cetáceos pequeños involucrados en capturas, directas o indirectas, se ha alcanzado un mayor conocimiento sobre su biología, distribución y variación interespecífica.

Una herramienta muy importante para definir poblaciones de mamíferos es el análisis de la variación geográfica en su morfología. Estudios precisos de material adecuado, como en el caso del Pacífico Oriental (Perrin, 1975) y en otras zonas, han revelado la existencia de una variación claramente definida en pequeñas distancias en delfines pelágicos, y esto se ha visto reflejado en la asesoría científica en planes de manejo poblacional (Perrin, 1984 y Perrin *et al.*, 1985).

La estructura intraespecífica de varias especies de delfines está caracterizada por presentar una pronunciada variación geográfica que probablemente refleje adaptaciones locales y mecanismos que limitan el flujo genético entre poblaciones vecinas. Ya sea el movimiento relativamente limitado, barreras mediadas socialmente, etapas reproductivas diferidas temporalmente o alguna combinación de éstos permiten que se acumule la variación genética, diferenciando en consecuencia poblaciones distintas (Dizon *et al.*, 1994).

La práctica de los naturalistas del siglo XIX e inicios del XX de definir nuevas especies con base en pequeñas deferencias morfológicas observadas, sin considerar cuales serían las posibles variaciones individuales y ontogenéticas existentes, hizo que recientemente los taxónomos adoptasen muchas veces un comportamiento opuesto, más conservador, agrupando en una única especie diversas especies o formas previamente descritas. En el género *Tursiops* la observación de marcadas diferencias intraespecíficas, suficientes para justificar la separación en dos especies, fue observada

en el sur de África (Ross, 1977; en Barreto, 2000) y en Australia (Hale *et al.*, 1994 y 1999; en Barreto, 2000). Dentro del género *Delphinus* el mismo proceso se repitió al observarse que las diferencias entre ecotipos<sup>1</sup> eran de la misma magnitud que la exhibida entre especies de otros cetáceos pequeños (Heyning y Perrin, 1994).

Los delfines que habitan áreas cerradas o semi-cerradas tienden a ser de menor tamaño que aquellos de la misma especie que habitan el océano. El ejemplo más notable de este “enanismo” se encuentra en las poblaciones del delfín común (*D. delphis*) y en las toninas (*Tursiops truncatus*) en el Mar Negro, como lo describió Kleinenberg en 1956 (Perrin, 1984). Los delfines comunes del Mar Negro son en promedio entre 30 y 40 cm más pequeños que los delfines comunes del Atlántico Nororiental mientras que los que habitan el Mediterráneo, un mar más grande pero igualmente semi-cerrado, son intermedios entre las poblaciones anteriormente mencionadas (Perrin, 1984).

Gahr y Pilleri (1969; en Perrin, 1975) compararon las medidas de 24 ejemplares de *Delphinus delphis* del Mediterráneo contra 26 del Océano Atlántico y concluyeron que los delfines del Atlántico y del Mediterráneo representaban dos razas diferentes. La forma Atlántica es longitudinalmente más larga en su totalidad, en longitud de las aletas, en la base de la aleta dorsal y en la distancia de la punta del rostro al orificio nasal.

La categoría costero-oceánico es la más vasta ya que contiene la mayor cantidad de casos de variación geográfica. *Delphinus delphis* y *Tursiops truncatus* exhiben variación del tipo costero-oceánico similar al que presenta el género *Stenella*. Banks y Brownell (1969) realizaron una revisión del género *Delphinus* en el Pacífico Oriental, refiriéndose a la forma de rostro corto como *D. delphis* y una de rostro largo como *D. bairdii*. En su estudio determinaron que no existe dimorfismo sexual evidente y que *D. bairdii* debe ser reconocido como una especie diferente basada en el hecho de que no hay indicios de intergradaciones entre las poblaciones. Evans (1975; en Perrin, 1984) de cualquier modo encontró intergradaciones entre las dos formas anteriormente

---

<sup>1</sup> Formas locales que deben sus atributos a efectos selectivos de un determinado ambiente (Mayr y Ashlock, 1991)

propuestas y les asignó a ambas el nombre de *Delphinus delphis*. En asesorías y consejos subsecuentes en cuanto al manejo de la especie, se les ha llamado "delfín común Baja-nerítico" y "delfín común templado del Norte" (Smith, 1979; en Perrin 1984).

Evans (1975; en Perrin *et al.* 1985) no subdividió al delfín común de rostro corto "subtropical templado" arriba de los 20° N en stocks<sup>2</sup> templado y tropical por separado. Mas tarde definió un stock del norte en el Pacífico Oriental Tropical extendiéndose de los 16° a los 18° N hasta un poco antes de la Isla Cedros (cerca de los 28° N), pero no delineó un stock templado por encima de éste. El plan de manejo de pesquerías de 1979 utilizó las unidades "templada del norte" y "tropical del norte" divididas en los 28° N. Los datos de una distribución tan extensa no sugieren un espacio o transición de ningún tipo a lo largo de Baja California, y los datos de longitud corporal de la unidad tropical del norte concuerdan con la agrupación de Evans (1975; en Perrin *et al.* 1985) de todos los delfines comunes subtropicales templados encontrados al norte de los 20°. Por lo tanto, no existe evidencia para dividir a los delfines comunes de rostro corto en los 28° N.

Evans (1975, en Perrin *et al.* 1985) encontró que los delfines comunes de rostro corto al sur de los 15° N ("central tropical") son modalmente más largos que los que habitan por encima de los 20° N y los diferencia también en características craneales y posiblemente en patrones de coloración. Con la excepción de las concentraciones locales de registros en las costas mexicanas (entre los 97° y los 103° W) la concentración central tropical esta separada de la concentración tropical del norte por una zona de por lo menos 800 millas náuticas en donde el esfuerzo de navegación ha sido exhaustivo y los avistamientos de delfines comunes han sido escasos. Esta separación y las diferencias morfológicas sugieren el manejo de estas dos poblaciones en stocks separados.

---

<sup>2</sup> El stock es la unidad poblacional fundamental para los esfuerzos de conservación requeridos por ley, sin embargo, su definición formal en la literatura científica y en dos actas de conservación de los Estados Unidos (1972 y 1973) es diversa y tan general que cualquier intento de usarlo en la práctica es arbitrario. Dado que la elección de los stocks merecedores de protección en su manejo es a veces un hecho políticamente contencioso, es muy importante mejorar la definición en uso (Dizon *et al.*, 1992). El término stock hace referencia a "una población diferente que comparte un espacio y que se reproduce entre sí" (Dizon *et al.*, 1994).

Perrin *et al.* (1985) recomiendan, con base en criterios de distribución y longitud total del cuerpo, cinco unidades de manejo para *Delphinus* en el Pacífico Oriental Tropical: 1) delfín común del Norte; 2) delfín común central entre los 3° y 13° N; 3) delfín común del Sur; 4) delfín común Baja-nerítico; y 5) delfín común de Guerrero, cuya justificación requiere de más material del área sur de México (Figura 1). La forma costera Baja-nerítica difiere de la forma templada del norte, esta última siendo de hábitos oceánicos, en varios caracteres. Presenta diferencias en la longitud del rostro, difiere también en los patrones de coloración: el parche torácico es notablemente menos amarillo en la forma costera. Además, el extremo anterior de la franja de las aletas pectorales se va adelgazando hasta unirse casi en la punta del rostro en la forma costera, mientras que en la forma oceánica se une cerca del inicio del rostro.

Puede existir variación costero-oceánica similar en *Delphinus* en otros lugares. Los delfines comunes de rostro muy largo que habitan el Océano Indico y el sur de China, y a los cuales se les hace referencia nominalmente como *Delphinus tropicalis* (van Bree, 1971; en Perrin, 1984) pueden ser costeros; las longitudes corporales reportadas yacen por encima de los rangos de longitudes reportados para otras muestras mas grandes de delfines comunes de latitudes similares en el oeste del Indopacífico (Tomilin, 1957 y Ogawa, 1936; ambos en Perrin, 1984).

En 1994, Heyning y Perrin (1994) sugieren fuertemente basándose en patrones de coloración y diferencias tanto craneales como corporales que *D. delphis* y *D. capensis* son dos especies distintas. También en 1994, Rosel *et al.* probaron molecularmente que estas dos especies no parecen tener intercambio genético desde hace tiempo y deben manejarse independientemente.

Las diferencias morfológicas entre las formas costeras y oceánicas de varios delfines, especialmente en el número y el tamaño de los dientes y la robustez de su musculatura puede estar relacionada a su ecología alimenticia, quizás por la diferencia en tamaño y dureza de las especies de las cuales se alimentan (Perrin, 1984).

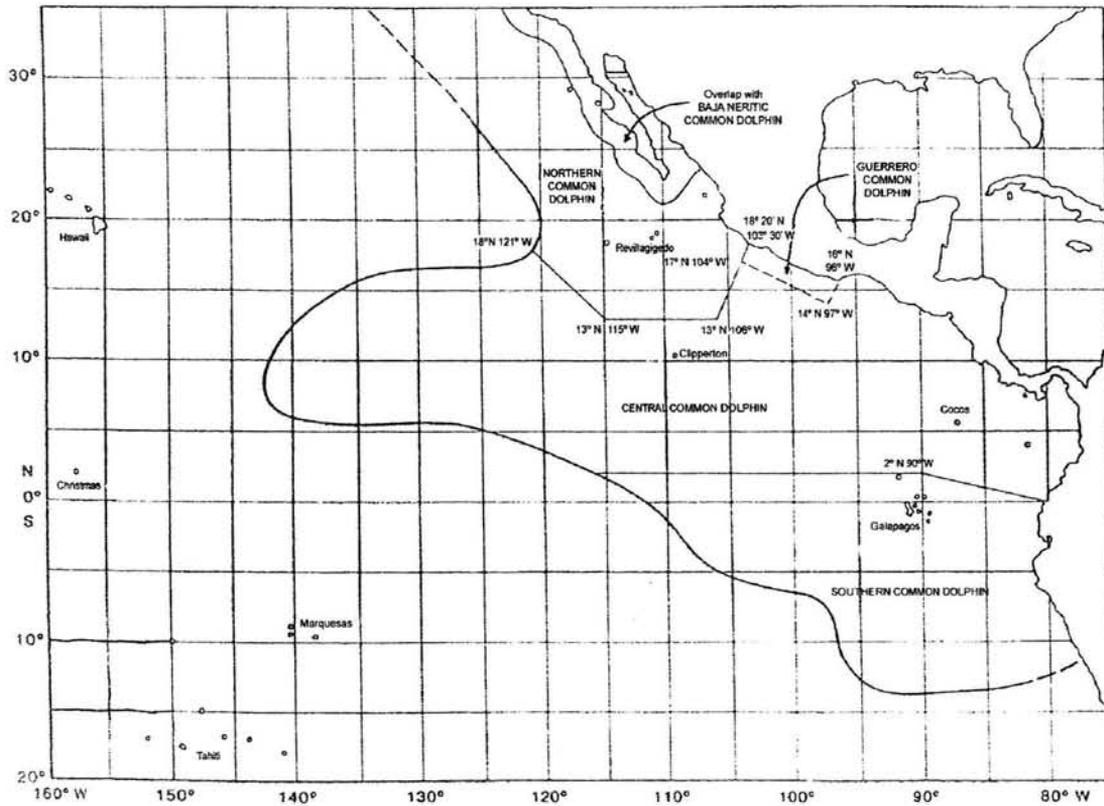


Figura 1. División propuesta por Perrin en 1985.

El dimorfismo sexual en la morfología es de un importante interés biológico aunque el significado evolutivo de este fenómeno está aún en debate. Varias hipótesis han sido propuestas en cuanto a las causas y el significado del dimorfismo sexual. Estas incluyen la selección sexual (Darwin, 1871), uso diferenciado del nicho (Selander, 1966), presiones bioenergéticas (Downhower, 1976; Ralls, 1976), presiones de depredación (Bergmann, 1965), tipo de sistema reproductivo (Trivers, 1972) y varias combinaciones de estos factores (Douglas *et al.*, 1986). El grado de dimorfismo sexual exhibido por los odontocetos varía desde el extremo tan evidente en las ballenas de esperma a las casi imperceptibles diferencias encontradas en algunos delfines pequeños y medianos.

En este trabajo, examino la variación craneal de *Delphinus* en el Pacífico Oriental Tropical para determinar la variación geográfica y entre sexos en *Delphinus delphis* y *Delphinus capensis*. La primera especie tiene una distribución oceánica amplia mientras

que la segunda se distribuye en regiones costeras en el Golfo de California. Este análisis de escala local puede ser informativo sobre los procesos de cambio entre los ambientes pelágico y costero y sus implicaciones en la alimentación y reproducción de los delfínidos, inferidas a partir de cambios en el aparato masticador (Perrin, 1984) y en el grado de dimorfismo sexual que en los mamíferos normalmente acompaña a cambios en el sistema de apareamiento (Greenwood, 1980).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Biología de *Delphinus*

La familia Delphinidae es la familia de cetáceos más variada en la que se agrupan veintiséis especies, tanto oceánicas como costeras.

Uno de los géneros de la familia Delphinidae es el del delfín común (*Delphinus*) (Figura 2) cuya variación morfológica es tan grande que se han propuesto más de veinte especies. Actualmente se reconocen tres de ellas: *Delphinus delphis* (delfín común de rostro corto), *D. capensis* (delfín común de rostro largo) y *D. tropicalis* (delfín común árabe). Para Leatherwood y Reeves (1983) el delfín común, como lo implica su nombre científico, es el delfín arquetipo; en apariencia y conducta es todo lo que un delfín es por definición. *Delphinus delphis*, derivado del latín *delphinus*: delfín, y del griego *delphis*: de igual significado fue la especie que inspiró artística y literariamente a Aristóteles, Plinio y a varios griegos antiguos y el primer animal en ser llamado "delfín". En la décima edición de *Sistema Naturae* Linneo fue quien dio género y especie a este mamífero marino (Watson, 1981). Otros nombres comunes que recibe el delfín común son: common dolphin, white-bellied porpoise, saddleback dolphin, crisscross dolphin, hourglass dolphin (Norteamérica), tobi iruka (Japón, adultos) ma iruka (Japón, juveniles), obyknovenyy o delfín belobochka (Rusia), delfino (Italia), dauphin comun (Francia), gemeiner delphin (Alemania), etc. (Leatherwood *et al.*, 1988; Hoyt, 1984).



Figura 2. Dibujo del delfín común *Delphinus delphis* (tomado de Carwardine, 2002).

Todos los delfines comunes pueden identificarse por el elaborado dibujo tipo reloj de arena en sus flancos (blanco, gris, amarillo y blanco); con poca luz, la forma en "V" formada por la capa dorsal situada justo por debajo de la aleta dorsal es el rasgo más distintivo. No obstante, hay muchas variaciones de color dentro de este esquema básico. La aleta dorsal, por ejemplo, varía de negro o negro con una mancha gris en el centro, a casi blanco con un borde oscuro. Otras variaciones incluyen el número y forma de las líneas amarillas y grises de los flancos, la cantidad de gris pálido en el pedúnculo caudal, la intensidad de la mancha amarilla y detalles de la coloración facial (Carwardine, 2002). Tanto *D. delphis* como *D. capensis* presentan toda una serie de variaciones más sutiles dentro de sus propias poblaciones (Figura 3). Entre estas especies hay diferencias tanto en el tamaño corporal (desde una media de 1.8 m en el Mar Negro a 2.4 m en el Océano Índico) como en color, aunque ambas tienen un dibujo tipo reloj de arena distintivo en los flancos. Una variante bien estudiada de la forma de rostro largo (*D. capensis*) es la llamada subespecie Baja-nerítica hallada en el Golfo de California (Mar de Cortés), México, y en el Pacífico Oriental Tropical al norte de los 20° N; esta forma aparece sobre todo en aguas superficiales, con una profundidad comprendida entre los 20 y los 180 m. Es posible confundir a los delfines comunes con los delfines listados, los moteados, los giradores y con los delfines de flancos blancos, pero el dibujo del delfín común en forma de cruz o de reloj de arena es un rasgo suficientemente distintivo.

La diferencia más obvia a simple vista entre *D. delphis* y *D. capensis* es la longitud y ancho del rostro (Figura 4). No obstante, hay también otros rasgos distintivos: *D. delphis* tiene un cuerpo algo más robusto, la cabeza más redondeada, un dibujo más complejo en su rostro, una mancha negra más visible alrededor del ojo, una banda más estrecha entre la mandíbula inferior y la aleta pectoral y un color más brillante. Suele presentar características tanto morfológicas como etológicas que lo agrupan dentro de los cetáceos considerados como oceánicos. Por otro lado, *D. capensis* tiene un perfil más fino, tiene poco o nada de blanco entre el ojo y la aleta pectoral, la unión del rostro con la frente es más suave, el dibujo del rostro es más simple y un color más apagado. Además, esta especie está considerada dentro de los cetáceos costeros.

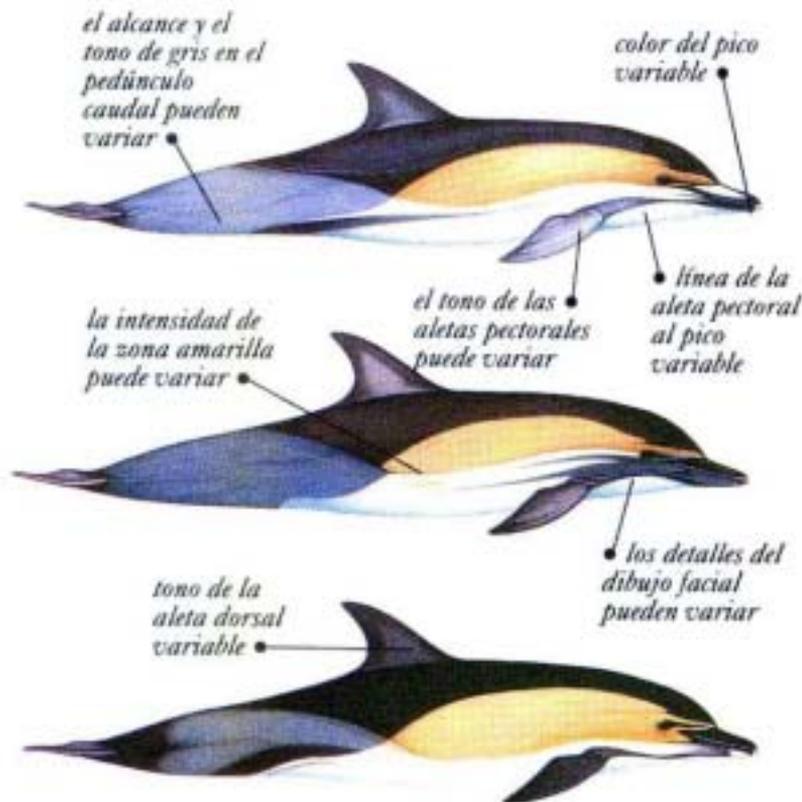


Figura 3. Variación morfológica dentro de *D. delphis* (tomado de Carwardine, 2002)

Aunque hay una cierta evidencia de descenso en la población en el Mar Negro, Mediterráneo y Pacífico Tropical Oriental, *D. delphis* sigue siendo uno de los cetáceos más abundantes del planeta, con una población total de varios millones (Carwardine, 2002). La población del Mar Negro puede separarse de aquellas que se encuentran en el Mediterráneo y en el Atlántico Noreste y ha sido descrita como una subespecie endémica (*D. delphis pontidus*, Barabash, 1935). En el Pacífico Nororiental son separables tres poblaciones por latitud y se distinguen por tamaño corporal y características craneales (Rice, 1998).

Los delfines comunes suelen aparecer en grupos grandes y activos; varios miembros de un grupo suelen salir juntos a la superficie. El tamaño del grupo varía con la época del año y también del momento del día. Los grupos constan de 10 a 500 y hasta 2000 individuos, sobre todo en el Pacífico Oriental Tropical. El delfín común vocaliza mucho, sus chillidos agudos pueden escucharse por encima de la superficie

del agua. Las inmersiones pueden durar hasta ocho minutos, aunque suelen durar entre diez segundos y dos minutos. Puede asociarse con otros delfines en zonas de alimentación y, en el Pacífico Oriental Tropical, con el atún de aleta amarilla *Thunnus albacares* (Carwardine, 2002).

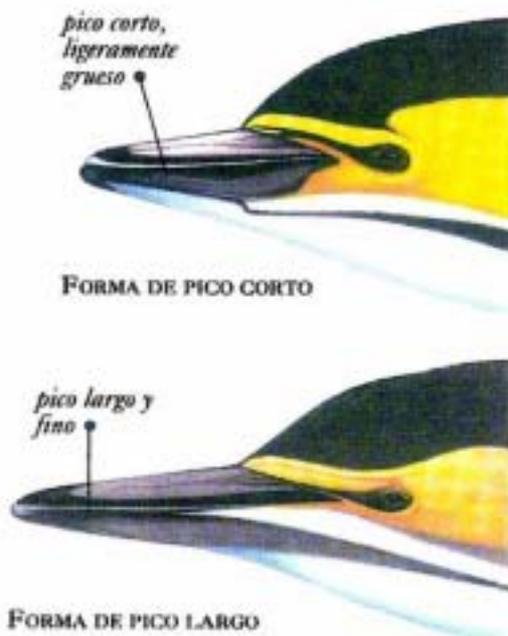


Figura 4. Variación en el rostro entre *D. delphis* (arriba) y *D. capensis* (abajo) (tomado de Carwardine, 2002)

Las crías de *Delphinus delphis* al nacer miden entre 80 y 100 cm y su peso se desconoce, mientras que los machos adultos miden hasta 2.7 m y las hembras hasta 2.6 m, en general miden de 1.7 a 2.4 m y pesan entre 70 y 150 kg. El tamaño corporal para *D. capensis* es el mismo en cuanto a las crías con respecto a *D. delphis*, pero en su etapa adulta los machos de *D. capensis* miden hasta 2.54 m y las hembras 2.24 m. Para *D. delphis* se desconoce su longevidad, mientras que para *D. capensis* se calcula en 40 años.

