

Tesis de Licenciatura

Crecimiento en el Delfín Austral *Lagenorynchus australis*

Boy, Claudia C.

Tesis presentada para obtener el grado de Licenciado en
Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis de licenciatura de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Six-Year Bachelor's Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Boy, Claudia C.. () Crecimiento en el Delfín Austral *Lagenorynchus australis*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://hdl.handle.net/20.500.12110/seminario_nBIO000645_Boy

Cita tipo Chicago:

Boy, Claudia C.. "Crecimiento en el Delfín Austral *Lagenorynchus australis*". Tesis de Licenciado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires..
http://hdl.handle.net/20.500.12110/seminario_nBIO000645_Boy

EXACTAS
UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

CRECIMIENTO EN EL DELFÍN AUSTRAL

Lagenorhynchus australis



Claudia C. Boy

Director: Dra. R. Natalie P. Goodall

Codirector: Dr. Adrián C. M. Schiavini

Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas

CENTRO AUSTRAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

USHUAIA
1999

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

CRECIMIENTO EN EL DELFÍN AUSTRAL

Lagenorhynchus australis

Claudia C. Boy

Director: Dra. R. Natalie P. Goodall

Codirector: Dr. Adrián C. M. Schiavini

Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas

CENTRO AUSTRAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

USHUAIA
1999

A El Rancho

... La satisfacción de vencer obstáculos compensa todos los aparentes sacrificios ...

(de una carta de Luis A. Santaló dirigida a estudiantes
de la Universidad Nacional de Mar del Plata.)

ÍNDICE

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
EL CRECIMIENTO EN LOS MAMÍFEROS MARINOS	5
EL DELFÍN AUSTRAL	7
MATERIALES Y MÉTODOS	9
PROCEDENCIA DE LOS EJEMPLARES	9
DETERMINACIÓN DE LA EDAD	9
Desgaste con lija al agua	10
Descalcificación y tinción con Hematoxilina	10
MORFOMETRÍA (ESQUELETO Y MEDIDAS EXTERNAS)	11
MADUREZ FÍSICA	12
ANÁLISIS DE LOS DATOS	13
RESULTADOS	15
DETERMINACIÓN DE LA EDAD	15
ESQUELETO	16
MADUREZ FÍSICA	17
CRECIMIENTO	18
DISCUSIÓN	21
DETERMINACIÓN DE LA EDAD	21
ESQUELETO	22
MADUREZ FÍSICA	23
CRECIMIENTO	25
IMPlicancias poblacionales de la estructura de edad determinada	27
CONCLUSIONES	28
TABLAS	29
FIGURAS	34
ANEXO	48
FIRMAS	50
REFERENCIAS	51
AGRADECIMIENTOS	54

RESUMEN

Se realizó un estudio del crecimiento en el delfín austral, *Lagenorhynchus australis*, una especie de odontoceto que se distribuye en el extremo austral de Sudamérica, al sur del paralelo 33°S.

Se utilizaron ejemplares encontrados muertos en su mayoría en las costas de Tierra del Fuego, Argentina. La mayor parte de ellos pertenece a la colección de R. Natalie P. Goodall.

Se registraron tanto variables morfométricas externas como óseas y se caracterizaron los componentes del esqueleto. Se determinó el estado de madurez física en base al grado de fusión de las epífisis a los centros vertebrales.

Se determinó la edad de los ejemplares en base a las estructuras de crecimiento presentes en sus dientes, mediante la técnica de descalcificación, corte con micrótomo y tinción con Hematoxilina.

Se determinó que la madurez física resultó correlacionada con la edad.

La fusión de las epífisis a los centros de las vértebras presenta un patrón de progreso en la columna vertebral conforme el animal crece. La fusión progresó desde los extremos cervical y caudal hacia el centro de la columna, hasta encontrarse en las últimas vértebras torácicas y primeras lumbares.

El crecimiento en esta especie es de tipo alométrico. De los cuatro modelos de crecimiento probados, el de Laird-Gompertz resultó el más adecuado para la mayoría de las variables morfométricas. No obstante, el modelo de von Bertalanffy también resultó adecuado.

El ancho zigomático resultó la variable craneométrica más adecuada para inferir el largo total.

No pudo estudiarse la existencia de dimorfismo sexual en las variables morfométricas debido al pequeño tamaño de la muestra.

INTRODUCCIÓN

EL CRECIMIENTO EN LOS MAMÍFEROS MARINOS

El crecimiento de los mamíferos euterios es determinado, de modo que su tamaño cambia continuamente durante el período de crecimiento hasta completar el desarrollo (Bryden, 1972). En general el patrón de crecimiento de cada especie está relacionado con requerimientos funcionales. Estas demandas funcionales pueden relacionarse, por ejemplo, con la posesión de un aparato de alimentación eficiente, que condiciona la supervivencia del animal. En algunas especies de odontocetos y pinnípedos el crecimiento del extremo anterior es más pronunciado que el del extremo posterior durante el incremento del tamaño corporal, lo que estaría relacionado con la necesidad de desarrollar el extremo caudal del animal a medida que éste se vuelve más activo, sobre todo en las especies que se propulsan principalmente con la parte posterior de su cuerpo (Bryden, 1972). Perrin (1975) determinó en el delfín manchado (*Stenella attenuata*) y en el delfín rotador (*Stenella longirostris*) los patrones de crecimiento de las variables morfométricas óseas externas e internas y la existencia de dimorfismo sexual en esos patrones. En el caso de la longitud total del animal se encontró que ésta es mayor en machos que en hembras para el delfín del Pacífico, *Lagenorhynchus obliquidens* (Ferrero y Walker, 1996) y *Stenella attenuata* (Perrin *et al.*, 1976). Lo opuesto fue descripto por Stuart y Morejohn (1980) para la marsopa común, *Phocoena phocoena*.

El esqueleto es una estructura mecánica que debe soportar las fuerzas que se ejercen sobre él, el peso del animal, las fuerzas debidas a la locomoción (que producen su doblez y torsión), y las fuerzas de impacto. El tamaño y la estructura de un esqueleto son el producto de un compromiso entre varias demandas. Por ejemplo un esqueleto muy pesado tiene un alto costo de movimiento y menor agilidad, disminuyendo así su chance de escape a predadores (Schmidt-Nielsen, 1984).

El crecimiento puede ser de tipo isométrico, donde el incremento o disminución de las partes analizadas tiene forma lineal; o de tipo alométrico, donde se supone una relación no lineal entre las partes, en cuyo caso el modelo lineal no sirve para describir el patrón de crecimiento, salvo en intervalos muy cortos.

Por lo general, las relaciones funcionales entre el tamaño corporal y alguna variable morfométrica se describen mediante la forma de ecuaciones exponenciales. Como las dos variables se incrementan en diferentes tasas, las relaciones se llaman alométricas y las fórmulas que las describen, ecuaciones alométricas (Peters, 1983). Muchas variables morfológicas y fisiológicas relativas al tamaño corporal presentan esta forma (Schmidt-Nielsen, 1984).

Las ecuaciones alométricas son herramientas útiles porque pueden revelar principios que de otra forma permanecerían oscuros, como también desviaciones del patrón general. Se puede estimar a través de ellas la magnitud esperada de alguna variable para un tamaño corporal dado. Sin embargo no pueden ser utilizadas para extrapolación más allá del rango de los datos en el que están basadas (Schmidt-Nielsen, 1984).

La variación de tamaño de un organismo puede ser medida utilizando su masa o sus dimensiones lineales. La masa es importante para estudios relacionados con estructuras de soporte, demanda del sistema muscular para la locomoción, necesidad de alimento, etc. Generalmente también es adecuada como una medida de volumen dado que casi todos los animales tienen una densidad aproximada a la unidad (Schmidt-Nielsen, 1984).