*Delphinus delphis* es una especie ampliamente distribuida (Figura 5), desde los 36° N hasta el sur de la línea ecuatorial y se le puede encontrar tanto en el Océano Pacífico como en el Océano Atlántico. Está definitivamente presente en el Atlántico Oriental desde Terranova hasta Florida. En el Atlántico Oriental se distribuye desde el

Mar del Norte hasta el Mar de Gabón (incluyendo el Mar Mediterráneo y el Mar Negro). En el Pacífico sur-oriental se le encuentra alrededor de Nueva Caledonia, Tasmania, la parte media del sur de Australia y Nueva Zelanda. En el Pacífico Nororiental viven alrededor de Japón y hacia el este hasta los 160° W entre los 28° N y 43° N. En el Pacífico tropical y templado se ubican desde el sur de California hasta el centro de Chile y hasta los 135° W. Se presenta durante todo el año en las mismas zonas, pero muchas poblaciones parecen moverse estacionalmente y muestran máximos locales de abundancia en diferentes épocas del año. Por lo general aparece donde la temperatura superficial del agua es de 10° a 28° C, lo que limita la distribución por el norte y por el sur, sin embargo puede seguir las corrientes de agua cálidas y salirse de su ámbito habitual. Se sabe que existen "huecos" en su distribución entre los 13° y los 20° N y entre los 27° y 32° N donde los delfines comunes están ausentes o rara vez se encuentran (Leatherwood *et al.*, 1988 y Perrin *et al.*, 1985).

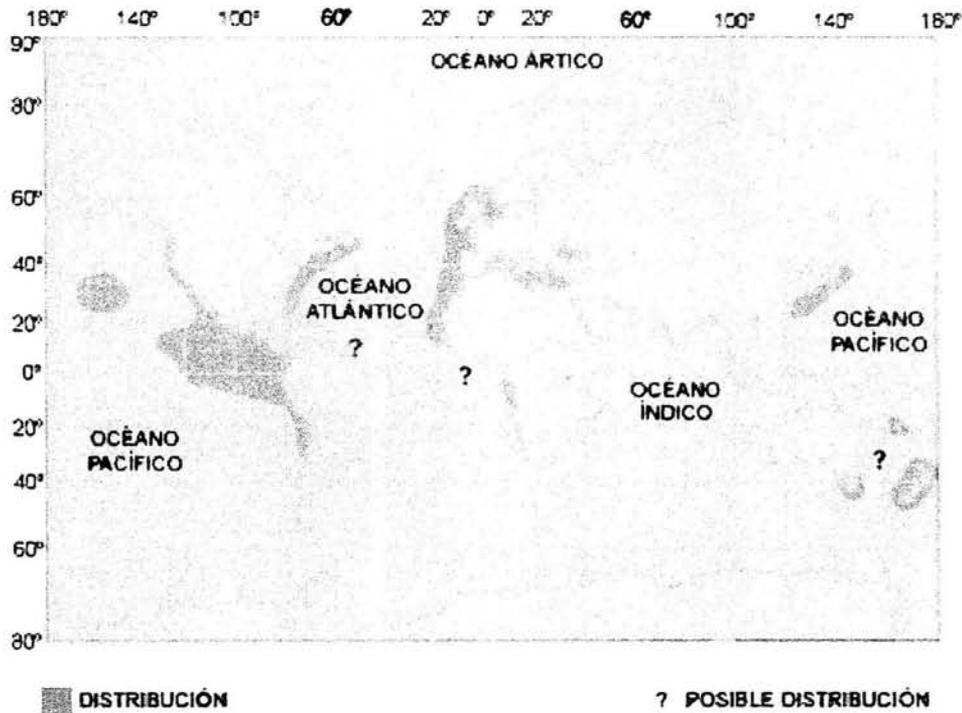


Figura 5. Distribución de *D. delphis* (modificado de Reeves *et al.*, 2002)

*Delphinus capensis*, cuyo epíteto específico se debe a que el ejemplar tipo fue capturado en el Cabo de Buena Esperanza en el inicio del siglo XIX. Es una especie

que se distribuye en zonas costeras tropicales y aguas cálidas de algunos océanos (Figura 6). Se encuentra en el Pacífico Oriental Tropical desde el centro de California hasta el norte de Chile, incluyendo el Golfo de California. A lo largo del Pacífico Oriental habita en las costas de Corea y sur de Japón. En el Atlántico Occidental se distribuye desde Venezuela hasta el sur en el estuario de Río de la Plata en Argentina. En el Atlántico Oriental vive en algunos puntos de las costas africanas. Se encuentra en aguas influenciadas por la Corriente de Agulhas en el sureste de África y probablemente en aguas de Madagascar. *D. tropicalis* se encuentra en aguas costeras desde el centro de China, al sur y oeste de la costa asiática y a través del archipiélago Indomalayo y también por las costas del Mar Índico.



Figura 6. Distribución de *D. capensis* y *D. tropicalis* (modificado de Reeves *et al.*, 2002)

Frente a la parte sur de California, donde algunos delfines comunes se encuentran presentes durante todo el año, se han observado cambios estacionales evidentes en su distribución, con máximos de abundancia en junio, septiembre-octubre y enero (Leatherwood *et al.*, 1988).

Desde el punto de vista taxonómico, el delfín común es un animal muy complejo, ya que presenta muchas variaciones. *D. delphis* varía tanto en apariencia que se han propuesto más de veinte especies a través de los años. Las investigaciones realizadas en California (Perrin *et al.*, 1994) y México (Nolasco, 1992) han revelado por lo menos dos especies distintas: la de rostro corto o *D. delphis* y la de rostro largo o *D. capensis*. Cada una de estas especies tiene una amplia distribución, siendo ésta disyunta en aguas tropicales y templadas y en su mayoría parapátrica, con una sobreposición marginal local en algunos casos. Estas dos especies presentan deferencias físicas y etológicas y evidencias recientes, basadas en estudios morfológicos y moleculares (Rosel *et al.*, 1994) sugieren que efectivamente se trata de dos especies diferentes. Con base en limitadas observaciones es posible que ambas especies pudieran ser también distinguibles en otras partes del mundo (Carwardine, 2002).

La actividad reproductiva de *D. delphis* en aguas tropicales puede no ser estacional, pero en altas latitudes, las temporadas máximas de reproducción en el Pacífico Nororiental son la primavera y el otoño, el nacimiento de las crías tiene lugar en el inicio del verano. El periodo de gestación es de 10 a 11 meses y las crías son destetadas alrededor del año de edad en el Mar Negro y alrededor de los tres años en el Pacífico Oriental (Perrin *et al.*, 2002) El cuidado de las crías es de por lo menos dos años. Las hembras tienden a permanecer en latitudes bajas (o en el caso del Mar Negro más alejadas de la costa) durante el periodo del parto, lactancia y cuidado parental y pueden separarse del resto de la población. Las hembras pueden tener crías en años sucesivos, pero usualmente paren con intervalos de más de un año (Leatherwood *et al.*, 1988). Al parecer el ciclo reproductivo de *D. capensis* no difiere sustancialmente del que presenta su especie hermana (Reeves *et al.*, 2002).

El calamar (*Loligo opalescens*) y pequeños bancos como las anchovetas (*Engraulis mordax*) y otros peces (*Merluccius productus*, *Leuroglossus stilbius*, *Seriplus politus* y *Stenobranchius leucopsarius*, entre otros) son las principales presas del género

*Delphinus* (Nolasco, 1992). El forrajeo que tiene lugar al sur de California (y probablemente en todas las zonas de alimentación) se rige por la migración nocturna del alimento. Un gran grupo de delfines a menudo se dispersa en pequeños grupos por el medio día o la tarde, anticipando la elevación de las presas en horas de la tarde. Después de una noche de cacería, los grupos se reúnen de nuevo en la madrugada y terminan la búsqueda del alimento. Las horas del día se emplean en el descanso y la socialización hasta que llega la tarde y la caza comienza de nuevo (Reeves *et al.*, 2002).

Año con año los delfines comunes de rostro corto son atrapados y encuentran la muerte en redes de arrastre atunero y camaronero. Aunque alrededor de 1970 eran muy abundantes en la porción norte del Mediterráneo oriental, hoy son raramente avistados. Similarmente parecen haber desaparecido de la costa noreste de Florida en las últimas décadas y al parecer lo mismo está sucediendo en el Mar Negro. Las causas del descenso en la población de esta especie no se conocen a ciencia cierta, pero la degradación del hábitat por actividades humanas está particularmente involucrada. Para *D. capensis* la situación es un poco mejor, pero aún así en Perú y África se estima que de 15,000 a 20,000 delfines comunes de rostro largo son utilizados para el consumo humano o como carnada de tiburón (Reeves *et al.*, 2002).

## 2.2 Variación geográfica

La existencia de variación entre grupos de organismos de la misma especie, separados espacialmente, recibe el nombre de variación geográfica (Mayr y Asklock, 1991). Varias especies de delfines cosmopolitas y en su mayoría pelágicos exhiben un alto grado de variación geográfica a lo largo de sus distribuciones (Perrin, 1984). Estas variaciones se observan en prácticamente todas las especies animales estudiadas, pudiendo considerarse esto como un fenómeno universal (Mayr, 1970). En algunos lugares, poblaciones morfológicamente distintas son parcialmente simpátricas o parapátricas. Los delfines recientemente reconocidos colectivamente como los delfines comunes, *Delphinus delphis*, representan este tipo de asociación. Debido a su distribución cosmopolita y amplia gama de variación geográfica, variantes morfológicas

locales han sido reconocidas como subespecies (Rosel *et al.*, 1994). Los procesos evolutivos supraespecíficos son una extensión de los eventos que ocurren a nivel de las especies, las bases de la mayor parte de las teorías evolutivas residen en inferencias realizadas a partir de observaciones de variación geográfica o de la verificación de predicciones hechas sobre ella (Gould y Johnston, 1972).

La variación, y consecuentemente la diversidad, puede separarse en dos niveles discontinuos: entre individuos y entre poblaciones aisladas reproductivamente (Mayr y Asklock, 1991). La variación entre individuos de una misma población se origina por diferencias aleatorias que ocurren durante el proceso reproductivo. Por otro lado, comúnmente se asume que las diferencias entre grupos poseen un significado adaptativo (Radinsky, 1985), pues serían adaptaciones de organismos a sus hábitats específicos. Así, la diferenciación entre poblaciones se ve como uno de los primeros estadios del proceso de formación de nuevas especies. Los modelos que consideran la variación geográfica como uno de los primeros pasos de la especiación sostienen que existen diferencias con respecto al nivel de flujo genético entre los individuos cuyas poblaciones se estén diferenciando. Se puede tomar como extremo el modelo alopátrico y los modelos de "divergencia con flujo génico", el cual asume que el aislamiento reproductivo entre poblaciones evolucionará gradualmente como consecuencia de regímenes selectivos diferentes (Foster *et al.*, 1998). La mayoría de los conceptos de especie requieren del aislamiento reproductivo, sin embargo, existen conceptos que abogan que si un grupo de organismos puede ser diferenciado de otros, independientemente del método, entonces debe ser designado como una especie.

Los estudios de variación geográfica involucran distintos tipos de análisis que incorporan técnicas estadísticas univariadas y/o multivariadas; en éstas últimas todos los caracteres pueden ser analizados a la vez, haciendo de estos estudios una herramienta muy poderosa en las decisiones sistemáticas (Gould y Johnston 1972, Sneath y Sokal 1973, Brumfield y Remsen 1996).

En la actualidad se han realizado diversos estudios sobre la variación geográfica de cetáceos, como *Stenella longirostris* (Douglas *et al.*, 1992), *Stenella attenuata* (Perrin *et al.*, 1994), *Cephalorhynchus hectori* (Baker *et al.*, 2002), *Tursiops truncatus* (Walker, 1981; Vidal, 1993, Gao *et al.*, 1995, Barreto, 2000), *Lagenorhynchus obliquidens*, (Walker *et al.*, 1986), *Pontoporia blainvillei* (Pinedo, 1991), *Globicephala macrorhynchus* (Miyazaki y Amano, 1994) y *Phocoenoides dalli* (Amano y Miyazaki, 1992).

### 2.3 Dimorfismo sexual

Al estudiar la variación morfológica dentro de una especie, puede ser importante e informativo la adjudicación de la variabilidad a componentes geográficos y no-geográficos. La variación no-geográfica genéticamente controlada se manifiesta de varias maneras, cada una teniendo sus distintas implicaciones evolutivas. El dimorfismo sexual, por ejemplo, es una forma de variación no-geográfica que puede ser generada en una especie por procesos de selección sexual (Schnell *et al.*, 1985).

El trabajo de Fischer (1881; en Douglas *et al.*, 1986) sugiere que pudiesen existir diferencias entre sexos en *D. delphis*. Kleinenberg (1956; en Douglas *et al.*, 1986) incluye en su trabajo material que muestra dimorfismo sexual para la misma especie en longitud total del cráneo y longitudes relativas de secciones rostrales y cerebrales. El trabajo de Kleinenberg (1956; en Douglas *et al.*, 1986) también mostró que los machos de *Phocoena phocoena* presentan cráneos más pequeños que las hembras. Perrin (1975) evaluó el dimorfismo sexual en *Stenella attenuata* y *S. longirostris*, al igual que Schnell *et al.* (1985) y Douglas *et al.* (1986).

### 2.4 El cráneo

La información detallada acerca del desarrollo del cráneo se conoce para muy pocas especies de los miles de mamíferos conocidos. Dos patrones de desarrollo básicos ocurren típicamente en el cuerpo de los mamíferos: el sistema nervioso y sus anexos crecen rápidamente durante la vida pre y post-natal (desarrollo neural), completando la mayoría de su crecimiento mucho antes que el cuerpo; y el resto del

cuerpo y sus sistemas sigue un desarrollo mas lento (desarrollo somático) (Moore, 1981).

Estudios comparativos del cráneo en diferentes especies de mamíferos ha demostrado que la caja craneana, las cavidades orbitales y las cápsulas óticas siguen, como es de esperarse, un patrón de desarrollo neural mientras que el rostro sigue un patrón somático. Estos estudios además indican que, como regla general, la caja craneana y la porción facial del cráneo tienden a crecer más en profundidad (longitud anteroposterior) que en altura o ancho, siendo las relaciones entre las dimensiones craneales de naturaleza alométrica (Moore, 1981).

El cráneo de los mamíferos constituye una unidad anatómica esencial. En ella se alojan el cerebro, el cerebelo y cuatro de los sentidos bien desarrollados en los mamíferos con sus correspondientes receptores: la visión, la audición, el olfato y el gusto. De acuerdo con los requerimientos de cada orden, el cráneo de los mamíferos se ha modificado en el transcurso de aproximadamente 135 millones de años en respuesta adaptativa a las especializaciones de los sentidos y a los cambios en forma y tamaño del cerebro. Por ello ésta estructura constituye la esencia morfológica en la identificación de estos vertebrados (Robert *et al.*, 2000).

La región facial del cráneo de los odontocetos se caracteriza por presentar asimetría, la cual es única dentro de los mamíferos actuales o extintos. Esta asimetría es el resultado de un mayor crecimiento de la fracción postrostral derecha. Estudios realizados han demostrado que en todos los casos de odontocetos, la asimetría es siniestra (Yurick y Gaskin, 1988).

El cráneo de los cetáceos ocupa alrededor de una quinta parte de la longitud total del cuerpo y, al igual que en el resto de los mamíferos, se pueden reconocer dos partes fácilmente desarticulables: el cráneo propiamente y la mandíbula.

Esta estructura ósea se divide a su vez en: la caja craneana y el rostro. La caja craneana contiene el encéfalo, por medio de sus cóndilos occipitales se articula con la columna vertebral y asociada a ella se encuentran las bulas timpano.perióticas. El rostro se proyecta hacia delante y está formado por un conjunto de huesos: los maxilares y los huesos que forman el pasaje.

Los maxilares se dividen en la parte rostral y en la parte palatina o ventral por la línea de dientes. La parte rostral de cada maxila forma una extensión lameliforme que cubre casi en su totalidad el frontal. Cubre gran parte del lacrimal y deja los nasales y las narinas descubiertas en el centro. Los premaxilares se prolongan hacia arriba rodeando a las narinas externas y es aquí donde la asimetría característica del cráneo de los odontocetos se hace mas evidente, ya que la narina izquierda suele ser menor que la derecha y además se encuentra más inclinada lateralmente.

La caja craneal forma una cavidad pequeña, estrecha y alta, en forma de cono truncado con límites redondeados. Se constituye de fosa cerebral, fosa cerebelar y fosa olfatoria. La superficie de mayor tamaño es la occipital. El hueso frontal forma la mayor parte del techo y de la pared anterior de la cavidad craneal. Los huesos parietales se ajustan entre el frontal, el supraoccipital, el escamoso y el margen lateral del aliesfenoides y forman el suelo craneal.

La parte posterior de la caja se caracteriza por la presencia de los dos cóndilos occipitales del exoccipital, proyecciones robustas y hemiesféricas. Están cubiertas con cartílago articular y se colocan en la fosa del atlas.

La fosa temporal es alargada antero-posteriormente, está rodeada al frente por un grueso proceso postorbital del frontal, caudal y ventralmente se encuentra con un ancho proceso zigomático del escamoso, dorsalmente la rodean el interparietal, parietal y supraoccipital; formando la cresta supraoccipital. En su interior la limita anteriormente el hueso aliesfenoides y constituye la mayor parte de su superficie el temporal y una porción de escamoso.

La porción periorbital se delimita anteriormente por el lacrimal, dorsal y posteriormente por el frontal, en la parte media por la maxila, el palatino, pterigoides, aliesfenoides y orbitoesfenoides; y ventro-lateralmente se delimita por una delgada y larga prolongación del proceso zigomático del malar, el yugal, que a su vez se articula con la extremidad del proceso zigomático del escamoso.

Ventralmente se puede apreciar el palatino, que se encuentra por debajo y posterior al margen del proceso de la maxila, forma parte de la fosa pterigo-palatina. El vómer es un hueso aplanado unido posteriormente a la superficie ventral del basiesfenoides y anteriormente a la sutura interpalatina. Los palatinos se colocan a lo largo de la línea media justo anterior a los pterigoides. El palatino, elongado y convexo está formado principalmente por la maxila y una pequeña porción del premaxilar, cerca del ápice.

Los pterigoides están ampliamente desarrollados, cada uno inicia cerca de la extremidad caudal de la línea de dientes en el maxilar formando triángulos de tres dimensiones, a los lados posteriores forman las paredes externas de las narinas y centralmente sus lamelas internas casi se unen por completo.

El proceso sigmoide del timpánico se localiza en un surco ventro-lateral entre el escamoso y el exoccipital. Este surco es paralelo a la porción proximal del meato auditivo externo. La parte distal del proceso falciforme del escamoso apunta caudalmente y hacia adentro del margen anterior de la bula timpánica.

La cápsula timpánica está formada por un hueso bulboso, ancho y bilobulado. Se constituye de la unidad timpánica y la periótica, que en adultos se encuentran fusionadas.

La mandíbula consiste de un par de ramas sigmoides llamadas dentarios, anchas posteriormente y gradualmente estrechas hacia la sínfisis, usualmente muy unidas en

este punto en los animales adultos. La superficie del cóndilo que articula con el cráneo en la fosa glenoidea es pequeña y se dirige hacia atrás. La superficie coronoidea es rudimentaria. El ángulo posterior es cuadrado y liso.

La línea de alveolos dentarios tiende a inclinarse hacia el interior del dentario. El dentario se encuentra abierto en su parte proximal formando la fosa mandibular, posterior a la línea de dientes por donde entran nervios y venas mandibulares.

Como en algunos otros vertebrados, las suturas y uniones entre los huesos son elementos que conforme avanza la edad del individuo se fusionan y tienden a desvanecer.

La complejidad del cráneo de los mamíferos se acentúa con las variaciones correspondientes a cada orden, sin embargo, se han establecido varias medidas más o menos estandarizadas para la clase en general, a lo cual se denomina craneometría. Con base en las diferencias craneométricas se establecen algunos de los fundamentos de la taxonomía. En los estudios taxonómicos de las poblaciones silvestres de la mayoría de los mamíferos marinos, ésta forma de estudio basada en el cráneo, constituye uno de los principales medios para reconocer variaciones. (Flower, 1885; en Vidal, 1993).

El cráneo del género *Delphinus* es diferente de todos los demás delfínidos en que presenta una combinación de rostro largo y angosto y surcos palatales profundos. El cráneo en este género es similar al de *Stenella longirostris*, *Stenella clymene*, *Stenella coeruleoalba* y *Lagenodelphis hosei* al presentar un rostro fuertemente aplanado dorso-ventralmente con dientes dispuestos distalmente, entre 40 y 60 dientes en cada rama; fosas temporales relativamente pequeñas en proporción al resto del cráneo y ramas mandibulares sigmoidales (Perrin *et al.*, 2002).