Las poblaciones naturales no viven en ambientes constantes. Las fluctuaciones y ritmos ambientales se reflejan en el organismo a través de cambios en las tasas metabólica y de crecimiento. Los tejidos duros (hueso, dentina y cemento) conservan un registro ontogenético de estos cambios, que se manifiestan como variaciones en la tasa de crecimiento del material que se deposita. Cuando esas variaciones se registran en los tejidos de forma cíclica se pueden utilizar para asignar la edad. La técnica a utilizar para asignar la edad debe poner de manifiesto esas variaciones para permitir su identificación (Myrick *et al.*, 1984; Crespo *et al.*, 1994). El método más adecuado para la determinación de la edad en cetáceos odontocetos es mediante el estudio de las capas de deposición o bandas (líneas de crecimiento) en los dientes.

La variación en la tasa de crecimiento, aún inducida artificialmente, se registra adecuadamente en los dientes, como lo demostraron Johannessen (1964) en ratas y Klevezal (1980) en hámsters. Nishiwaki y Yagi (1954) sostuvieron que el patrón de deposición de tejido dental observado en el delfín listado (*Stenella caeruleoalba*) estaba causado por la influencia de cambios ambientales periódicos en intervalos constantes, y sugieren que ese intervalo sería anual. Para el delfín *Lagenorhynchus obliquidens*, Ferrero y Walker (1996) también sostienen lo mismo.

Las variaciones en la deposición del material dental permiten definir grupos de líneas de crecimiento en los dientes, presentes tanto en dentina como en cemento. Los componentes del diente en los que normalmente se registra el crecimiento son la dentina y el cemento.

La dentina está compuesta por tejido celular calcificado de origen mesodérmico y constituye la mayor parte del cuerpo del diente. Su deposición ocurre en intervalos periódicos relacionados con el ritmo de crecimiento general del animal. De esta forma quedan definidos en el diente los grupos de líneas de crecimiento muy evidentes en la dentina postnatal, que son los que se utilizan para la determinación de la edad.

La línea de nacimiento, formada por dentina, sería producida por algún estrés en la nutrición del animal en el período inmediato al postparto.

Los grupos de líneas de crecimiento (GLC) *sensu* Perrin y Myrick (1980) conforman un patrón repetitivo o semi-repetitivo de grupos adyacentes de series de láminas de incremento en dentina, cemento o hueso, y son definidos como unidades discretas. Cada GLC consiste en una banda oscura y una clara más angosta hacia la cavidad de la pulpa si se observa una sección del diente con luz transmitida, o en una banda oscura y una clara más angosta hacia el interior si se observa esa sección con luz reflejada. En el presente trabajo se asume que cada GLC corresponde a un año.

EL DELFÍN AUSTRAL

El delfín austral, *Lagenorhynchus australis* (Peale, 1848), es considerada una especie de aguas principalmente costeras y se distribuye en el sur de Sudamérica. Es una de las especies más comunes en el sudoeste del Océano Atlántico Sur y en el archipiélago fueguino (Goodall, 1978; Oporto, 1986; Goodall *et al.*, 1997). Su rango de distribución comprende desde alrededor de Valparaíso (33°S) en el Océano Pacífico, y los 38°S de latitud en el Océano Atlántico hasta el Cabo de Hornos alrededor de los 57°S (Leatherwood y Reeves, 1983; Webber y Leatherwood, 1990, Goodall *et al.*, 1997). Su alimentación en la zona costera consiste en especies demersales y bentónicas capturadas en o en cercanías de los colchones de macroalgas (*Macrocystis pyrifera*) (Schiavini *et al.*, 1997; Lescrauwaet, 1997). Se cree que los nacimientos se producen entre primavera y otoño. Durante las décadas de los '70 y '80 fue explotado intencionalmente a fin de cebar trampas de pesca de crustáceos de interés comercial en el archipiélago fueguino, hasta que el descenso en el esfuerzo pesquero provocó la reducción de su captura. También sufre mortalidad incidental en pesquerías artesanales que se practican principalmente en la costa norte de Tierra del Fuego y en Santa Cruz (Goodall, 1978; Goodall *et al.*, 1994).

Conocer aspectos del crecimiento y de la biología reproductiva puede ser importante para intentar determinar el efecto de la explotación sobre la población de una determinada especie. A pesar de ser bastante común en la zona, existe poca información biológica disponible con respecto al crecimiento y desarrollo del delfín austral. Este vacío de conocimientos motiva el presente trabajo sobre crecimiento, en el que se plantearon las siguientes hipótesis:

- Existe una relación entre el estado de madurez física, la edad cronológica y determinadas variables morfométricas del delfín austral
- El patrón de crecimiento del delfín austral es de tipo alométrico.

El trabajo tiene como objetivos:

- Evaluar la presencia y puesta de manifiesto de las estructuras de crecimiento presentes en los dientes
- Determinar la relación entre las variables morfométricas, el estado de madurez física y la edad cronológica
- Establecer los patrones de crecimiento de esta especie tanto para el largo total del animal como para grupos de variables que conforman cada aparato óseo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El difícil acceso a ejemplares de mamíferos marinos hace que sea relativamente más complicado estudiar el crecimiento y desarrollo en ellos que en los mamíferos terrestres. En los grupos totalmente acuáticos, como cetáceos y sirénidos, esto es más importante y cualquier tipo de experimento controlado es más complicado de realizar. En base a esto vale la pena aclarar que la mayor parte de los datos disponibles para estos grupos provienen de animales de historia desconocida obtenidos en operaciones comerciales de pesca y de animales varados (Bryden, 1972).

PROCEDENCIA DE LOS EJEMPLARES

Parte de los ejemplares utilizados en el presente estudio fueron encontrados muertos en su mayoría en las costas de Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina, durante las campañas realizadas entre los años 1974 y 1998. Estos especímenes fueron recuperados y acondicionados (en algunos casos por la autora) y forman parte de la colección de la Dra. R. Natalie P. Goodall (RNP), que es la mayor y más completa de esta especie en el mundo en la actualidad.

A pesar del bajo número de ejemplares de delfín austral disponibles, éste refleja más de 20 años de esfuerzo de recolección. Dada la baja tasa de aparición de ejemplares en las costas, se presume que esta cantidad no se incrementará considerablemente en el futuro cercano. Por otro lado, se intentó ubicar todos los esqueletos disponibles en las colecciones más conocidas y donde fuera más probable que existieran. Estos hechos hacen que los datos utilizados correspondan a casi la totalidad de los ejemplares de esta especie disponibles en la actualidad en el mundo (Tabla 1).

DETERMINACIÓN DE LA EDAD

A fin de conocer la edad cronológica a la fecha de muerte de los ejemplares utilizados en el trabajo, se realizó la determinación de la edad a través de sus dientes.

Los dientes utilizados corresponden a 21 ejemplares de la colección de RNP, constituyendo la totalidad de ejemplares con dientes de dicha colección.

Los cetáceos son homodontes, por lo que en principio se podría utilizar cualquier diente de cualquier posición de las mandíbulas para asignar la edad. Sin embargo los dientes fueron removidos (siempre que fue posible) de la parte central de la mandíbula inferior, donde generalmente se encuentran los dientes más largos y menos gastados.

Los dientes extraídos fueron conservados secos o en las mandíbulas, aunque se recomienda su conservación en etanol 70% (Scheffer y Myrick, 1980).

Para la asignación de la edad se utilizaron las técnicas de desgaste con lija al agua y de descalcificación, corte y tinción con Hematoxilina.

Desgaste con lija al agua

Se sumergieron los dientes en agua para remover los restos de materia orgánica que pudieran contener. Se obtuvieron secciones sagitales delgadas (aproximadamente 80 micrones) por desgaste con lijas 3M tipo 180 y 600 al agua (Laws, 1962). Dado que los dientes de los delfines presentan dos planos de curvatura, resultó difícil la obtención de láminas longitudinales que cubrieran ambos planos, por lo que hubo que priorizar en cada caso la obtención de láminas sagitales a uno de esos planos. Se privilegió siempre que fue posible la sección sagital buco-lingual.