El cráneo puede dividirse en varios componentes funcionales; la caja craneana, el aparato masticador, el aparato visual, el aparato auditivo y el aparato respiratorio o de

producción de sonidos. Es obvio que cada componente tiene su propio, y hasta cierto punto independiente, patrón de desarrollo y una variación típica. Por ejemplo, un delfín debe respirar inmediatamente después del nacimiento, no necesita cazar presas para alimentarse hasta ser destetado, y es de esperarse un desarrollo del aparato respiratorio más rápido que el de masticación (Perrin, 1975).

Los patrones de desarrollo de los aparatos craneales deben estar correlacionados ya que 1) la dirección del desarrollo es la misma para todos, esto es, positivamente, y 2) los sistemas son físicamente contiguos y usualmente comparten osificación (Perrin, 1975).

Las partes del cráneo que conciernen en primera instancia al aparato masticador son el rostro, la fosa temporal, el arco zigomático y los procesos post-orbitales (que se unen en posición anterior con la fosa temporal y determinan su profundidad), el dentario o mandíbula, los dientes y los hioideos. El rostro está 100% osificado en los recién nacidos del género *Stenella* (Perrin, 1975) y presenta pocos cambios en el desarrollo subsecuente en relación y proporción de varios de sus elementos a pesar del gran aumento de tamaño que sufre posteriormente (Perrin, 1975). El aparato auditivo está en estrecha relación con el masticador ya que se ha demostrado que en los odontocetos la mandíbula juega un papel crucial en la recepción de ondas sonoras y la transmisión de ellas hasta el aparato auditivo (Aroyan, 2001).

La característica más significativa del cráneo de los odontocetos tiene mucho que ver con el aparato respiratorio; la telescopicación. Mediante dicho proceso los huesos nasales emigran desde la punta del rostro hasta quedar en posición dorsal proximal, una adaptación que les permite respirar rápidamente sin levantar la cabeza sobre la superficie del agua (Perrin, 1975).

Todo el aparato respiratorio en los cetáceos ha sufrido modificaciones estructurales profundas como parte de su adaptación a la vida marina. Para incrementar la velocidad del intercambio de aire y acortar el tiempo que el organismo deba que

permanecer en la superficie, la cavidad nasal ha evolucionado hasta ser corta y ancha con una reducción (y en algunos casos pérdida) de los huesos turbinales. Como resultado de estas modificaciones estructurales junto con otras adaptaciones del aparato respiratorio, el 90% del aire en los pulmones puede ser reemplazado en una secuencia de inhalación-exhalación, comparado con un promedio del 15% en mamíferos terrestres (Moore, 1981).

Las unidades funcionales del cráneo tienen patrones de desarrollo postnatal diferente. Al nacer, el aparato auditivo y algunos elementos del respiratorio son sumamente precoces, como lo sería la asimetría, seguida por el aparato visual, la caja craneana, otros elementos del aparato emisor de sonidos y el aparato masticador, siguiendo el orden que se menciona. Todos salvo la caja craneana y un componente del aparato respiratorio (las narinas internas) alcanzan la categoría de adulto al presentar de dos a cuatro grupos de crecimiento de dentina. La caja craneana y el ancho de las narinas internas continúan creciendo hasta la madurez física.

En cuanto a su dentición esta puede tener de 80 a 120 dientes (en pares de 41 a 51) tanto en la maxila como en la mandíbula, usualmente la maxila presenta uno o dos pares de dientes más que la mandíbula (Carwardine, 2002 y Reeves, 2002).

### *2.5 Estimación de edad*

La estimación de la edad es un método por medio del cual se puede determinar la edad de un individuo de acuerdo al conteo de grupos de capas de crecimiento de dentina depositada en los dientes de los odontocetos. Dicho procedimiento fue desarrollado por primera vez en 1953 por Laws, y Nishiwaki y Yagi en *Stenella coeruleoalba* (Kimura, 1980). Los métodos convencionales de conteo de capas de dentina en dientes de odontocetos mediante la descalcificación y tinción de secciones dentarias se ha realizado extensamente con el fin de determinar la edad de los individuos, pero no siempre permite la definición de todos los grupos de crecimiento. El conteo repetitivo en el mismo diente por la misma o diferentes personas algunas veces arroja resultados distintos, siendo el uso de la media o mediana de dicho conteo el

indicador de la edad. La determinación de edad se ha convertido en un procedimiento básico en el manejo y asesoría de los stocks de mamíferos marinos. El método de estimación de edad ha sido utilizado exitosamente en *Stenella attenuata*, *Tursiops truncatus*, *Phocoena sinus*, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia fluviatilis* y *Delphinus delphis* (Ramos *et al.*, 2000; Klinenberg y Klevezal' (1962); Hui (1973); y Gurevich *et al.* (1980). La determinación de edad de los animales es esencial en el entendimiento de la ecología y fisiología de poblaciones. El conocimiento de la edad de una población animal provee información demográfica, tasas de crecimiento, estructura de edades y la edad a la que se alcanza la madurez tanto física como sexual (Evans y Robertson, 2001).

### 3. JUSTIFICACIÓN

Estudios sobre el grado de variación morfológica, genética o etológica presente en cetáceos posibilitan un mejor entendimiento de los procesos evolutivos a nivel intraespecífico, en la medida que permiten visualizar las variaciones que pueden estar ocurriendo dentro de una especie (Barreto, 2000). El estudio de las variaciones morfológicas puede fortalecer la información sobre los aspectos funcionales que son de importancia en el conocimiento de la ecología de una especie. El conocimiento del grado de variación morfológica intraespecífica, tanto en el espacio como en el tiempo, puede contribuir en el conocimiento de las estructuras poblacionales y patrones de movimiento, pudiendo evidenciar patrones de diferencias dentro de una distribución continua de una especie.

El cráneo de los mamíferos marinos provee de información específica esencial que es de vital importancia para el conocimiento y entendimiento tanto de procesos evolutivos, fisiológicos, ontogenéticos y geográficos que constituyen pilares en los planes de manejo de las poblaciones y en su consecuente conservación. Los delfines son contemplados en planes de manejo bajo la definición de stocks. Información, como la extraída de la morfología craneana, puede proveer de indicios sobre las subdivisiones poblacionales y podría tener un valor considerable en la definición de límites geográficos de relevancia biológica para los stocks de manejo poblacional.

El delfín común es la tercera especie en importancia para las pesquerías junto con *S. attenuata*, *S. longirostris* y *S. coeruleoalba* ya que se encuentran estrechamente relacionados con la pesca del atún de aleta amarilla en el Pacífico Oriental Tropical (Perrin, 1985). Información sobre la dinámica poblacional es necesaria para valorar el impacto pesquero en la especie. El conocimiento de los índices de depositación de calcio en las bandas de dentina proporcionaría una mayor exactitud en la determinación de edad de los individuos además de permitir la estimación de la estructura de edad de poblaciones naturales (Gurevich *et al.*, 1980).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

- Describir y analizar la variación craneal existente de dos especies dentro del género *Delphinus*.

### 4.2 Objetivos particulares

- Analizar la variación existente en la morfometría craneal de dos especies del género *Delphinus*.
- Determinar y analizar patrones de variación geográfica presentes en el cráneo de dos especies del género *Delphinus*.
- Determinar y analizar si existe dimorfismo sexual en los cráneos analizados de dos especies del género *Delphinus*.

## 5. MATERIALES Y MÉTODO

### 5.1 Cráneos analizados

La muestra se compuso de 58 cráneos (Anexo I), 33 de la especie *Delphinus capensis* y 25 de *D. delphis*. La muestra contó con 36 cráneos de la Colección Osteológica del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM; y 22 provenientes de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM.

### 5.2 Limpieza del material óseo

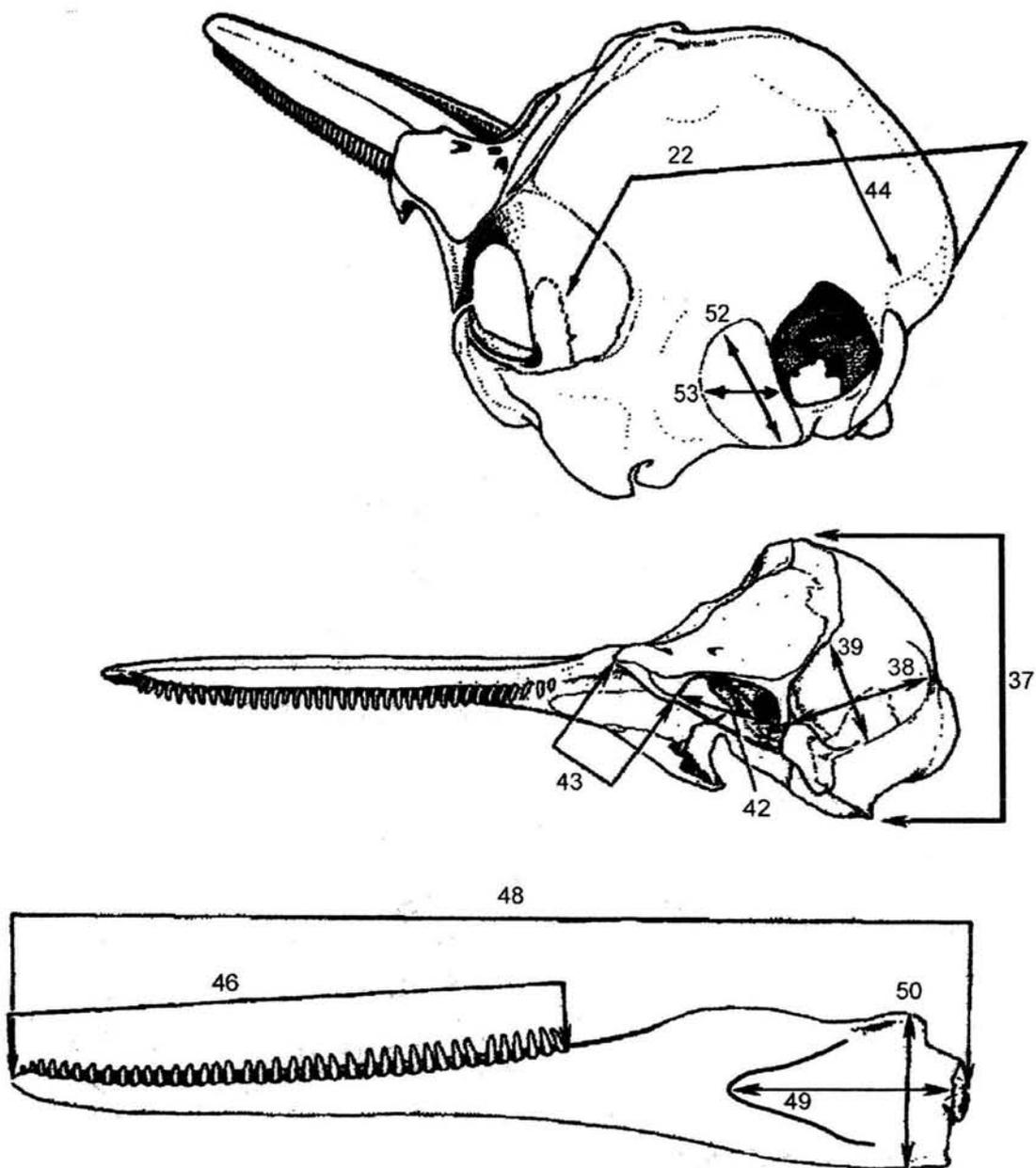
En el caso de que el cráneo a medir no estuviese completamente libre de tejidos blandos que impidieran la correcta toma de medidas, este se limpió introduciéndolo en agua por 24 horas para ablandar los tejidos no óseos que todavía se encontraban adheridos a ellos y para eliminar al máximo la cantidad de grasa contenida en el tejido óseo. Una vez ablandados los tejidos, éstos se separaron del cráneo con ayuda de un cepillo de dientes, pinzas y bisturí (Vázquez, 1993).

### 5.3 Craneometría

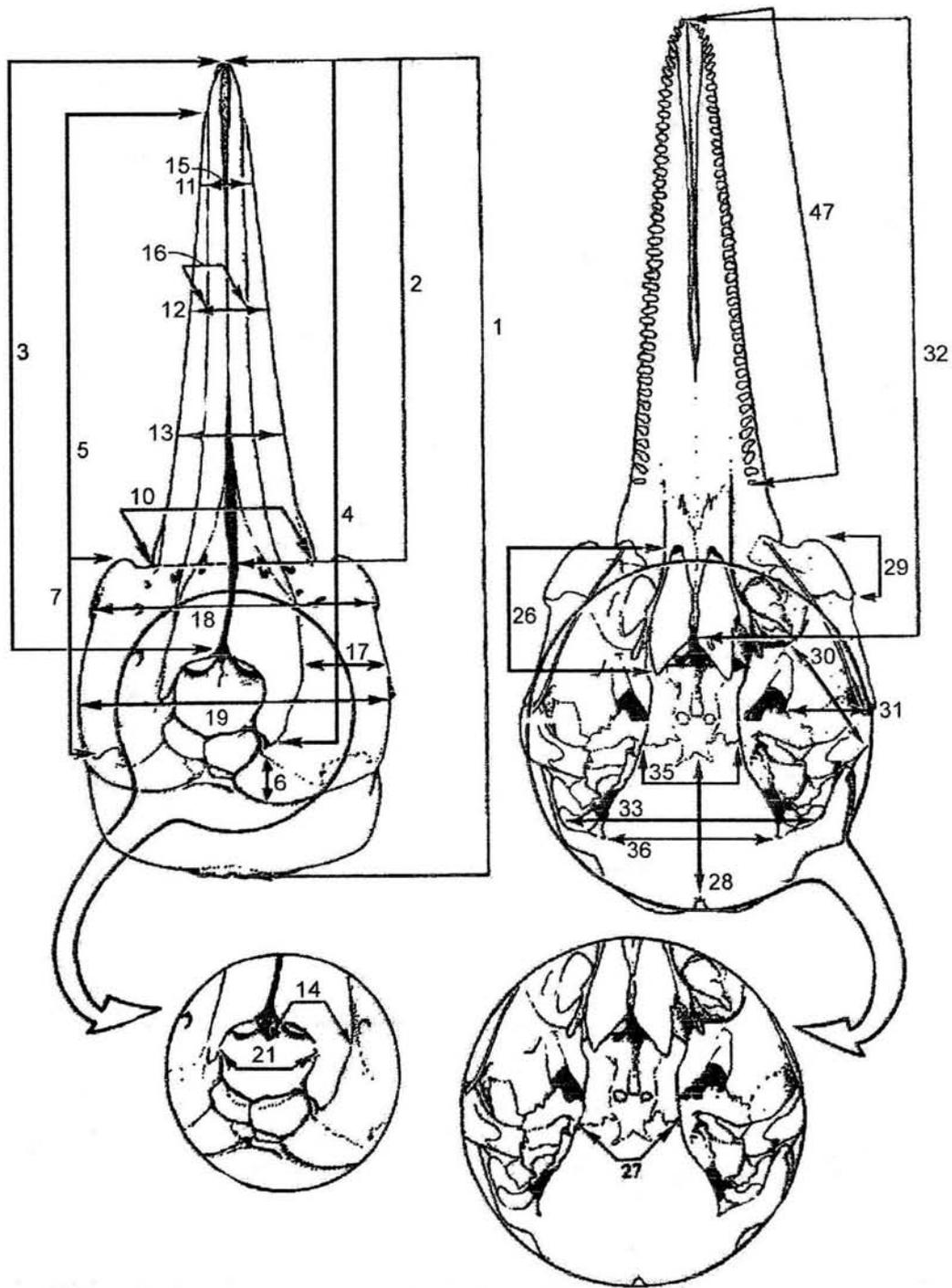
Para cada cráneo se tomaron en total 64 medidas (Anexo II, Figura 7 y 8), de las cuales 35 fueron propuestas por Perrin (1975), 25 por Panécatl (2003) y 3 son resultado de este trabajo. Las medidas fueron agrupadas por aparato según Perrin (1975). Cada medida fue registrada dos veces y promediada para eliminar errores de medición. La segunda medición se realizó al finalizar la primera ronda de medidas para todos los cráneos.

El cráneo fue dividido a lo largo de la línea media en lado izquierdo y derecho. Se tomaron las medidas para cada lado del cráneo tanto dorsal como ventralmente ya que existe una marcada asimetría en el cráneo de los odontocetos y dicha asimetría podría ser un factor de variación dentro de las poblaciones.

Las variables para cada especie fueron sometidos a una prueba de  $t$  para determinar si existen diferencias significativas entre machos y hembras.



**Figura 7.** Medidas tomadas a los ejemplares de *Delphinus*. Los números corresponden a la codificación dada en el Anexo II.



**Figura 8.** Medidas tomadas a los ejemplares de *Delphinus*. Los números corresponden a la codificación dada en el Anexo II.

Para la toma de datos se utilizaron escuadras de acrílico, vernier electrónico, antropómetro de metal y una regla de aluminio graduada en milímetros.

Debido al mal estado de algunos cráneos (piezas rotas o falta de ellas) y al ruido que pudiesen causar dentro de los análisis se eliminaron las siguientes medidas: AICSuOcc, LVPt izquierdo y derecho, AVPt izquierdo y derecho, todas las medidas que hacen referencia tanto al timpánico como al periótico, Rap y ApR.

#### *5.4 Identificación del sexo*

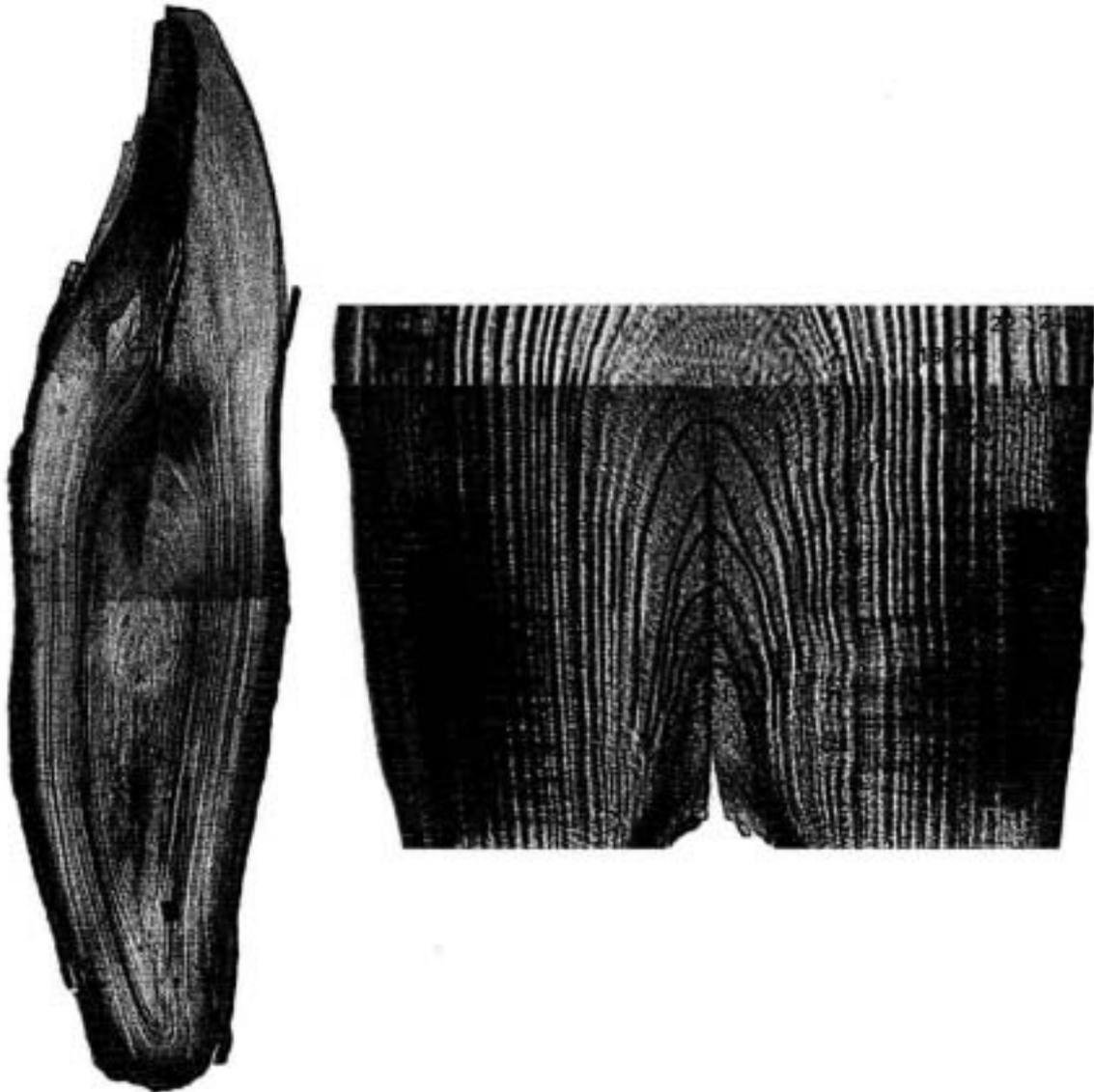
La mayoría de los cráneos analizados son de animales cuyo sexo se identificó al momento de su captura, pero hubo algunos que no tenían esta información. Con base en Heyning y Perrin (1994) y de acuerdo a las medidas que ellos presentan para hembras y machos de las dos especies se les asignó sexo a los cráneos que carecían de ese dato. La muestra se conformó entonces de 22 machos (15 de *D. capensis* y 7 de *D. delphis*) y 36 hembras (18 para cada especie).

La cuantificación del grado de dimorfismo sexual hallado dentro de las poblaciones de una especie debe considerarse antes de realizar un estudio de variación geográfica con el fin de evitar la atribución de diferencias morfométricas significativas a factores inapropiados. (Hersh *et al.*, 1990). Si hubiere dimorfismo sexual en los animales y ambos sexos fuesen agrupados al analizar la variación latitudinal, esto podría enmascarar (p. ej. machos de un grupo mayores en talla a las hembras de otro) así como acentuar (p. ej. el mismo caso anterior pero con distribución desigual de ejemplares de uno de los sexos) la diferencia existente entre las posibles poblaciones. Por ese y otros motivos se recomienda realizar el análisis de variación geográfica con los sexos separados si es que existe dimorfismo sexual (Barreto, 2000).

#### *5.5 Estimación de edad*

La estimación de edad de 58 individuos se realizó mediante el conteo de grupos de crecimiento de dentina (o GCD) (Figura 9), Las capas de dentina se depositan alternadamente (una banda clara pobremente mineralizada con una oscura muy mineralizada) con una determinada periodicidad, generalmente de un año (Laws, 1953). La acumulación de capas de dentina correlaciona el crecimiento externo y del

esqueleto, con el progreso de la fusión ósea y con la acumulación de cuerpos lúteos en las hembras. Las capas son por lo general difíciles de leer y los valores que se utilizaron fueron la media de tres conteos por cada individuo, siendo estos conteos en ocasiones independientes.



**Figura 9:** Imágenes de dientes de los individuos FCMM-0088 (izquierda) e IBUNAM-35168 (derecha) para ejemplificar la técnica de conteo de GCD para la estimación de edad.

Para determinar el número de GCD para cada individuo, a cada ejemplar se le extrajo un diente, preferentemente de la sección media de la rama maxilar por ser de los mas grandes. Cada diente se pulió longitudinalmente hasta tener una lámina de alrededor de 50 micras de grosor, una vez rebajados, los dientes se descalcificaron

sumergiéndolos en ácido fórmico al 10% por un tiempo de entre 5 y 12 minutos, revisando todos los dientes cada minuto durante el proceso de descalcificación para no perder los GCD. Una vez descalcificados y secos, los dientes se tiñeron en hematoxilina de Mayr de 6 a 8 minutos, posteriormente se viró la tinción con carbonato de litio y se enjuagaron con agua destilada para frenar el proceso de tinción. Una vez secos, los dientes se montaron en preparaciones con resina sintética y posteriormente fueron fotografiados con microscopio marca Olympus modelo Provis. Una vez obtenidas las imágenes, se contaron los GCD tanto en las fotografías como en las preparaciones al microscopio.

Algunos individuos carecían de dientes disponibles o presentaron dificultades en el conteo de los GCD por diversos motivos, por lo que fueron excluidos de los análisis de desarrollo craneal, más no de los de variación.

#### *5.6 Análisis de cúmulos*

Los datos métricos obtenidos fueron sometidos a un análisis de correlación de Producto-Momento de Pearson para conocer la magnitud de la redundancia entre estas variables. Al no presentarse un índice de correlación alto (se señala el 100%, Zink y Remsen 1986) ninguna de las variables se eliminó. Posteriormente los datos fueron normalizados con el programa Excel<sup>3</sup> por la varianza entre todos los especímenes de acuerdo a la fórmula:

$$X_n = (X_i - X_p) / \sigma$$

donde  $X_n$  es el dato normalizado,  $X_i$  es el dato original de la variable  $X$  en el individuo  $i$ ,  $X_p$  es el valor promedio de la variable  $X$  y  $\sigma$  su desviación estándar.

Una vez normalizados los datos, se obtuvieron las matrices de distancias euclidianas ( $D_{ij}$ ) mediante el programa Euclides<sup>4</sup>, el cual opera la fórmula:

---

<sup>3</sup> Incluido en el paquete Microsoft Office 2000

<sup>4</sup> desarrollado por Luis Medrano González (1995)

$$D_{ij} = [(\sum_y (X_{iy} - X_{jy})^2)/n]^{1/2}$$

donde  $X_{iy}$  e  $X_{jy}$  son los datos del carácter y en los especímenes  $i$  e  $j$ ,  $n$  es el número total de caracteres e  $\sum_y$  es la suma entre los distintos caracteres desde  $y=1$  hasta  $y=n$ .  $D_{ij}$  es así la distancia media por carácter en unidades de desviación estándar. Se retiraron especímenes y caracteres con muchos huecos y se utilizó esta fórmula para examinar la matriz de datos habiendo todavía algunos huecos en tanto que no fue posible encontrar un conjunto de especímenes y caracteres completo. Las matrices de distancias euclidianas de los datos morfométricos se utilizaron para resolver los patrones de similitud entre caracteres mediante el algoritmo WPGMA realizado por el programa MSVP (Kovach, 1993; Sneath y Sokal, 1973).

### 5.7 Análisis de componentes principales (ACP)

Una vez que se determinó que existe homocedasticidad<sup>5</sup> en la muestra mediante una prueba de  $F$ , los datos se sometieron a pruebas de  $t$  independientes para determinar si existen diferencias significativas entre sexos para las dos especies. Posteriormente los datos para cada especie fueron sujetos a un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre las poblaciones de cada especie. Para todos estos análisis se utilizó el paquete *STATISTICA* v. 6.0 (StatSoft, 2001). con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  ó el 95% de confiabilidad.

### 5.8 Análisis de desarrollo craneal

Para este análisis se utilizaron sólo los individuos a los cuales se les pudo determinar la edad, sexo e identidad de especie con el fin de comparar el desarrollo craneal tanto en machos y hembras como dentro de diferentes poblaciones dentro del género. Se hicieron gráficas de la longitud condilobasal en diferentes edades medidas como grupos de capas de dentina. Se examinaron en específico machos y hembras de *D. capensis* y el conjunto de *D. delphis* en tanto que no se observaron variaciones en

---

<sup>5</sup> En general, se dice que las variables aleatorias que tengan la misma varianza son homocedásticas y las variables aleatorias que tengan varianzas distintas son heterocedásticas (Morris, 1988).

esta especie entre sexos ni geográficas para el carácter analizado. Las gráficas se ajustaron por el método de mínimos cuadrados, implementado en el programa Sigmaplot, a una variante simplificada del modelo de von Bertalanffy (1968) que se basa en la suposición de que el coeficiente alométrico de la tasa metabólica con respecto a la masa es 2/3 y de que la longitud al tiempo cero es para fines prácticos cero. El modelo se reduce entonces a una saturación exponencial como sigue:

$$L_t = L_{inf} (1 - e^{-kt})$$

donde  $L_t$  es la longitud condilobasal al tiempo  $t$ ,  $L_{inf}$  es la longitud máxima de la variable y  $-k$  es la tasa instantánea de catabolismo  $L_t = L_{inf} - L_t$  (Gutiérrez y Sánchez, 1998). El análisis de crecimiento permitió determinar que todos los especímenes se encontraban en estado adulto y que por tanto, podían considerarse en los análisis de cúmulos y ACP.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Determinación de edad

Esta técnica se pudo realizar para 45 individuos, estando la especie *D. delphis* representada desde los 12 hasta los 38 GCD; mientras que *D. capensis* de los 7 a los 32 GCD. De acuerdo con Perrin (1975 y 1993) todos los individuos se consideraron como adultos.

Se encontró que para algunos ejemplares, en particular de *D. delphis*, los GCD fueron difíciles y hasta imposibles de contar debido a que los grupos de crecimiento no eran distinguibles como para una estimación confiable de los mismos. Varios dientes presentaron depositaciones de minerales (Lockyer, 1993 y 1995; en Evans y Robertson, 2001), ausencia aparente de GCD, bandas accesorias (Pierce y Kajimura, 1980, Mikhalev, 1982; ambos en Evans y Robertson, 2001), que impidieron el conteo preciso (Figura 10). Además, de algunos ejemplares se extrajeron dos o más dientes –de posiciones alveolares vecinas en el maxilar- y el conteo de GCD resultó diferente para cada diente, como había sido reportado para *Tursiops truncatus* (Hui, 1980; en Evans *et al.*, 2002), *Stenella longirostris*, *Stenella attenuata* y *D. delphis* (Myrick, 1988 y Lockyer, 1993; en Evans y Robertson, 2001).



**Figura 10.** Dientes de los ejemplares IBUNAM.16569, FCMM-0115 y FCMM-0110 (en orden de izquierda a derecha), algunos de los ejemplares que presentaron dificultades al momento del conteo de los GCD.

## 6.2 *Delphinus delphis*

La prueba de  $t$  mostró diferencias significativas para 2 de 87 medidas entre machos y hembras, siendo estas  $AP_{Prm1/2izq}$  ( $p= 0.0159$ ) y  $AP_{Prm1/2der}$  ( $p= 0.0172$ ), por lo que los Análisis de Componentes Principales (ACP) se realizaron agrupando a ambos sexos.

Al introducir los datos al ACP para determinar si existen diferencias entre las poblaciones se obtuvo lo siguiente: los tres primeros factores que muestra el análisis explican el 49.36% de la variación intraespecífica.

	Eigenvalores	% total de la varianza explicada	Eigenvalores acumulados	% acumulado de la varianza explicada
<b>Factor 1</b>	22.05128	25.34630	22.05128	25.34630
<b>Factor 2</b>	14.39262	16.54325	36.44390	41.88954
<b>Factor 3</b>	6.50466	7.47662	42.94856	<b>49.36616</b>

Cuadro I. Eigenvalores y porcentajes de varianza resultantes del ACP para los ejemplares de *D. delphis*

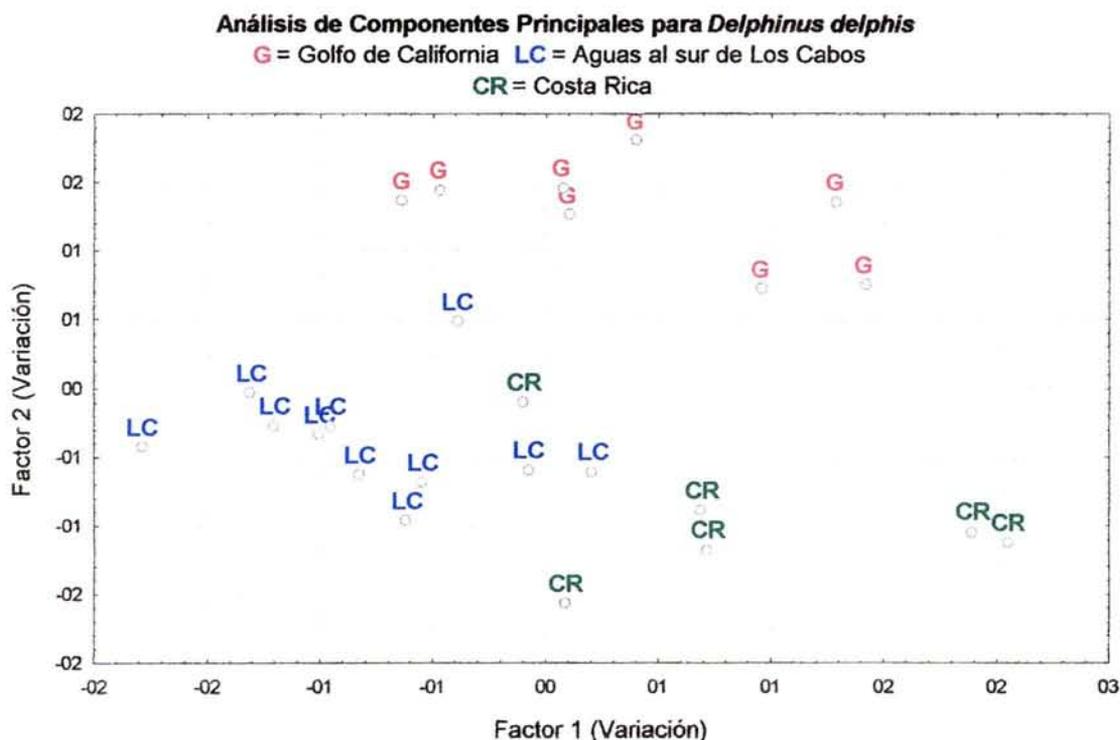
Las medidas craneales que explican este porcentaje de variación se muestran en el Cuadro II.

		Peso de las medidas aportado a la variación		
Aparato	Medida	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Caja Craneana	LFrizq	0,05111	<b>0,73760</b>	-0,198001
	AmaxEs	0,36377	<b>-0,81432</b>	-0,069353
	AminBO	0,00727	<b>-0,84814</b>	0,099856
	AmaxBO	0,21550	<b>-0,75765</b>	0,128879
	LmaxCOder	<b>0,70355</b>	0,09579	-0,495339
Masticador	LCB	<b>0,91907</b>	0,16733	-0,015744
	LRizq	<b>0,83708</b>	0,06647	0,246469
	LRder	<b>0,84076</b>	0,02614	0,282732
	RNext	<b>0,88418</b>	-0,02815	0,214764
	LmaxPrmizq	<b>0,84031</b>	-0,16107	0,193621
	LmaxPrmder	<b>0,89526</b>	-0,11484	0,157317
	LmaxMaxizq	<b>0,86388</b>	-0,15778	0,142864
	LmaxMaxder	<b>0,89343</b>	-0,14419	0,061863
	RNint	<b>0,80900</b>	-0,08396	0,287144
	LRaDeizq	<b>0,88285</b>	0,12746	0,017436
	LRaDeder	<b>0,84370</b>	0,28725	0,011079
	LRaMaizq	<b>0,79723</b>	0,02758	0,406304
	LRaMader	<b>0,76050</b>	0,02158	0,488501
	LmaxDeizq	<b>0,82629</b>	0,43366	-0,004568
	LmaxDeder	<b>0,81392</b>	0,38422	-0,054504
	AlmaxDeizq	<b>0,83132</b>	0,20754	0,066604
Visual	APoOmax	0,32954	<b>-0,81969</b>	0,017654
	ASuOmin	0,28420	<b>-0,77447</b>	-0,158142

Cuadro II. Medidas que explican el 49.36% de la varianza en *D. delphis*. Los valores de peso > 0,7 son los marcados en negritas.

En el Cuadro II podemos observar que el aparato masticador es el que aporta la mayor variación dentro de la especie

Graficando los factores 1 y 2 resultantes del análisis se obtuvo lo siguiente (Figura 11):



**Figura 11.** Análisis de Componentes principales para todos los ejemplares de *D. delphis*. Los factores explican el 49.36% de la variación.

En la Figura 11 se observan tres grupos claramente distinguibles según su punto de recolección, los cuales parecen corresponder a los stocks propuestos por Perrin *et al.* (1985) y Dizon *et al.* (1994).

Una vez que se observaron los grupos distinguibles por región, se realizaron pruebas de *t* independientes para conocer las variables que fueran significativamente diferentes entre grupos. Las medidas que presentan dichas diferencias entre los individuos se presentan en el Cuadro III.

Aparato	REGIONES			
	GC / CR	GC / LC	CR / LC	
<b>Aparato</b>	<b>Medidas</b>	<b>Medidas</b>	<b>Medidas</b>	
Caja Craneana	AlextCC	AmaxBO	AlextCC	
	AmaxBO	AmaxEs	AmaxBO	
	AmaxEs	AmaxFM	AmaxEs	
	AmaxPar	AminBO	AmaxExoder	
	AminBO	LFrizq	AmaxFM	
	LEsCOder	LintCC	AmaxPar	
	LEsCOizq	LmaxCOder	LesCOder	
	LVmaxBO	LmaxCOizq	LesCOizq	
		LmaxExoder	LmaxCOder	
		LmaxExoizq	LmaxCOizq	
		LmaxSOiPa	LmaxSOiPa	
		LVmaxBO		
	Masticador	AmaxFTder	AlmaxDeizq	AlmaxDeder
AmaxFTizq		AmaxFTder	AlmaxDeizq	
AmaxPrmder		AmaxFTizq	AR60	
AmaxPrmizq		AmaxPrmder	ARb	
AR3/4		APrm60der	ARm	
ARb		APrm60izq	DmaxFTder	
ARm		AR3/4	DmaxFTizq	
DiRaDeder		ARb	LCB	
DiRaDeizq		DiRaDeder	LFoMander	
DiRaMaizq		DiRaDeizq	LFoManizq	
LFoMander		DiRaMader	LmaxDeder	
LFoManizq		DiRaMaizq	LmaxDeizq	
LFrizq		DmaxFTder	LmaxMaxder	
Visual		DmaxFTizq	LmaxMaxizq	
		LCB	LmaxPrmder	
		LFoMander	LmaxPrmizq	
		LmaxDeder	LRaDeder	
		LmaxDeizq	LRaDeizq	
		LmaxFTder	LRaMader	
		LRaDeder	LRaMaizq	
		LRaDeizq	LRder	
		LRizq	LRizq	
		PrmR	RNext	
		RNext	RNint	
		APoOmax	APoOmax	APoOmax
		APrOmax	ASuOmin	ASuOmin
	ASuOmin		LAOizq	
	LAOizq		LmaxLacder	
	LmaxLacder		LmaxLacizq	
	LmaxLacizq			
	LOder			
	LOizq			
Respiratorio		AmaxNintder	AmaxNaizq	
			AmaxNext	
			LmaxNader	
			LmaxNaizq	
Aparato	<b>Medidas</b> <b>GC / CR</b>	<b>Medidas</b>	<b>Medidas</b>	
		<b>GC / LC</b>	<b>CR / LC</b>	
		<b>REGIONES</b>		

**Cuadro III.** Medidas por aparatos que presentan variación interespecifica significativa en *D. delphis* en tres regiones.

Las variables ARb, APoOmax, AsuOmin, AmaxEs, AmaxBO, LFoMander resultaron significativamente diferentes (Cuadro III, IV, V y VI) en las tres pruebas entre grupos, por lo que pudieran considerarse como indicador de las distintas regiones. Con

base en las medidas antes mencionadas, puede apreciarse que el cráneo de los delfines comunes del sur de Los Cabos es mas grande, siguiéndoles los de la región de Costa Rica, y por último, los más pequeños son los del Golfo de California.

	Media GC	Media CR	valor t	gl	p	N GC	N CR	Dev. Std. GC	Dev. Std. CR
ARb	84.938	93.000	-4.360	12	0.0009	8	6	3.669	3.050
APoOmax	176.391	187.750	-4.489	12	0.0007	8	6	5.373	3.504
ASuOmin	159.521	171.583	-4.261	12	0.0011	8	6	6.268	3.308
AmaxEs	130.400	139.833	-4.005	12	0.0017	8	6	5.154	2.910
AmaxBO	86.552	93.750	-3.867	12	0.0022	8	6	3.599	3.221
LFoMander	101.005	110.417	-4.512	12	0.0007	8	6	2.585	5.142

**Cuadro IV.** Medidas significativamente diferentes entre los tres grupos y sus resultados arrojados por la prueba de *t* independiente entre los ejemplares del Golfo de California (GC) y Costa Rica (CR).

	Media GC	Media LC	valor t	gl	p	N GC	N LC	Dev. Std. GC	Dev. Std. LC
ARb	84.937	88.590	-2.4496	17	0.02543	8	11	3.6687	2.8444
APoOmax	176.390	182.909	-3.5941	17	0.00223	8	11	5.3729	2.3855
ASuOmin	159.520	165.454	-2.6755	17	0.01596	8	11	6.2681	3.3500
AmaxEs	130.400	135.454	-2.7136	17	0.01474	8	11	5.1539	2.9534
AmaxBO	86.552	90.954	-3.4887	17	0.00281	8	11	3.5986	1.8635
LFoMander	101.005	105.136	-2.2611	17	0.03715	8	11	2.5852	4.6480

**Cuadro V.** Medidas significativamente diferentes entre los tres grupos y sus resultados arrojados por la prueba de *t* independiente entre los ejemplares del Golfo de California (GC) y sur de Los Cabos (LC).

	Media CR	Media LC	valor t	gl	p	N CR	N LC	Dev. Std. CR	Dev. Std. LC
ARb	93.000	88.590	2.9808	15	0.00932	6	11	3.0495	2.8444
APoOmax	187.750	182.909	3.3967	15	0.00398	6	11	3.5035	2.3855
ASuOmin	171.583	165.454	3.6198	15	0.00252	6	11	3.3078	3.3500
AmaxEs	139.833	135.454	2.9356	15	0.01022	6	11	2.9097	2.9534
AmaxBO	93.750	90.954	2.2923	15	0.03676	6	11	3.2210	1.8635
LFoMander	110.416	105.136	2.1592	15	0.04743	6	11	5.1421	4.6480

**Cuadro VI.** Medidas significativamente diferentes entre los tres grupos y sus resultados arrojados por la prueba de *t* independiente entre los ejemplares de Costa Rica (CR) y sur de Los Cabos (LC).