Las secciones obtenidas fueron observadas bajo lupa binocular, tanto con luz reflejada como transmitida y sumergidas en alcohol 70% para aumentar el contraste. Se determinó: presencia de esmalte (E); cemento (C); dentina prenatal (DP), línea de nacimiento (LN), y número de grupos de deposición de dentina postnatal o grupos de líneas de crecimiento (GLC).

Descalcificación y Tinción con Hematoxilina

Se removieron los restos de materia orgánica adheridos a los dientes con agua. Se utilizó la técnica ampliamente difundida, descripta en Klevezal (1980), Perrin y Myrick (1980), Myrick *et al.*, (1984), y referencias allí citadas. Los dientes fueron descalcificados en ácido nítrico al 5% durante 48 horas, hasta quedar translúcidos y flexibles, indicando que la descalcificación había concluido. El ácido embebido en la matriz orgánica se eliminó mediante enjuague con agua corriente durante 24 horas. Luego los dientes fueron cortados con micrótomo de congelamiento en secciones de 25 micrones de espesor y teñidas con Hematoxilina de Mayer durante 30 minutos, eliminándose el excedente de colorante mediante inmersión en agua durante 30 minutos. Las secciones obtenidas fueron observadas bajo lupa binocular con luz transmitida, bajo microscopio, y luego montadas permanentemente con Bálsamo de Canadá. Se determinaron las estructuras mencionadas en la técnica precedente.

Las secciones resultado de la técnica de corte y tinción fueron dibujadas (Fig. 1) utilizando una cámara clara.

En el presente trabajo se asume que cada GLC corresponde a un año, como ya ha sido demostrado en otras especies (Nishiwaki y Yagi, 1954; Johannessen, 1964; Klevezal, 1980; Ferrero y Walker, 1996).

MORFOMETRÍA (ESQUELETO Y MEDIDAS EXTERNAS)

Se utilizaron 36 especímenes de la colección de RNP (22 de sexo desconocido, nueve hembras y cinco machos); uno perteneciente a la colección del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Buenos Aires, Argentina (de sexo desconocido), cinco pertenecientes a la colección del Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile (de sexo desconocido), dos especímenes pertenecientes a la colección del British Museum of Natural History, Londres, Inglaterra (uno de sexo desconocido y una hembra); y ocho pertenecientes a la colección del United States National Museum, Washington, D.C., Estados Unidos (tres de sexo desconocido, cuatro hembras y un macho). En los dos últimos casos los datos fueron tomados por RNP.

Los especímenes de delfín austral utilizados en este trabajo se encontraron en las playas en diferentes estados (frescos, secos, deteriorados, completos, sólo parte del esqueleto) por lo que en general no es posible estudiar el crecimiento a través de su masa corporal. El proceso de limpieza de los esqueletos y los productos químicos utilizados varían según el coleccionista, y dado que los ejemplares provienen de varias colecciones tampoco se utiliza la masa del esqueleto ya que el peso de los huesos podría ser alterado en diferente forma según el proceso de limpieza utilizado. Por lo tanto, para estudiar el crecimiento en esta especie se utilizó en la mayoría de los casos, dimensiones lineales de los huesos. Estas dimensiones han sido utilizadas en el estudio de numerosas especies de cetáceos (Perrin, 1975; Stuart y Morejohn, 1980; Yoshida *et al.*, 1994).

Se registraron 39 variables morfométricas óseas (13 craneales, 23 postcraneales y una correspondiente al esqueleto completo) y 11 variables morfométricas externas (Tabla 2). Se utilizó un calibre antropométrico y las mediciones se realizaron al milímetro más cercano. Se eligieron las medidas más utilizadas para estudios de este tipo en cetáceos (Perrin, 1975; Stuart y Morejohn, 1980).

Con respecto al número de vértebras de cada sector, la cantidad de vértebras torácicas se determinó en función del número de costillas del ejemplar (cuando éstas estaban completas) y de la existencia de una superficie de articulación con las costillas en los procesos laterales de las vértebras, asumiendo que las que tenían la superficie de articulación eran torácicas. El sector caudal se determinó según Omura (1957), a partir de la primera vértebra que ofrece una superficie de articulación para los arcos hemiales (*chevrones*) en la parte ventral del centro vertebral. Las vértebras comprendidas entre los dos sectores mencionados se asignaron por descarte al sector lumbar.

Se determinó para cada ejemplar el número de costillas y la existencia de costillas flotantes, asignando como tales a las que no poseían superficie de articulación en su extremo ventral. Se registró también el número y forma de los arcos hemiales (*chevrones*) y las características de los huesos pélvicos.

Se determinó la existencia de fusión entre las distintas piezas del esternón, la existencia de forámenes en el manubrio (la primer pieza del esternón) y la cantidad de piezas existentes.

Respecto de los componentes del cráneo solo se registró la existencia de fusión entre dichos componentes.

En cuanto a la determinación de la fusión del aparato hioideo, en los casos en los que no se contó con el aparato hioideo completo y por ejemplo con un hueso tirohial y o el basihial se consideró que no estaban fusionados entre sí.

MADUREZ FÍSICA

Esta especie, como todos los mamíferos, posee epífisis que se fusionan a los centros vertebrales a medida que el animal madura. El concepto de madurez física que se utiliza en este trabajo está basado en la fusión de las epífisis, considerando como maduros a los individuos que presentan osificadas la totalidad de las epífisis a los centros vertebrales, independientemente de la edad a la que alcanzan la madurez sexual y el tamaño adulto.

Se utilizaron dos estrategias:

- i. Se determinó el estado de madurez física (MF) de cada animal según el grado de fusión de las epífisis a los centros vertebrales. Este es un criterio sencillo y rápido y fue el utilizado históricamente por RNP (Goodall *et al.*, 1988; Goodall y Schiavini, 1995; Goodall *et al.*, 1997). Las categorías establecidas a priori fueron las siguientes:

Clase 0: Feto o neonato. No todos los arcos neurales fusionados a los centros de las vértebras.

Clase 1: Juveniles. Arcos neurales fusionados a los centros vertebrales, pero no las epífisis.

Clase 2: Subadultos. Algunas epífisis fusionadas a los centros vertebrales.

Clase 3: Subadultos. Casi todas las epífisis fusionadas a los centros vertebrales.

Clase 4: Adultos. Todas las epífisis fusionadas a los centros vertebrales, con línea de sutura visible.

Clase 5: Adultos. Todas las epífisis completamente fusionadas a los centros vertebrales, sin línea de sutura visible.

- ii. El criterio de asignación de clases de MF mencionado posee sólo seis clases de MF y es susceptible a errores en la asignación de la clase de MF a un esqueleto.

Se plantea la utilización de la relación FR, que refleja el estado de madurez física del animal, a la que se designó fusión relativa, y que se define como el número de vértebras fusionadas con respecto al número total de vértebras de cada ejemplar. En los casos en los que una vértebra tiene una sola epífisis fusionada a su centro se le asignó a la vértebra el valor de 0,5.

Se propone esta relación como un refinamiento de las clases de MF basadas en la observación del esqueleto, debido a que se pueden obtenerse mayor cantidad de valores intermedios (entre 0 y 1) y a que no se cometan los errores de agotación mencionados para el criterio MF.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para determinar la relación entre variables morfométricas, estado de madurez física y edad cronológica que se plantea en el primer objetivo se realizó:

- Análisis de correlación entre la variable fusión relativa y la edad cronológica de los ejemplares, utilizando el estimador de Pearson producto-momento.
- Análisis de regresión entre la edad cronológica y el valor de las variables morfométricas. Para ello se utilizaron modelos de regresión lineal y se determinaron los índices correspondientes mediante el programa STATISTICA. Este análisis se realizó a modo exploratorio, aún en los casos en los que el supuesto de normalidad de los datos no se cumplió.