En cuanto al desarrollo del cráneo en esta especie, se realizaron gráficas de las medidas tomadas con respecto a la edad de los individuos, encontrando que a partir de los 7 GCD en adelante, las medidas no cambian significativamente conforme aumenta

el número de GCD. Por lo tanto se promediaron las medidas de cada aparato que constituyen el cráneo y se realizaron las siguientes gráficas:

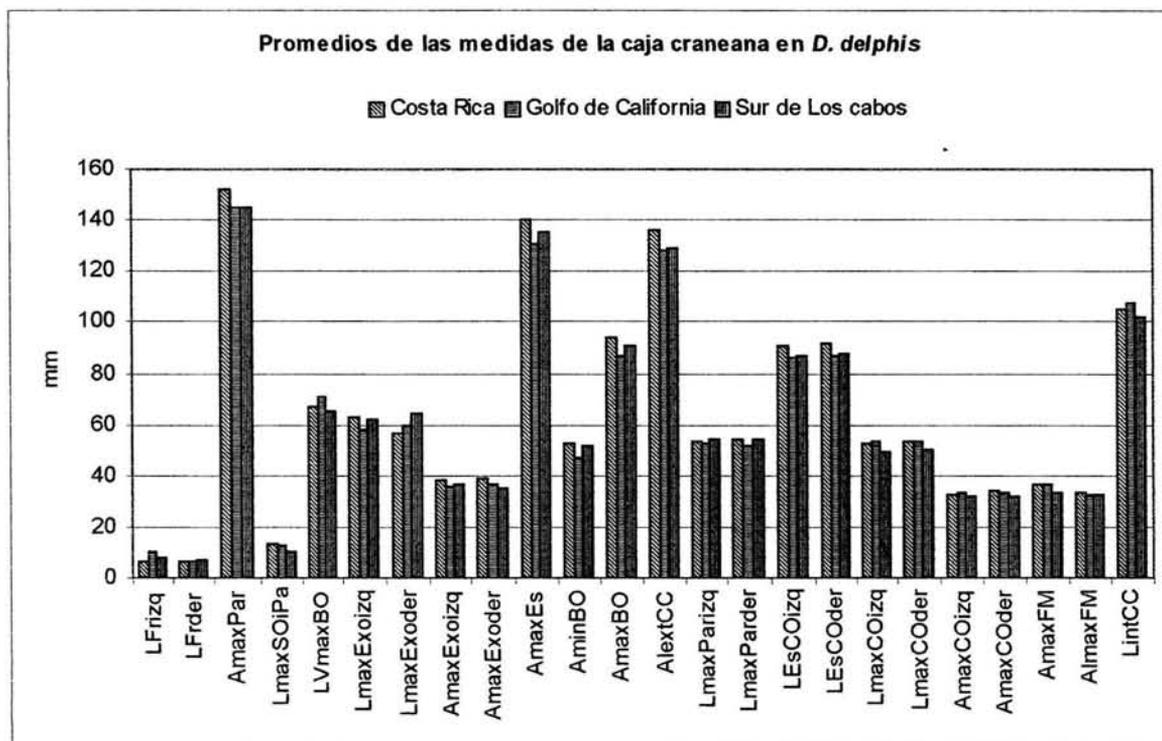


Figura 12. Promedios de las medidas de la caja craneana en *D. delphis*.

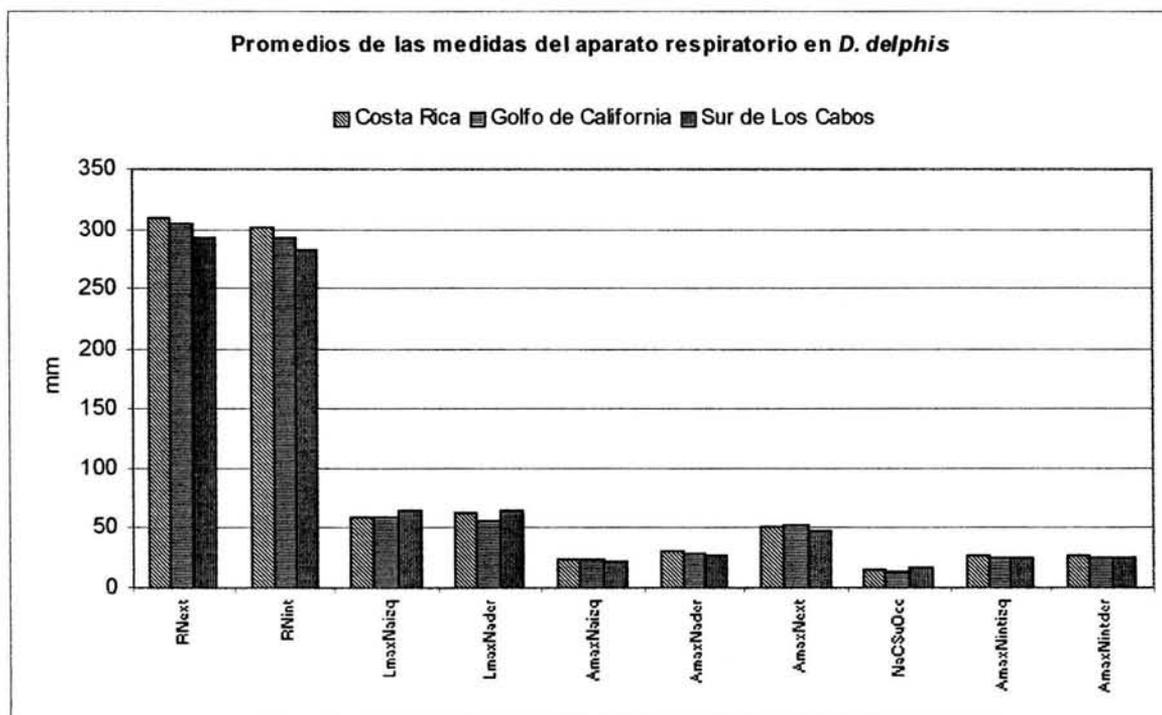


Figura 13. Promedios de las medidas del aparato respiratorio en *D. delphis* de tres regiones distintas.

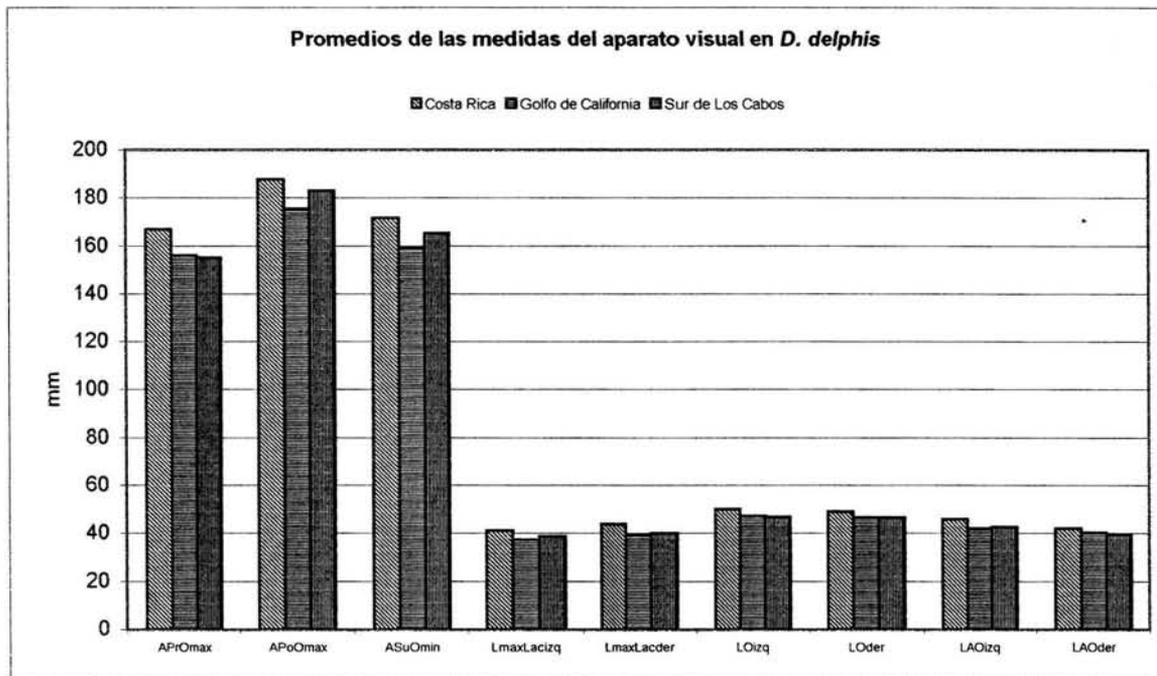


Figura 14. Promedios de las medidas del aparato visual en *D. delphis* de tres regiones distintas.

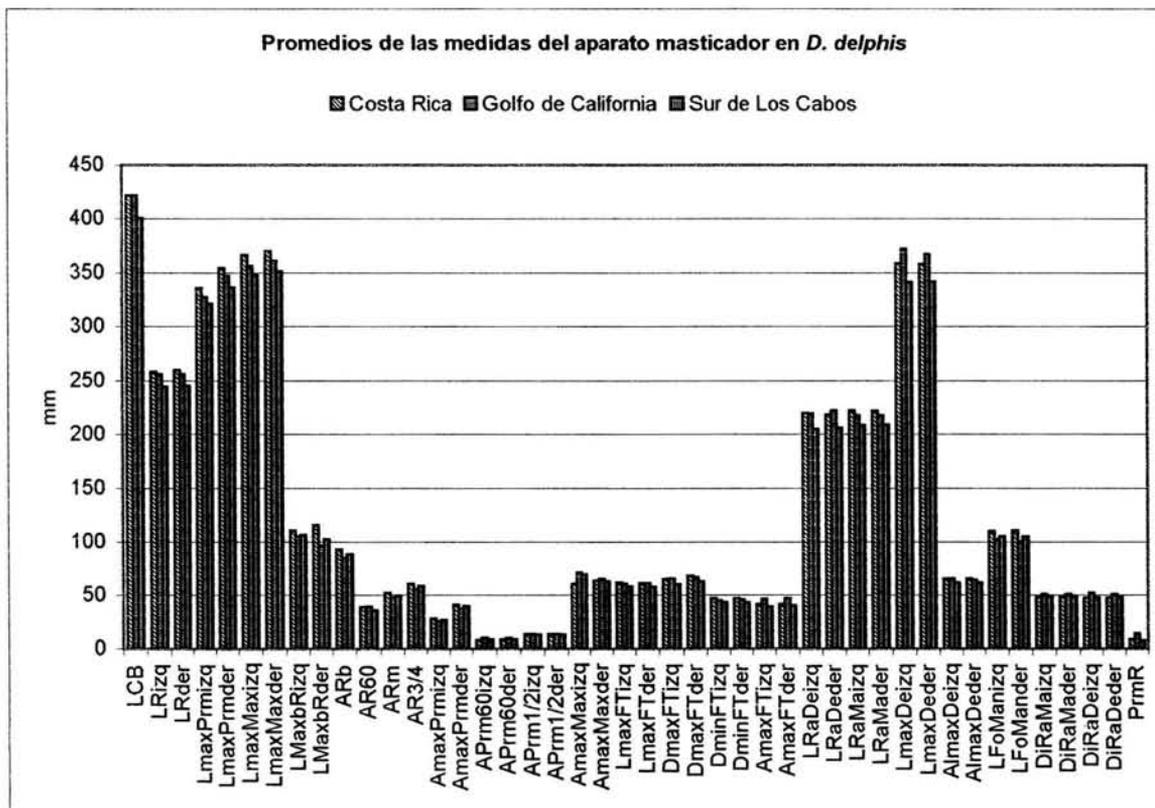


Figura 15. Promedios de las medidas del aparato masticador en *D. delphis* de tres regiones distintas.

### 6.3 *Delphinus capensis*

Para esta especie se realizó también una prueba de *t* para determinar si existen diferencias significativas entre los machos y las hembras. El estadístico mostró que de las 87 medidas, 74 resultaron significativamente distintas:

Aparato Caja Craneana	Medida		LmaxParizq		DmaxFTizq		LRaMaizq
	AlextCC		LmaxSOiPa		DminFTder		LRder
	AmaxBO	Masticador	AlmaxDeder		DminFTizq		LRizq
	AmaxCOder		AlmaxDeizq		LCB		RNext
	AmaxCOizq		AmaxFTizq		LFoMander		RNint
	AmaxEs		AmaxMaxder		LFoManizq		AmaxNader
	AmaxExoder		AmaxMaxizq		LMaxbRder	Respiratorio	AmaxNaizq
	AmaxExoizq		AmaxPrmizq		LMaxbRizq		AmaxNext
	AmaxPar		APrm1/2der		LmaxDeder		AmaxNintder
	AminBO		APrm1/2izq		LmaxDeizq		AmaxNintizq
	LEsCOder		APrm60der		LmaxFTder		LmaxNaizq
	LEsCOizq		APrm60izq		LmaxFTizq		APoOmax
	LFrder		AR3/4		LmaxMaxder	Visual	APrOmax
	LintCC		AR60		LmaxMaxizq		ASuOmin
	LmaxCOder		ARb		LmaxPrmder		LAOder
	LmaxCOizq		ARm		LmaxPrmizq		LOder
	LmaxExoder		DiRaDeder		LRaDeder		LOizq
	LmaxExoizq		DiRaMader		LRaDeizq		
	LmaxParder		DmaxFTder		LRaMader		

Cuadro VII. 74 medidas significativamente diferentes entre machos y hembras en *D. capensis*.

Para comprobar que esta diferencia tan pronunciada entre sexos no se debe a la asignación de sexo basada en Heyning y Perrin (1994) anteriormente mencionada y que, al ser esta especie la que mas individuos sin sexo presentaba, se realizó un análisis de componentes principales; el cual mostró lo siguiente:

	Eigenvalores	% total de la varianza explicada	Eigenvalores acumulados	% acumulado de la varianza explicada
<b>Factor 1</b>	39,27533	45,14406	39,27533	45,14406
<b>Factor 2</b>	6,03011	6,93116	45,30544	52,07522
<b>Factor 3</b>	4,37681	5,03082	49,68225	<b>57,10603</b>

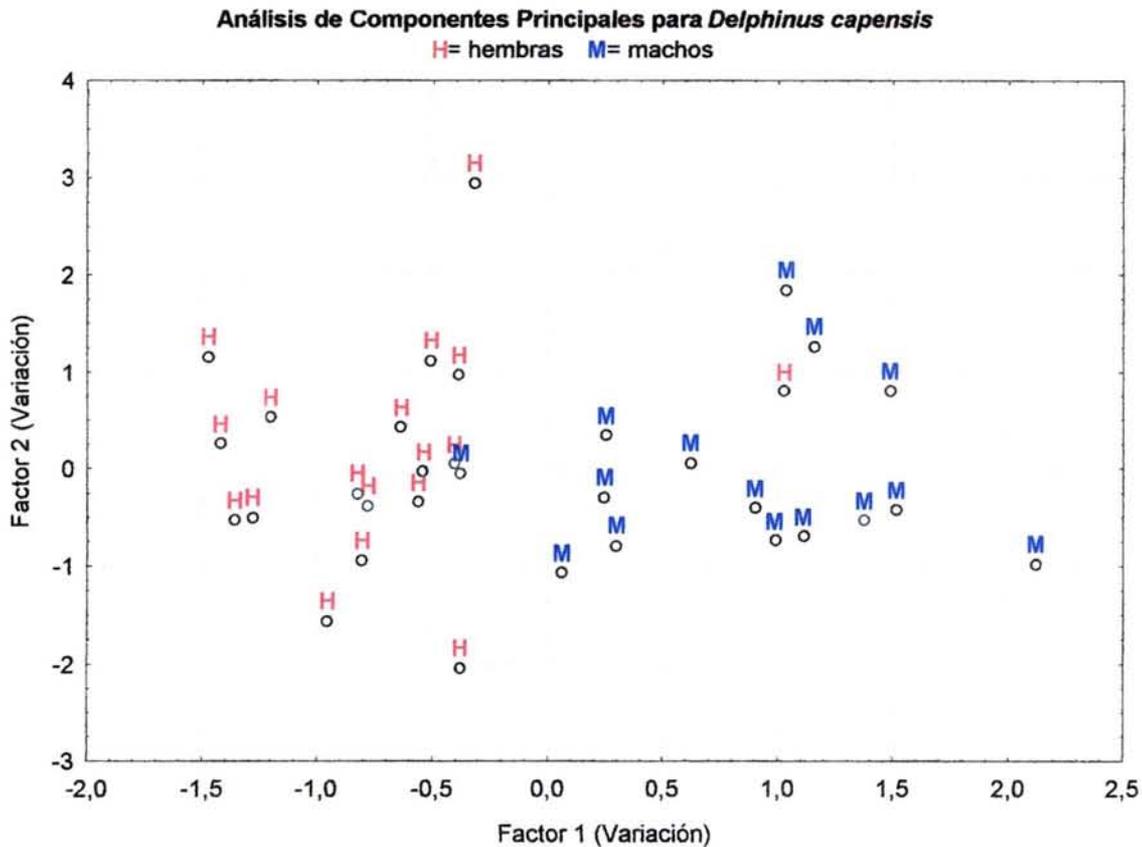
Cuadro VIII. Eigenvalores y porcentajes de varianza resultantes del ACP para los ejemplares de *D. capensis*

El 57.1% de la varianza entre sexos es explicado por las medidas del cuadro IX.

	Peso de las medidas aportado a la variación		
Medida	Factor 1	Factor 2	Factor 3
LCB	<b>0,93171</b>	-0,256993	-0,072042
LRizq	<b>0,80089</b>	-0,449231	-0,171354
LRder	<b>0,83046</b>	-0,401969	-0,141916
RNext	<b>0,85204</b>	-0,328604	-0,119630
LmaxPrmizq	<b>0,87398</b>	-0,382437	-0,108191
LmaxPrmder	<b>0,88839</b>	-0,300361	-0,114047
LmaxMaxizq	<b>0,87697</b>	-0,327037	-0,144813
LmaxMaxder	<b>0,90045</b>	-0,294663	-0,111604
LMaxbRizq	<b>0,70082</b>	0,202197	0,004211
ARb	<b>0,80563</b>	0,018627	0,169457
ARm	<b>0,73501</b>	0,129212	0,059400
AR3/4	<b>0,80120</b>	0,076328	0,184401
APrm60izq	<b>0,77166</b>	0,159890	0,309426
AmaxMaxizq	<b>0,77317</b>	-0,006206	-0,108065
AmaxMaxder	<b>0,75590</b>	-0,075479	-0,195142
APrOmax	<b>0,93182</b>	-0,065168	-0,127017
APoOmax	<b>0,95462</b>	-0,000461	-0,082316
ASuOmin	<b>0,92570</b>	0,030691	0,018547
AmaxPar	<b>0,72402</b>	0,334426	-0,333359
RNint	<b>0,76875</b>	-0,466953	-0,315683
AmaxEs	<b>0,91514</b>	0,001066	-0,018138
AmaxNintizq	<b>0,88132</b>	-0,007453	0,086669
AmaxNintder	<b>0,91700</b>	0,081376	0,065318
AminBO	<b>0,74795</b>	0,031850	0,095710
AlextCC	<b>0,84628</b>	0,193367	-0,150444
LmaxFTizq	<b>0,74573</b>	0,279559	-0,216434
LmaxFTder	<b>0,82215</b>	0,326591	-0,199595
LEsCOizq	<b>0,89975</b>	-0,032499	0,038314
LEsCOder	<b>0,84997</b>	0,008632	0,007765
AmaxFTizq	<b>0,73478</b>	0,351202	0,085224
LRaDeizq	<b>0,76026</b>	-0,302261	0,174809
LRaDeder	<b>0,81426</b>	-0,274926	0,101617
LRaMaizq	<b>0,80278</b>	-0,406433	-0,228163
LRaMader	<b>0,80049</b>	-0,441823	-0,182916
LmaxDeder	<b>0,91376</b>	-0,160975	0,059087
AlmaxDeizq	<b>0,81409</b>	0,098060	0,051570
AlmaxDeder	<b>0,86873</b>	0,064254	-0,024562
LmaxCOizq	<b>0,76438</b>	-0,139356	-0,141625
LmaxCOder	<b>0,77680</b>	-0,028278	-0,144181
LintCC	<b>0,77979</b>	0,169473	0,039447

Cuadro IX. Medidas que explican el 57.1% de la varianza en *D. capensis*. Los valores de peso > 0,7 son los marcados en negritas.

En la Figura 16, donde vemos la marcada diferencia entre machos y hembras en la especie. Además podemos ver que la asignación de sexos a los individuos no interfirió en el análisis, ya que los grupos de hembras y machos son claramente distinguibles.



**Figura 16.** Análisis de componentes principales en *D. capensis*

Debido a que todos los ejemplares de esta especie provienen del Golfo de California, no se realizó el análisis para determinar si existe variación geográfica intraespecífica.

En cuanto al desarrollo del cráneo en *D. capensis*, las figuras 17, 18, 19 y 20 corresponden a las gráficas de los promedios de las medidas de los aparatos para la

especie, en las que se puede observar claramente la diferencia en tamaño entre machos y hembras.

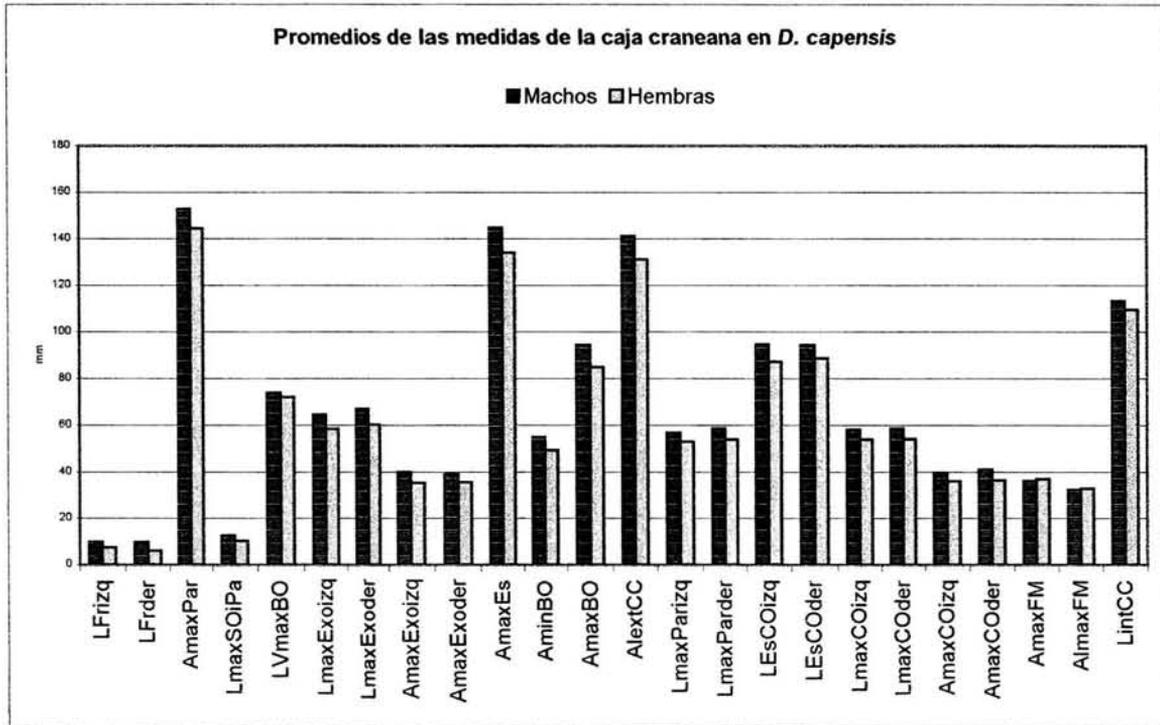


Figura 17. Promedios de las medidas de la caja craneana en machos y hembras de *D. capensis*.

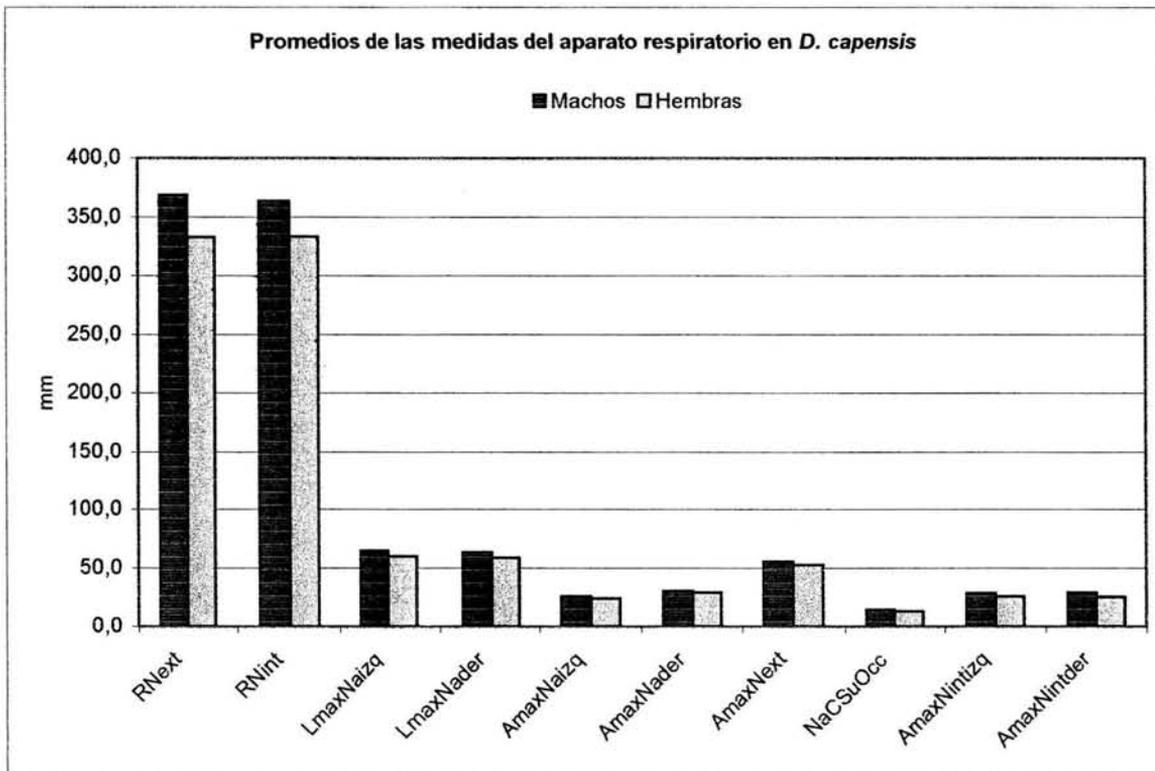


Figura 18. Promedios de las medidas de la caja craneana en machos y hembras de *D. capensis*.

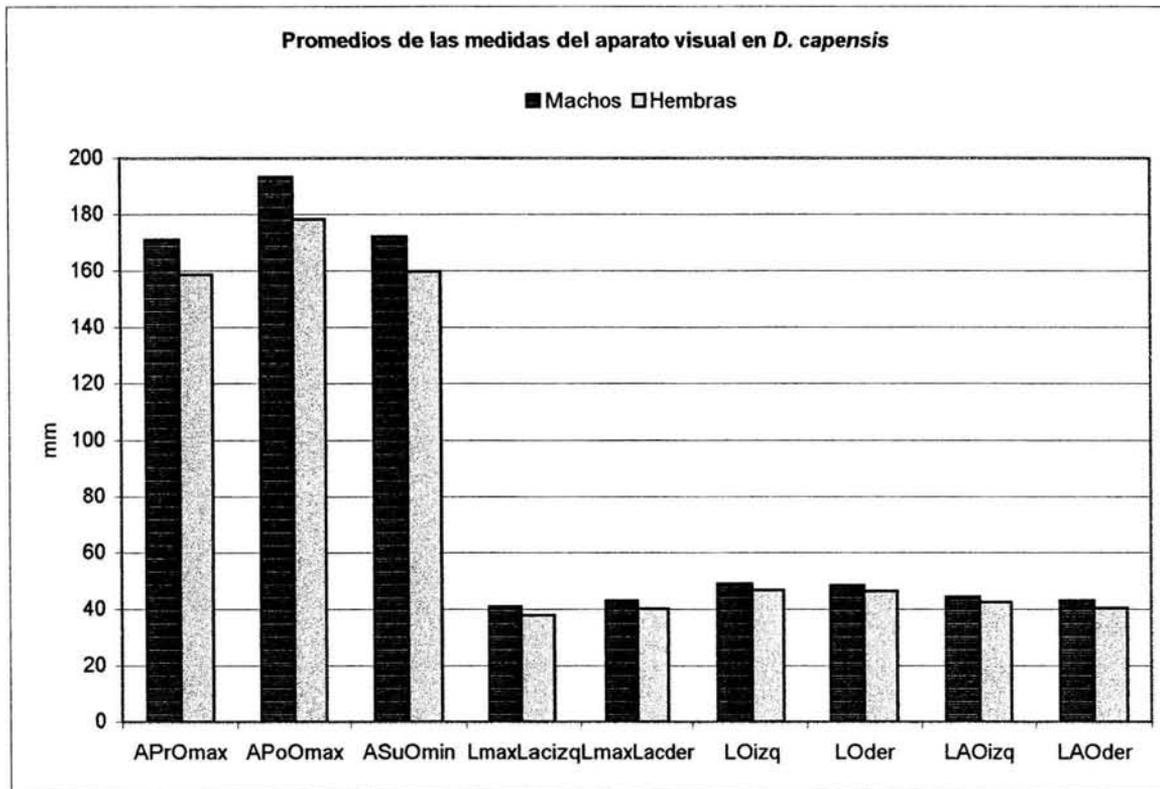


Figura 19. Promedios de las medidas del aparato visual en machos y hembras de *D. capensis*.

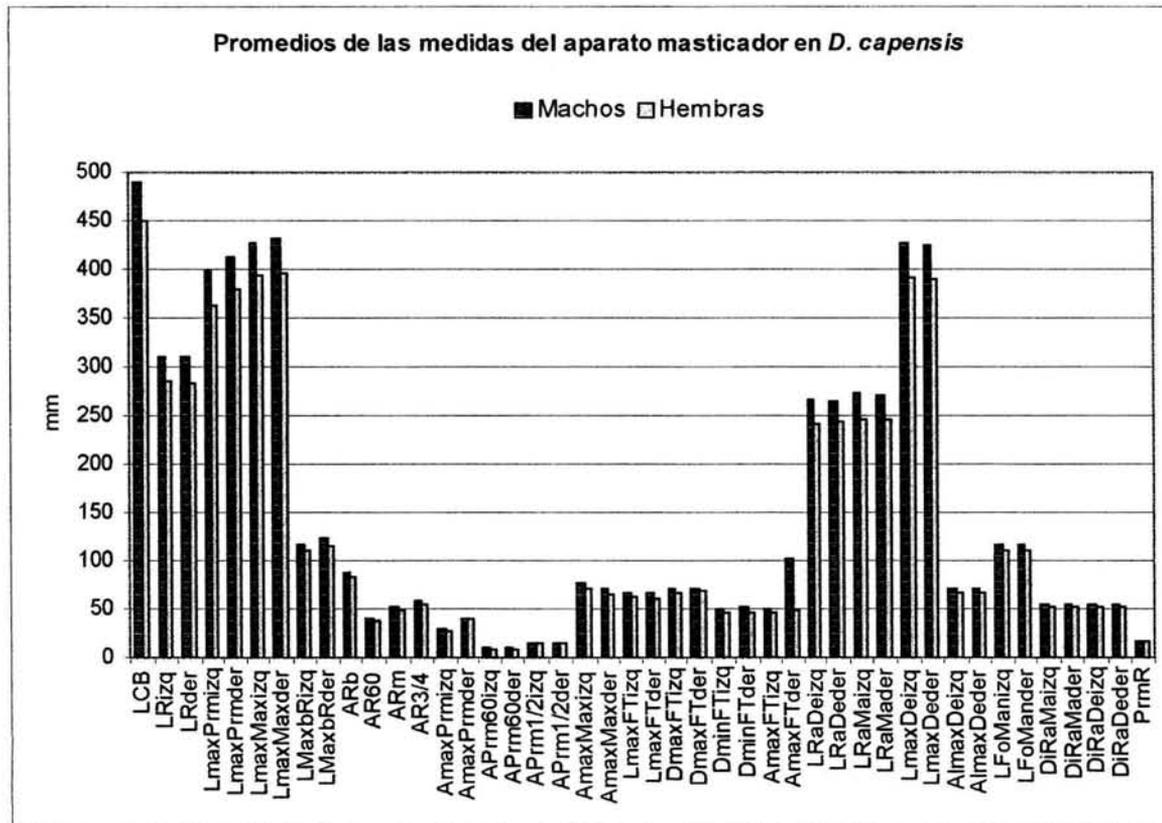
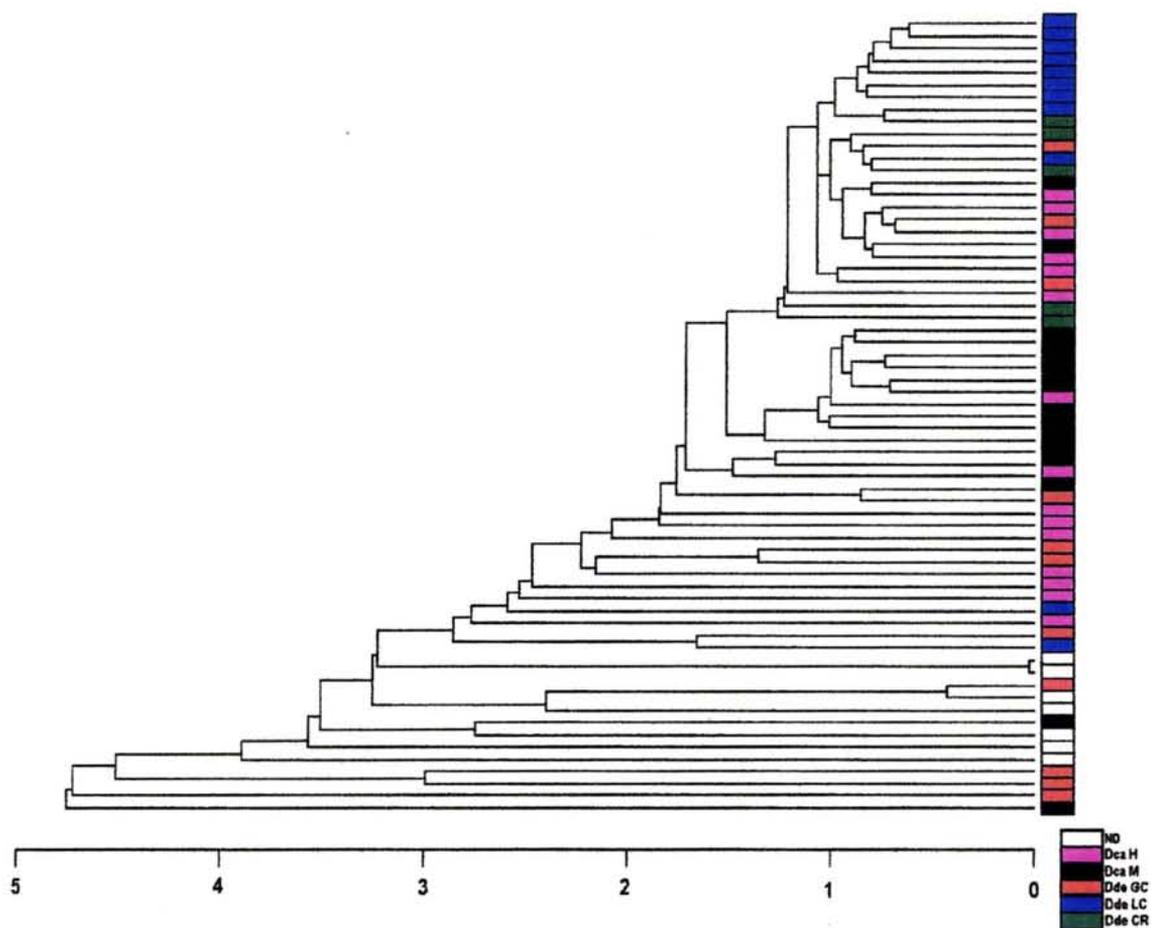


Figura 20. Promedios de las medidas del aparato masticador en hembras y machos de *D. capensis*.

#### 6.4 Género *Delphinus*

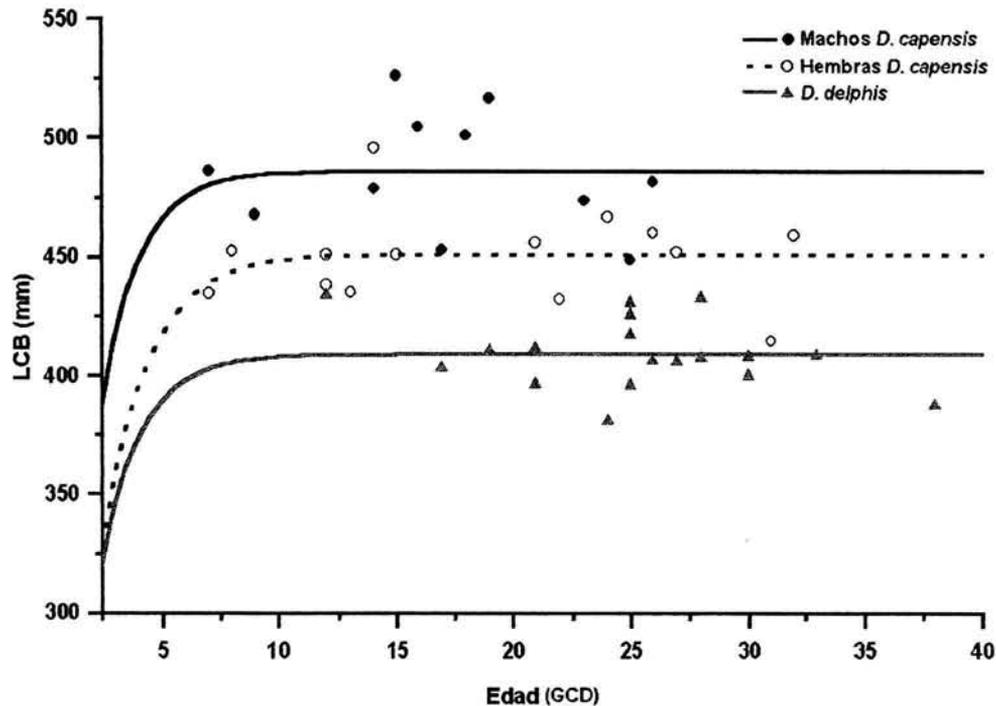
En el fenograma de los cráneos agrupados por el algoritmo WPGMA realizados por el programa MVSP (Figura 21) se muestra el mapeo por sexos para *D. capensis* y por regiones para *D. delphis*. El fenograma tiene forma de escalera, esto es, como si hubiese un proceso de diferenciación asociado a la expansión de un grupo en una cierta dirección. Se observa que los individuos de *D. delphis* de las aguas al sur de Los Cabos se agrupan cerca de los individuos de *D. delphis* de Costa Rica en las partes más internas del fenograma mientras que los del Golfo de California se encuentran dispersos. Esto mismo ocurre con los machos y hembras de *D. capensis*.



**Figura 21.** Fenograma de los cráneos de las dos especies del género *Delphinus* basada en caracteres craneales usando el algoritmo de agrupación WPGMA. ND= sexo/región no disponible; DcaH= hembras de *D. capensis*; DcaM= machos de *D. capensis*; DdeGC= *D. delphis* del Golfo de California; DdeLC= *D. delphis* de aguas al sur de Los Cabos y DdeCR= *D. delphis* de Costa Rica.

### 6.5 Desarrollo craneal

En la Figura 22 se observa el crecimiento de la longitud condilobasal en *D. delphis* y *D. capensis*, siendo en esta última especie evidente el dimorfismo sexual.



**Figura 22.** Crecimiento de la longitud condilobasal (LCB) en *D. delphis* y *D. capensis* ajustado al modelo simplificado de von Bertalanffy (1968). Las líneas continuas y discontinuas indican el ajuste de la ecuación descrita en los métodos con los parámetros  $L_{inf} = 486 \pm 8.17$  y  $k = 0.638 \pm 0.571$  para los machos de *D. capensis*,  $L_{inf} = 451 \pm 5.65$  y  $k = 0.52 \pm 0.2$  para las hembras de *D. capensis* y  $L_{inf} = 409 \pm 3.47$  y  $k = 0.610 \pm \infty$  para *D. delphis*.

En esta figura se observa que tanto en machos como en hembras de *D. capensis* terminan su desarrollo alrededor de los 7 GCD. De manera general, las hembras son más pequeñas que los machos. En ambos sexos la variación individual es evidente de tal forma que animales de la misma edad pero de sexo diferente pueden tener tallas muy similares. En *D. delphis* no se pudo conocer la edad a la que terminan su desarrollo debido a que la muestra se compuso exclusivamente de adultos con más de 15 GCD. Esta especie mostró una LCB menor que *D. capensis* aunque algunos ejemplares pueden alcanzar tallas similares a las hembras del delfín de rostro largo. En estos delfines no se observó diferenciación entre sexos ni regiones para el carácter analizado.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1 Determinación de la edad

El validar el supuesto de que las depositaciones de GCD son anuales, como es el caso de muchos mamíferos marinos, ha sido complicado. El método de conteo de los GCD no es un procedimiento sencillo, puede generar confusión debido a la pobre definición tanto de la dentina como del cemento, la existencia de bandas accesorias que representan tasas de depositación diferentes a las anuales, la presencia de depósitos de minerales y la variación entre el número de GCD en los dientes de un mismo individuo.

Klinenberg y Klevezal' (1962), Hui (1973) y Gurevich *et al.* (1980) han realizado estudios con *Delphinus delphis* y mencionan que la acumulación de grupos de crecimiento postnatales de dentina en odontocetos se muestran en los dientes como una banda opaca y una traslúcida hasta que la cavidad pulpar del diente se llena y este par de bandas representaría un año de desarrollo del organismo. Posteriormente, estos autores observaron que el tiempo que toma a la cavidad pulpar en llenarse completamente difiere no sólo entre especies sino entre individuos y entre varios dientes de un individuo. Para los individuos examinados en este trabajo la identificación de las GCD fue muy problemática y el supuesto de que una banda opaca y una traslúcida representan un año de desarrollo en el organismo es dudoso. El llenado de la cavidad pulpar en los organismos analizados difiere sustancialmente dentro de la especie y aún entre dientes del mismo individuo. Se encontraron dientes con una cavidad pulpar abierta con más de 15 GCD y dientes con una cavidad llena que presentaron 9 GCD. Esto puede sugerir que la dentina en esta especie continúa depositándose aún cuando la cavidad pulpar esté llena y que las capas no representan ni una continuidad, ni anualidad, y que varios factores como la alimentación y la lactancia pudieran estar afectando dicha depositación.

Además de los problemas encontrados con la depositación de las GCD, los dientes analizados presentaron precipitaciones de materiales que pudieran ser depósitos irregulares de dentina o sustancias que impiden un conteo eficaz.

La necesidad de perfeccionar las técnicas de determinación y validación, como el uso de individuos cuya edad se conoce con certeza y experimentos de marcaje con tetraciclina, para determinar la edad de diversas especies resulta imperante. El conocimiento de la naturaleza de los depósitos irregulares o de sustancias que se fijan en los dientes sería de gran ayuda en la determinación de GCD al mejorar la técnica y poder tener una mayor eficacia en el conteo.

### 7.2 Variación geográfica

La observación de diferencias en tamaño craneal entre los ejemplares adultos del género *Delphinus* sigue el patrón observado para otras especies de mamíferos, tanto terrestres como acuáticos cuando se hacen comparaciones latitudinales.

Según Berta y Sumich (2003) los mamíferos marinos han desarrollado varias adaptaciones a la vida acuática, pero dos son de particular importancia en sus patrones de distribución en el pasado y presente: los patrones de temperatura del agua en diferentes geografías y estacionalidades, y los patrones espacio-temporales de producción primaria y la resultante distribución del alimento. En este aspecto, la producción primaria es mayor en las plataformas continentales y otras zonas someras y en áreas que se enfrían considerablemente en el invierno. La mayoría de las áreas tropicales y sub-tropicales en los océanos se ven caracterizados por muy bajos niveles de productividad primaria con cambios estacionales casi nulos excepto en el Pacífico oriental tropical donde hay amplias zonas de alta productividad como el Domo de Costa Rica. Perrin (1975) encuentra patrones de variación geográfica pronunciados en *S. attenuata* donde los ejemplares estudiados cayeron dentro de dos grupos: costero y oceánico, siendo la forma costera la que presenta cráneos mas grandes (cráneos juveniles de la forma costera son mayores en tamaño que el cráneo más grande de un adulto oceánico). Esta variación geográfica tan pronunciada también la encuentra en *S.*

*longirostris* para las formas de Costa Rica, la de vientre blanco, la Hawaiana y la del Pacífico Oriental. Perrin *et al.* (1994) relacionan estas diferencias con variables ambientales como la temperatura superficial del agua, las capas de oxígeno mínimo, corrientes marinas y los niveles de salinidad. Perrin (1993) menciona que el patrón diferencial en tamaños dentro de *Delphinus* puede no ser tan tajante como mencionan otros autores; una variante geográfica del rostro corto en el Pacífico Oriental Tropical alcanza hasta los 235 cm de largo, igual a la longitud que alcanza la variante de rostro largo en aguas de California.

Evans (1975; en Dizon *et al.*, 1994) encontró diferencias temporales en la reproducción entre los stocks central y norte pero no tuvo suficientes datos para definir patrones en esa área. Perryman y Lynn (1993) utilizaron técnicas de fotogrametría aérea para medir las longitudes totales de las crías de los delfines comunes encontrando una distribución bimodal en la tasa de natalidad, presentándose los picos en primavera y comienzos del verano para los stocks norte y sur; mientras que para el stock central la tasa de nacimiento estuvo distribuida uniformemente a lo largo del año.

Debido a que las diferencias en estudios anteriores dentro de los delfines tropicales se observaron en su mayoría en los caracteres asociados al aparato masticador, Perrin, (1984) consideró que la variación costero-oceánica era un resultado de la diferencia en hábitos alimenticios. Para Amano y Miyazaki (1992) esta explicación parece improbable en el caso de *Phocoenoides dalli*, pero por otro lado se ve íntimamente relacionada con las zonas de producción primaria y la cantidad y disponibilidad de alimento.

Leatherwood *et al.* (1988) menciona que la variante mas pequeña y de rostro corto está representada por tres poblaciones aparentemente separadas, una al norte de los 32° N, a la altura del sur de California, una entre los 20° y 30° N, frente a Baja California, y una al sur de los 15° N. Una variante de rostro largo habita sólo las aguas dentro de la isobata de las 100 brazas al norte de los 20° N, incluyendo el Golfo de California. Cuando se encuentran las dos variantes en el mismo ámbito geográfico,

aparentemente no se mezclan. Esto podría explicarse con base en los criterios de variación costero-oceánicas, en donde la población del Golfo de California estaría dentro de la categoría costera y la población del sur de Los Cabos como oceánica. Las diferencias morfológicas entre las formas costeras y oceánicas pueden interpretarse con base en las diferencias en el hábitat. El reducido tamaño de las formas costeras podría ser una adaptación a ambientes someros donde es importante la maniobrabilidad (Hersh, 1990). Esta reducción en tamaño de los animales costeros podría ser una adaptación a las aguas cálido-templadas y tropicales, ya que esta disminución de la talla podría resultar desventajosa en aguas mas frías. Los animales oceánicos presentan un tamaño mayor porque quizás presenta una ventaja contra grandes depredadores encontrados en ambientes pelágicos (Hersh, 1990). Por otro lado, los individuos del Golfo de California podrían verse afectados por el efecto de el "enanismo" en los mares cerrados a comparación de los individuos de las aguas del Sur de Los Cabos y de Costa Rica que habitan en el océano. Tomando en cuenta el tipo de variación costero-oceánico podríamos también explicar la aparente similitud geográfica de la población de Costa Rica y del sur de Los cabos (ambas oceánicas) que muestra la Figura 11 y que las diferencia de la población del Golfo de California (costeras). Las diferencias entre estas poblaciones pudieran ser el resultado de la combinación de varios factores como: diferentes hábitos alimenticios, variaciones en las temporadas reproductivas y factores ambientales. De cualquier manera, es imperante la recolección de más información sobre *D. delphis* y los factores asociados a ella propuestos por Amano y Miyazaki (1992) para poder afianzar estas diferencias o similitudes aparentes en las poblacionales.

En este trabajo se encontraron tres agrupaciones principales para *D. delphis*, las cuales concuerdan con la separación en stocks propuesta por Perrin (1985). Las poblaciones del Golfo de California y el sur de Los Cabos pertenecen al stock del norte y la población de Costa Rica pertenece al stock central. Entonces, ¿por qué las poblaciones del Golfo de California y la del sur de Los Cabos aparecen en la Figura 11 y 21 como poblaciones separadas? Una interpretación histórica posible al dendrograma de la Figura 21 es que existe un conjunto original con variación ancestral en *D. delphis* y

*D. capensis* en el Golfo de California de donde un grupo se expandió hacia el sur de México y América central. Otra interpretación consiste en una población ampliamente distribuida de *D. delphis* en el Pacífico oriental tropical que en el Golfo de California presenta un proceso de crecimiento que genera muchas variaciones morfológicas entre las cuales se incluye la variación de *D. capensis*. El análisis de caracteres filogenéticos (el cráneo tiene muchas variaciones de origen ecológico) podría responder a estas alternativas de explicación. Este patrón de diferenciación se observa también en otros delfínidos como *Stenella* y *Grampus*. El efecto vicariante del Pacífico tropical mexicano podría asociarse a cambios en los patrones de productividad primaria durante las glaciaciones que han llevado a la formación de áreas de alta productividad en el Golfo de California y en el Domo de Costa Rica en la actualidad.

La mayor parte de los caracteres que generan variación geográfica en *D. delphis* son elementos del aparato masticador validando la idea de Perrin (1984) de que los procesos de diferenciación poblacional se asocian a cambios en la alimentación.

### 7.3 Dimorfismo sexual

En estudios anteriores, aunque las diferencias sexuales en el esqueleto habían sido claramente demostradas para algunos cetáceos, esto no se había encontrado en ningún delfínido. Fischer (1881; en Perrin, 1975) examinó los cráneos de dos hembras y dos machos de *Delphinus delphis* y concluyó que los machos tienen un rostro más largo, angosto y menos dilatado en la mitad de la longitud total, crestas craneales más elevadas, fosas temporales más ovoides y mayor altura de la caja craneana que las hembras. Estas conclusiones, bajo el criterio de Perrin (1975) no deben ser tomadas muy en serio ya que se sustentan en un tamaño de muestra muy pequeño. Hallazgos similares de Fischer para *Tursiops* basándose en ejemplares de cuatro hembras y cuatro machos fueron posteriormente refutadas por True (1889) después de reexaminar los datos de Fischer y el análisis de 21 cráneos adicionales. Este último autor concluye que la variación en las proporciones craneales es "de poco valor en la determinación del sexo".

El dimorfismo sexual no había sido demostrado convincentemente en ningún delfínido hasta que Perrin (1975) detectó dimorfismo en la longitud interna de la caja craneana, aparato masticador (longitud del rostro a las narinas externas, longitud de ramas maxilares y dentarias, longitud del dentario y la relación entre el ancho del rostro a  $\frac{3}{4}$  de la longitud total y la longitud del rostro) y elementos postcraneales de *S. attenuata*, así como en medidas externas como longitud total. En general encontró que las hembras adultas eran de menor tamaño que los machos adultos, pero con un rostro proporcionalmente mas largo. Perrin (1975) encontró también dimorfismo sexual ( $\alpha=0.05$ ) para *S. longirostris* en elementos de la caja craneana, aparato masticador y esqueleto postcranial, pero con valores de *t* bajos. Esto lo llevó a la conclusión que el dimorfismo es insignificante para esta especie en el Pacífico Oriental, a excepción de la pelvis, la cual para él tampoco es un elemento adecuado para determinar el sexo de las especies.

Schnell *et al.* (1985) encuentran diferencias significativas entre machos y hembras en 23 de 36 medidas para *S. attenuata* y mencionan que esto mismo pudiese ocurrir en *D. delphis* (Fisher, 1881; en Schnell *et al.*, 1985). Posteriormente, Perrin (1994) confirma este dimorfismo en *S. attenuata* al encontrar diferencias significativas para 22 de 30 caracteres. Douglas *et al.* (1992) analizaron el dimorfismo sexual en medidas craneales para *S. longirostris* del Pacífico Oriental Tropical y encontraron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre sexos para 15 de 30 medidas. Comparando el dimorfismo sexual presente tanto en *S. attenuata* y *S. longirostris*, estos autores sugieren que factores tanto etológicos como ecológicos influyen el dimorfismo sexual entre estas especies.

Debido a que en este trabajo los machos y las hembras de *D. capensis* ocupan el mismo hábitat y aparentemente se alimentan en la misma zona, las diferencias en la dieta podrían ser un factor que afecte directa o indirectamente la diferenciación sexual. Hersh *et al.* (1990) tras encontrar diferencias significativas en varias medidas - consideradas en este trabajo como del aparato masticador- de *T. truncatus* en el sudeste de los Estados Unidos, discute estas diferencias basándose en los patrones de

alimentación entre los machos y las hembras encontrados por Barros (1987; en Hersh *et al.*, 1990). El mismo Barros y Odell (1990; en Hersh *et al.*, 1990) encontró que las hembras de *T. truncatus* de Galveston, Texas, cazan con mayor frecuencia a la perca plateada *Bairdiella chrysoura* y las hembras de Sarasota, Florida, cazan más mullet que los machos. Tomando en cuenta los estudios previos se podría decir que aunque los machos y hembras de *D. capensis* habiten el mismo espacio, quizás diferencias en la dieta podrían estar contribuyendo al marcado dimorfismo sexual que exhiben.

Por otro lado, Hersh *et al.* (1990) encuentran diferencias significativas entre machos y hembras en el ancho máximo del parietal en *T. truncatus*, lo que también sucede con *D. capensis* en este trabajo, lo cual puede indicar diferencias biológicas relevantes entre sexos. Dimorfismo en la caja craneana de otros delfinidos ha sido previamente reportado por Perrin (1975), Schnell *et al.* (1985) y Douglas *et al.* (1986).

El crecimiento de la longitud condilobasal y el conjunto de todos los caracteres craneales en *D. capensis* muestran un considerable dimorfismo sexual que también se refleja particularmente en el aparato masticador. Procesos de diferenciación sexual pueden asociarse a dispersión diferencial por sexos y consecuentemente a cambios en el sistema de apareamiento. En los mamíferos, el dimorfismo sexual deriva usualmente de la competencia entre los machos por el apareamiento (Greenwood, 1980), especialmente en especies uníparas y con periodos prolongados entre estros que hacen que una alta fracción de hembras no esté disponible para la reproducción. El dimorfismo encontrado en *D. capensis* puede entonces reflejar cambios en el ciclo reproductivo de las hembras (p.ej. mayor edad de madurez sexual, mayor tiempo de lactancia, mayor periodo entre estros) que obliga a los machos a competir por las hembras receptivas, dispersarse y alimentarse de forma diferente. Esto es posible en una especie costera en donde se esperaría que la alimentación pueda ser restrictiva para la reproducción.

Es necesaria la recolección de mayor información para poder determinar el grado de influencia de los factores que inciden en la variación y si actúan de manera directa o

indirecta en la especie. También resulta necesario el estudio minucioso de los contenidos estomacales en *D. capensis* para esclarecer dudas acerca de las diferencias en la alimentación en ambos sexos.

## 8. CONCLUSIONES

- La determinación de la edad para el género *Delphinus* por medio de la técnica de conteo de GCD es una técnica compleja y el proceso puede generar muchos errores. Es necesario desarrollar nuevas técnicas de determinación de edad más precisas.
- La correcta conservación de los dientes de los ejemplares recolectados es muy importante para un análisis posterior de dichas piezas
- La depositación de CGD varía sustancialmente dentro el género *Delphinus*, en la misma especie y hasta a nivel individual.
- En *D. delphis* existe diferenciación sexual en dos medidas y además se observa diferenciación geográfica, principalmente en elementos del aparato masticador. Esta variación puede derivar de procesos de dispersión y expansión asociados a cambios en los patrones de productividad marina en el Pacífico oriental tropical.
- La distribución de *Delphinus delphis* es discontinua latitudinalmente a lo largo del Pacífico Oriental y muestra claros patrones de variación geográfica
- Los resultados de los análisis en la morfología craneana en *D. delphis* indican la existencia de tres grupos significativamente diferentes, por lo que su manejo y conservación deben ser planeados con base en que pudiesen ser poblaciones distintas.
- En *D. delphis*, las siguientes medidas craneales pudiesen ser una herramienta de identificación regional: ARb, ApoOmax, AsuOmin, AmaxEs, AmaxBO, LFoMander.
- Para *D. delphis* se encontró dimorfismo sexual en el ancho de los premaxilares a la mitad de la longitud total tanto izquierdo como derecho.
- En *D. capensis* se observa diferenciación sexual evidente que pudiera reflejar cambios en el sistema de apareamiento derivados de la competencia entre los machos. Esta competencia a su vez podría derivar de cambios en el ciclo reproductivo de las hembras como resultado de restricciones alimentarias dadas por una distribución reducida. La diferenciación sexual en *D. capensis* asimismo se observa particularmente en el aparato masticador.

- La longitud total del cráneo en *D. capensis* se ve fuertemente influenciado por el sexo del individuo, mientras que para *D. delphis* es más homogéneo
- Es necesario continuar con el esfuerzo de recolección de ejemplares para posteriormente poder realizar un análisis de variación geográfica para *D. capensis*
- El cráneo de los mamíferos aporta información invaluable acerca de la biología de las especies.

## REFERENCIAS

- Amano, M. y N. Miyazaki. 1992. Geographic variation and sexual dimorphism in the skull of Dall's porpoise, *Phocoenoides dalli*. *Mar. Mamm. Sci.* **8** (3): 240-261.
- Aroyan, J. L. 2001. Three-dimensional modelling of hearing in *Delphinus delphis*. *Jour. Acoust. Soc. Am.* **110** (6): 1-14.
- Baker, A. N., A. N. H. Smith y F. B. Pichler. 2002. Geographical variation in Hector's dolphin: recognition of new subspecies of *Cephalorhynchus hectori*. *Journal of The Royal Society of New Zealand.* **32** (2): 713-727.
- Banks, R. C. y R. L. Brownell. 1969. Taxonomy of the common dolphins of the Eastern Pacific Ocean. *Jour. Mammal.* **50** (2): 262-271.
- Barabash, I. I. 1935. *Delphinus delphis ponticus* Subsp. N. *Byulletin' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Biologicheskii.* **44** (5): 246-249.
- Barreto, A. S. 2000. Variação Craniana e Genética de *Tursiops truncatus* (Delphinidae, Cetacea) na Costa atlântica da América do Sul. *Tesis de Doctorado.* Universidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. 110 pp.
- Bergmann, G. 1965. Der sexuelle Grossendimorphismus der Anatiden als Anpassung an das Höhlenbrüten. *Commentat. Biol.* **28**: 1-10.
- Berta, A. y J. Sumich. 2003. *Marine Mammals Evolutionary Biology.* Academic Press. Estados Unidos. 494 pp.
- Brumfield, R. T. y J. V. Remsen Jr. 1996. Geographic variation and species limits in *Cinnycerthia* wrens of the Andes. *Wilson Bull.* **108**: 205-227.
- Carwardine, M. 2002. *Whales, dolphins and porpoises.* Smithsonian Handbooks. Dorling Kindersley Publishing Inc. Nueva York. 256 pp.
- Darwin, C. 1871. *The descent of man and selection in relation to sex*, 2 vol. Appleton. Nueva York.
- Dizon, A. E., C. Lockyer, W. F. Perrin, D. P. Demaster y J. Sisson. 1992. Rethinking the Stock Concept: A Philogeographic Approach. *Conserv. Biol.* **6** (1): 24-36.
- Dizon, A. E., W. F. Perrin y P. A. Akin. 1994. Stocks of Dolphins (*Stenella* spp. And *Delphinus delphis*) in the Eastern Tropical Pacific: A Phylogeographic Classification. *NOAA Tech. Rep. NMFS-119.* 20 pp.
- Douglas, M. E., G. D. Schnell, D. J. Hough. 1986. Variation in spinner dolphins (*Stenella longirostris*) from the Eastern Tropical Pacific Ocean: sexual dimorphism in cranial morphology. *J. Mamm.* **67**: 537-544.
- Douglas, M. E., G. D. Schnell, D. J. Hough y W. F. Perrin. 1992. Geographic variation in cranial morphology of spinner dolphins *Stenella longirostris* in the Eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull., U.S.* **90** (1): 54-76.
- Downhower, J. F. 1976. Darwin's finches and the evolution of sexual dimorphism in body size. *Nature*, **263**: 558-563.
- Evans, K. y K. Robertson. 2001. A note on the preparation of sperm whale (*Physeter macrocephalus*) teeth for age determination. *J. Cetacean Res. Manage.* **3** (1): 101-107.
- Evans, K., M. A. Hindell, K. Robertson, C. Lockyer y D. Rice. 2002. Factors affecting the precision of age determination of sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *J. Cetacean Res. Manage.* **4** (2): 193-201.

- Foster, S. A., R. J. Scott y W. A. Cresko. 1998. Nested biological variation and speciation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **353**: 207-218.
- Gao, A., K. Zhou y Y. Wang. 1995. Geographical variation in morphology of bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*) in Chinese waters. *Aq. Mamm.*, **21**: 121-135.
- Gould, S. J., y R. F. Johnston. 1972. Geographic variation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **3**: 457-498.
- Greenwood, P. J. 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Anim. Behav.* **28**: 1140-1162.
- Gurevich, V. S., B. S. Stewart y L. H. Cornell. 1980. The use of tetracycline in age determination of common dolphins, *Delphinus delphis*. *Rep. Int. Whal. Comm. Special Issue 3*: 165-169.
- Gutiérrez, J. L. Y F. Sánchez. 1998. *Matemáticas para las ciencias naturales*. Sociedad Matemática Mexicana. UNAM. 590 pp.
- Heyning, J y W. F. Perrin. 1994. Evidence for two species of common dolphins (genus *Delphinus*) from the eastern North Pacific. Natural History Museum of Los Angeles County. *Contributions in Science* **442**: 1-35.
- Hersh, S. L., D. K. Odell y E. D. Asper. 1990. Sexual dimorphism in bottlenose dolphins from the east coast of Florida. *Mar. Mamm. Sci.* **6 (4)**: 305-315.
- Hoyt, E. 1984. *The Whale Watcher's Handbook*. Madison Press. New York. 208 pp.
- Hui, C. 1973. Age and growth correlates of *Delphinus delphis*. *Master's Thesis*, San Diego State University. 120 pp.
- Kimura, M. 1980. Variability techniques of counting dentinal growth layer groups in a tooth of a known-age dolphin, *Tursiops truncatus*. *Rep. Int. Whal. Comm. Special Issue 3*: 155-160.
- Kleinenberg, S. E. y Klevezal', G. A. 1962. Method for determining the age of toothed whales. *Dok. AN SSSR.* **145 (2)**: 460-2.
- Kovach, W. L. 1993. A Multivariate Statistics Package for the IBM PC and compatibles. Versión 2.1 Anglesey, Wales, U. K.
- Laws, R. M. 1953. A new method of age determination in mammals, with special reference to the elephant seal (*Mirounga leonine*). *Sci. Rep.* **2**: 1-11.
- Leatherwood, S. y R. Reeves. 1983. *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*. Sierra Club Books. San Francisco. 302 pp.
- Leatherwood, S., R. R. Reeves, W. F. Perrin y W. E. Evans. 1988. Ballenas, delfines y marsopas del Pacífico Nororiental y de las aguas árticas adyacentes. *Comisión Interamericana del Atún Tropical*. 245 pp.
- Mayr, E. 1970. *Populations, Species and Evolution*. The Belknap Press, Cambridge. 453 pp.
- Mayr, E. y P. D. Ashlock. 1991. *Principles of Systematic Zoology*. 2ª ed. McGraw Hill Inc. 475 pp.
- Miyazaki, N. y M. Amano. 1994. Skull morphology of two forms of short-finned pilot whales off the Pacific Coast of Japan. *Rep. Int. Whal. Comm.*, **44**: 499-507.
- Moore, W. J. 1968. Relationships among the living genera of beaked whales with classifications, diagnoses and keys. *Fieldiana: Zool.* **53 (4)**: 209-298.
- Moore, W. J. 1981. *The Mammalian Skull*. Cambridge University Press. Londres. 369 pp.

- Morris, H. D. 1988. *Probabilidad y Estadística*. Addison-Wesley Iberoamericana. México. 694 pp.
- Myrick, A. C., J. A. Sloan, P. S., M. Kimura y D. Stanley. 1983. Estimating age of spotted and spinner dolphins (*Stenella attenuata* and *Stenella longirostris*) from teeth. *NOAA Tech. Memo., NMFS-30*. 17 pp.
- Nolasco, S. 1992. Aspectos taxonómicos del delfín común (*Delphinus delphis*, Linnaeus, 1758) en el Pacífico Nor-oriental Tropical. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias, UNAM. 123 pp.
- Panécatl, G. E. 2003. Desarrollo y asimetría en el cráneo del delfín moteado partropical (*Stenella attenuata*, Gray, 1846) *Tesis de maestría*. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Perrin, W. F. 1975. Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern Tropical Pacific and Hawaii. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, **21**: 1-206.
- Perrin, W. F. 1984. Patterns of geographical variation in small cetaceans. *Acta. Zool. Fennica* **172**: 173-140.
- Perrin, W. F., Scott, M. D., Walker, G. J. y Cass, V. L. 1985. Review of Geographical Stocks of Tropical Dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the Eastern Pacific. *NOAA Tech. Rep. NMFS-28*. 28 pp.
- Perrin, W. F. y J. E. Heyning. 1993. Rostral fusion as a criterion of cranial maturity in the common dolphin, *Delphinus delphis*. *Mar. Mamm. Sci.* **9** (2): 195-197.
- Perrin, W. F., G. D. Schnell, D. J. Hough, J. W. Gilpatrick Jr. y A. V. Kashiwada. 1994. Reexamination of geographic variation in cranial morphology of the pantropical spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the eastern Pacific. *Fish. Bull.* **92** (2): 324-346.
- Perrin, W. F., B. Würsig y J. G. M. Thewissen. 2002. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press. Estados Unidos. 1414 pp.
- Perryman, W. L. y M. S. Lynn. 1993. Identification of common dolphin (*Delphinus delphis*) stocks from aerial photographs. *Mar. Mamm. Sci.* **9**: 119-137.
- Pinedo, M. C. 1991. Development and variation of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*). *Tesis de Doctorado*. Universidad de California, Santa Cruz. 405 pp.
- Radinsky, L. B. 1985. Approaches in evolutionary morphology: A search for patterns. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **16**: 1-14.
- Ralls, K. 1976. Mammals in which females are larger than males. *Quart. Rev. Biol.*, **51**: 245-276.
- Ramos, R. M. A., A. P. M. Di Benedetto y N. R. W. Lima. 2000. Relationship between dental morphology, sex, body length and age in *Pontoporia blainvillei* and *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Brasil. Biol.* **60** (2): 283-290.
- Reeves, R., B. Stewart, P. Clapham y J. Powell. 2002. *Guide to Marine Mammals of the World*. Chanticleer Press. Nueva York. 525 pp.
- Rice, D. W. 1998. Marine Mammals of the World, Systematics and Distribution. *Society for Marine Mammalogy. Special Publication* **4**. 231 pp.
- Robert, E., R. Pine y De Blase, A. 2000. *A Manual of Mammalogy with Keys to Families of the World*. 3a ed. McGraw Hill Higher Education. Estados Unidos. 352 pp.
- Rosel, P. E., A. E. Dizon y J. E. Heyning. 1994. Genetic análisis of sympatric morphotypes of common dolphins (genus *Delphinus*). *Marine Biology.* **119**: 159-167.

- Selander, R. K. 1966. Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *Condor*, **68**: 113-151.
- Schnell, G. D., M. E. Douglas y D. J. Hough. 1985. Sexual dimorphism in spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Mar. Mamm. Sci.* **1** (1): 1-14.
- Sneath, P. H. y R. R. Sokal. 1973. *Numerical Taxonomy*. W. H. Freeman & Co. San Francisco, California
- Trivers, R. L. 1972. Parental investment and sexual selection. Pp. 136-179, en *Sexual selection and the descent of man, 1871-1971* (B. Campbell, ed.) Aldine- Atherton, Chicago, 378 pp.
- True, F. W. 1889. Contributions to the natural history of the cetaceans, a review of the family *Delphinidae*. *Bull. U.S. Nat. Mus.* **36**: 1-191.
- Vázquez C., M. J. 1993. El cráneo del lobo marino común *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828) (Carnívora: Otariidae) en el Golfo de California. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 180 pp.
- Vidal H., L. 1993. Variación geográfica de las dimensiones craneanas en toninas, (*Tursiops truncatus*) del Mar de Cortés, México. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias, UNAM. 45 pp.
- von Bertalanffy, L. 1968. *Teoría General de los Sistemas*. Fondo de cultura económica. 311 pp.
- Walker, W. 1981. Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphins (*Tursiops*) in the Eastern North Pacific. *NOAA Admin. Rep.* **LJ-81-03C**.
- Walker, W., S. Leatherwood, K. R. Goodrich, W. F. Perrin y R. K. Stroud. 1986. Geographical variation and biology of the Pacific white-sided dolphin, *Lagenorhynchus obliquidens*, in the north-eastern Pacific; en *Research on Dolphins* (M. M. Bryden y R. Harrison eds.) Oxford University Press. p. 441-465.
- Watson, L. 1981. *Sea Guide to Whales of the World*. E. P. Dutton. New York. 302 pp.
- Yurick, D. B. y D. E. Gaskin. 1988. Asymmetry in the skull of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* and its relationship to sound production and echolocation. *Can. J. Zool.* **66**: 399-402.
- Zink, R. M. y Remsen, J. V., Jr. 1986. Evolutionary processes and patterns of geographic variation in birds, 1-69. en F. Johnston (ed.) *Current Ornithology*, Vol. 4. Plenum Press, New York.

**Anexo I. Ejemplares analizados pertenecientes tanto a la Colección Osteológica del Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias, UNAM; y de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM**

<b>No de catálogo</b>	<b>Fecha de recolección</b>	<b>Lugar de recolección</b>	<b>Región de recolección</b>
FCMM-0041	Noviembre 1985	Isla Partida, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0043	Noviembre 1985	Isla Partida, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0044	Noviembre 1985	Isla Partida, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0046	Noviembre 1985	Isla Partida, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0047	Noviembre 1985	Isla Partida, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0053	1984	Puertecitos, Baja California	Golfo de California
FCMM-0054	1983	Playa Cohorit, Sonora	Golfo de California
FCMM-0070	Junio 1983	Isla Rasa, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0071	26 Marzo 84	Puertecitos, Baja California	Golfo de California
FCMM-0088	5 Junio 1985	Isla Tiburón, Golfo de California, Sonora	Golfo de California
FCMM-0089	Agosto 1983	Bahía Kino, Sonora	Golfo de California
FCMM-0126		Guaymas, Sonora	Golfo de California
FCMM-0146			
FCMM-0148	Julio 1991	Isla Angel de la Guarda, Golfo de California	Golfo de California
IBUNAM-3844	19 Abril 1982	Isla Rasa, Golfo de California	Golfo de California
IBUNAM-3932	06 Mayo 1985	Isla San Lorenzo, lado W, Baja California	Golfo de California
IBUNAM-3981	11 Febrero 1986	Sonora, Isla Tiburón, Ensenada de Perros (SE)	Golfo de California
IBUNAM-3982	11 Febrero 1986	Sonora, Isla Tiburón, Ensenada de Perros (SE)	Golfo de California
IBUNAM-3984	10 Agosto 1985	Sonora, Isla Tiburón, Ensenada de Perros (SE)	Golfo de California
IBUNAM-4013	11 Agosto 1985	Sonora, Isla Tiburón, Ensenada de Perros (SE)	Golfo de California
IBUNAM-4057	14 Mayo 1985	Sonora, Isla Tiburón, Ensenada de Perros (SE)	Golfo de California
IBUNAM-4062	11 Febrero 1986	Sonora, Isla Tiburón, Ensenada de Perros (SE)	Golfo de California
IBUNAM-16569	Abril 1977	Baja California Sur, Isla Magdalena, Lado W	Pacifico
IBUNAM-30980	Abril 1991	Sonora, El Tornillal, 22,5 km S Golfo de Sta, Clara	Golfo de California
IBUNAM-34832	10 Mayo 1992	Sonora, 22 km SE Golfo de Sta, Clara, Mpio, San Luis Rio Colorado	Golfo de California
IBUNAM-34835	29 Abril 1992	Sonora, 8 km E Pto, Peñasco, Mpio, Pto, Peñasco	Golfo de California
IBUNAM-34837	30 Abril 1992	Sonora, 3 km E Boca del Estero Morua, Mpio, Pto Peñasco	Golfo de California

IBUNAM-34838	30 Abril 1992	Sonora, 2 km E Boca del Estero Morua, Mpio, Pto Peñasco	Golfo de California
IBUNAM-35167	23 Noviembre 1992	Sonora, 2,5 km E Boca del Estero Morua, Mpio, Pto Peñasco	Golfo de California
IBUNAM-35170	04 Diciembre 1992	Sonora, 4 km del Faro del Machorro, Golfo de Sta, Clara, Mpio, San Luis Rio Colorado	Golfo de California
IBUNAM-36585	23 Mayo 1993	Sonora, 5 km SE de Pto, Peñasco, Mpio, Pto, Peñasco	Golfo de California
IBUNAM-36586	28 Mayo 1993	Sonora, 18 km SE Golfo de Sta, Clara, Mpio, San Luis Rio Colorado	Golfo de California
IBUNAM-36587	28 Mayo 1993	Sonora, 39 km SE Golfo de Sta, Clara, Mpio, San Luis Rio Colorado	Golfo de California
FCMM-0042	15 Octubre 1986	Isla Tortuga	Golfo de California
FCMM-0048	Noviembre 1985	Isla Partida, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0063	19 Septiembre 1981	Playa Cohorit, Sonora	Golfo de California
FCMM-0064	1982	Ensenada, Baja California	Ensenada
FCMM-0069	Junio 1983	Isla Rasa, Golfo de California	Golfo de California
FCMM-0085	9 Febrero 1987	Pacifico Oriental	Pacifico Oriental
FCMM-0086	10 Febrero 1987	Pacifico Oriental	Pacifico Oriental
FCMM-0087	10 Febrero 1987	Pacifico Oriental	Pacifico Oriental
FCMM-0106	19 Noviembre 1987	08° 23' N 93° 30' W	Costa Rica
FCMM-0107	19 Noviembre 1987	08° 23' N 93° 30' W	Costa Rica
FCMM-0108	19 Noviembre 1987	08° 23' N 93° 30' W	Costa Rica
FCMM-0109	19 Noviembre 1987	08° 23' N 93° 30' W	Costa Rica
FCMM-0110	19 Noviembre 1987	08° 23' N 93° 30' W	Costa Rica
FCMM-0115	18 Marzo 1988	22° 16' N 111° 01' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0116	18 Marzo 1988	22° 16' N 111° 01' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0117	18 Marzo 1988	22° 16' N 111° 01' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0118	18 Marzo 1988	22° 16' N 111° 01' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0119	18 Marzo 1988	22° 16' N 111° 01' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0120	18 Marzo 1988	22° 16' N 111° 01' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0121	18 Marzo 1988	22° 16' N 111° 01' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0122	24 Abril 1988	22° 54' N 108° 53' W	Sur de Los Cabos
FCMM-0125	29 Abril 1988	22° 54' N 108° 53' W	Sur de Los Cabos
IBUNAM-3980	11 Febrero 1986	Sonora, Isla Tiburón, Ensenada de Perros (SE)	Golfo de California
IBUNAM-34834	10 Mayo 1992	Sonora, 24 km SE Golfo de Sta, Clara, Mpio, San Luis Rio Colorado	Golfo de California
IBUNAM-35168	27 Noviembre 1993	Sonora, 3 km SE de la Boca del Estero Morua, Mpio, Pto, Peñasco	Golfo de California

**Anexo II. Medidas tomadas a los cráneos del género *Delphinus* y su aparato correspondiente**

<b>Aparato</b>	<b>Número</b>	<b>Abreviación</b>	<b>Medida</b>
Auditivo	58	LmaxTimizq	Longitud máxima del timpánico izquierdo
Auditivo	58	LmaxTimder	Longitud máxima del timpánico derecho
Auditivo	59	AmaxTimizq	Ancho máximo del timpánico izquierdo
Auditivo	59	AmaxTimder	Ancho máximo del timpánico derecho
Auditivo	60	LmaxPerizq	Longitud máxima del periótico izquierdo
Auditivo	60	LmaxPerder	Longitud máxima del periótico derecho
Auditivo	61	AmaxPerizq	Ancho máximo del periótico izquierdo
Auditivo	61	AmaxPerder	Ancho máximo del periótico derecho
Caja craneana	6	LFrizq	Longitud del frontal izquierdo
Caja craneana	6	LFrder	Longitud del frontal derecho
Caja craneana	22	AmaxPar	Ancho máximo del parietal
Caja craneana	23	NaCSuOcc	Distancia de la unión de los nasales a la cresta supraoccipital
Caja craneana	24	AICSuOcc	Altura de la cresta supraoccipital
Caja craneana	25	LmaxSOiPa	Longitud máxima desde la cresta supraoccipital al interparietal
Caja craneana	28	LvmaxBO	Longitud ventral máximo del basioccipital
Caja craneana	30	LmaxExoizq	Longitud máxima del exoccipital izquierdo
Caja craneana	30	LmaxExoder	Longitud máxima del exoccipital derecho
Caja craneana	31	AmaxExoizq	Ancho máximo del exoccipital izquierdo
Caja craneana	31	AmaxExoder	Ancho máximo del exoccipital derecho
Caja craneana	33	AmaxEs	Ancho máximo del escamoso
Caja craneana	35	AminBO	Ancho mínimo del basioccipital
Caja craneana	36	AmaxBO	Ancho máximo del basioccipital
Caja craneana	37	ALextCC	Altura exterior de la caja craneana
Caja craneana	44	LmaxParizq	Longitud máxima del parietal izquierdo
Caja craneana	44	LmaxParder	Longitud máxima del parietal derecho
Caja craneana	45	LEsCOizq	Longitud del escamoso al cóndilo occipital izquierdo
Caja craneana	45	LEsCOder	Longitud del escamoso al cóndilo occipital derecho
Caja craneana	53	LmaxCOizq	Longitud máxima del cóndilo occipital izquierdo
Caja craneana	53	LmaxCOder	Longitud máxima del cóndilo occipital derecho
Caja craneana	54	AmaxCOizq	Ancho máximo del cóndilo occipital izquierdo
Caja craneana	54	AmaxCOder	Ancho máximo del cóndilo occipital derecho
Caja craneana	55	AmaxFM	Ancho máximo del foramen magnum
Caja craneana	56	AlmaxFM	Alto máximo del foramen magnum
Caja craneana	57	LintCC	Longitud interna de la caja craneana
Masticador	1	LCB	Longitud cóndilo basal (Longitud total)
Masticador	2	LRizq	Longitud del rostro izquierdo
Masticador	2	LRder	Longitud del rostro derecho
Masticador	4	LmaxPrmizq	Longitud máxima del premaxilar izquierdo
Masticador	4	LmaxPrmder	Longitud máxima del premaxilar derecho
Masticador	5	LmaxMaxizq	Longitud máxima del maxilar izquierdo
Masticador	5	LmaxMaxder	Longitud máxima del maxilar derecho
Masticador	7	LMaxbRizq	Longitud del maxilar a la base del rostro izquierdo
Masticador	7	LMaxbRder	Longitud del maxilar a la base del rostro derecho
Masticador	10	ARb	Ancho del rostro en la base

Masticador	11	AR60	Ancho del rostro a 60 mm de la punta
Masticador	12	ARm	Ancho del rostro a la mitad de la longitud total
Masticador	13	AR3/4	Ancho del rostro a $\frac{3}{4}$ de la longitud total
Masticador	14	AmaxPrmizq	Ancho máximo del premaxilar izquierdo
Masticador	14	AmaxPrmder	Ancho máximo del premaxilar derecho
Masticador	15	APrm60izq	Ancho del premaxilar izquierdo a 60 mm de la punta
Masticador	15	APrm60der	Ancho del premaxilar derecho a 60 mm de la punta
Masticador	16	APrm1/2izq	Ancho del premaxilar izquierdo a la mitad de la longitud total
Masticador	16	APrm1/2der	Ancho del premaxilar derecho a la mitad de la longitud total
Masticador	17	AmaxMaxizq	Ancho máximo del maxilar izquierdo
Masticador	17	AmaxMaxder	Ancho máximo del maxilar derecho
Masticador	38	LmaxFTizq	Longitud máxima de la fosa temporal izquierda
Masticador	38	LmaxFTder	Longitud máxima de la fosa temporal derecha
Masticador	39	DmaxFTizq	Diámetro máximo de la fosa temporal izquierda
Masticador	39	DmaxFTder	Diámetro máximo de la fosa temporal derecha
Masticador	40	DminFTizq	Diámetro mínimo de la fosa temporal izquierda
Masticador	40	DminFTder	Diámetro mínimo de la fosa temporal derecha
Masticador	41	AmaxFTizq	Ancho máximo de la fosa temporal izquierda
Masticador	41	AmaxFTder	Ancho máximo de la fosa temporal derecha
Masticador	46	LRaDeizq	Longitud de la rama dentaria izquierda
Masticador	46	LRaDeder	Longitud de la rama dentaria derecha
Masticador	47	LRaMaizq	Longitud de la rama maxilar izquierda
Masticador	47	LRaMader	Longitud de la rama maxilar derecha
Masticador	48	LmaxDeizq	Longitud máxima del dentario izquierdo
Masticador	48	LmaxDeder	Longitud máxima del dentario derecho
Masticador	49	LFoManizq	Longitud de la fosa mandibular izquierda
Masticador	49	LFoMander	Longitud de la fosa mandibular derecha
Masticador	50	AlmaxDeizq	Altura máxima del dentario izquierdo
Masticador	50	AlmaxDeder	Altura máxima del dentario derecho
Masticador	51	DiRaMaizq	Número de dientes en la rama maxilar izquierda
Masticador	51	DiRaMader	Número de dientes en la rama maxilar derecha
Masticador	52	DiRaDeizq	Número de dientes en la rama dentaria izquierda
Masticador	52	DiRaDeder	Número de dientes en la rama dentaria derecha
Masticador	62	Rap	Distancia de la punta del rostro al inicio de la apertura rostral
Masticador	63	ApR	Grados de apertura entre premaxilares en la punta del rostro
Masticador	64	PrmR	Distancia entre premaxilares en la punta del rostro
Respiratorio	3	Rnext	Longitud del rostro a las narinas externas
Respiratorio	8	LmaxNaizq	Longitud máxima del nasal izquierdo
Respiratorio	8	LmaxNader	Longitud máxima del nasal derecho
Respiratorio	9	AmaxNaizq	Ancho máximo del nasal izquierdo
Respiratorio	9	AmaxNader	Ancho máximo del nasal derecho
Respiratorio	21	AmaxNext	Ancho máximo de las narinas externas
Respiratorio	26	LVPTizq	Longitud ventral máxima del pterigoides izquierdo
Respiratorio	26	LVPTizq	Longitud ventral máxima del pterigoides derecho
Respiratorio	27	AVPTizq	Ancho ventral máximo del pterigoides izquierdo
Respiratorio	27	AVPTizq	Ancho ventral máximo del pterigoides derecho
Respiratorio	32	Rnint	Longitud del rostro a las narinas internas
Respiratorio	34	AmaxNintizq	Ancho máximo de la narina interna izquierda

Respiratorio	34	AmaxNintder	Ancho máximo de la narina interna derecha
Visual	18	AprOmax	Ancho preorbital máximo
Visual	19	AprOmin	Ancho preorbital mínimo
Visual	20	AsuOmin	Ancho supraorbital mínimo
Visual	29	LmaxLacizq	Longitud máxima del lacrimal izquierdo
Visual	29	LmaxLacder	Longitud máxima del lacrimal derecho
Visual	42	Loizq	Longitud de la órbita izquierda
Visual	42	Loder	Longitud de la órbita derecha
Visual	43	LAOizq	Longitud del proceso antero-orbital izquierdo
Visual	43	LAOder	Longitud del proceso antero-orbital derecho