Para establecer los patrones de crecimiento se estudió el ajuste de la variación de las medidas morfométricas a funciones tradicionalmente utilizadas. Para esto se evaluaron los modelos de crecimiento de Gompertz, y von Bertalanffy. Se probaron también variantes de estos modelos, que fueron utilizadas en el estudio de una especie cercana a *L. australis* (Ferrero y Walker, 1996; Heise, 1997; Iwasaki y Kasuya, 1997). Los modelos probados fueron:

von Bertalanffy	$L_t = L_{\infty} * (1 - \exp(-K * (t - t_0)))$	Clásica.
von Bertalanffy	$W_t = W_{\infty} * (1 - b * \exp(-g * t))^3$	Descripta en Peters (1983).
Laird-Gompertz	$L_t = L_0 * \exp(a * (1 - \exp(-\alpha * t)))$	Utilizada en <i>L. obliquidens</i> (Ferrero y Walker, 1996; Heise, 1997; Iwasaki y Kasuya, 1997).
Gompertz	$L_t = A * \exp(-C * \exp(-\mu * t))$	Utilizada en <i>L. obliquidens</i> (Heise, 1997).

L_{∞} , W_{∞} , A - longitud máxima hacia la que tiende el crecimiento

L_t , W_t - longitud a la edad t

L_0 - longitud mínima para la que se aplica la ecuación

t - edad

K , b , a , c - tasa específica de crecimiento exponencial

t_0 , g , α , μ - tasas de decaimiento del crecimiento exponencial

Para ajustar las diferentes curvas de crecimiento se estimaron los valores de los parámetros utilizando una estrategia de máxima verosimilitud. Para cada variable se eligió el modelo cuyo coeficiente de verosimilitud (CVE) resultó mayor. El CVE se determinó por iteración, modificando el valor de los parámetros de las curvas de crecimiento. Para determinar el valor de los parámetros se utilizó la herramienta SOLVER del programa EXCEL, que permite establecer restricciones para los valores de los parámetros de los modelos (a diferencia del programa STATISTICA que solo permite en rutinas de ajuste de modelos no lineales, establecer sus valores iniciales).

En ocasiones, en las playas sólo se encuentran partes del esqueleto, principalmente partes del cráneo. A fin de determinar cual variable osteológica sería la más apropiada para inferir el largo total (LT) del animal a partir de una medida craneométrica se estudió mediante el programa STATISTICA la correlación entre el largo total (LT) y variables morfométricas craneales poco alterables debido al desgaste del cráneo en la playa. Las variables utilizadas fueron: longitud condilobasal (LCB), longitud del rostro (LRO) y ancho zigomático (ZYG). Para el estudio de correlación se usó el estimador de Pearson producto-momento. No se realizó el estudio equivalente para las variables postcraneales porque en caso de encontrar alguna vértebra, costilla, etc. es muy difícil determinar su posición exacta en el esqueleto y por lo tanto determinar sobre ella alguna variable morfométrica de las aquí analizadas.

RESULTADOS

DETERMINACIÓN DE LA EDAD

Las dos técnicas empleadas pusieron de manifiesto las líneas de crecimiento. Con ambas técnicas se pudo determinar claramente la línea de nacimiento y la dentina prenatal.

Del análisis de los dientes se obtuvo un esquema ilustrativo de un diente de *L. australis* (Fig. 1). La dentina prenatal es uniforme, muy diferente a la dentina postnatal. La línea de nacimiento es una banda fina y oscura en los preparados en tinción, y se observó bien definida; la banda correspondiente al primer año es notablemente más ancha que las subsiguientes, las que a su vez van disminuyendo progresivamente en ancho hacia el canal de la pulpa (Fig. 2).

Ambas técnicas arrojaron resultados similares, con diferencia entre ellas del orden del año (Tabla 3). Con la técnica de desgaste con lija al agua se obtuvieron resultados subestimados con respecto a la de corte y tinción, en los ejemplares de mayor edad. La asignación definitiva de la edad se realizó en base a la comparación de los GLC presentes en los dientes en los que éstas estaban definidas muy claramente.

En muchos de los casos en los que un primer diente mostró poca resolución de los GLC lo mismo fue observado en un segundo diente proveniente de distinto lugar del mismo ejemplar.

Se observó un ejemplar sin la línea de nacimiento formada (RNP 1958) y tres neonatos con la línea de nacimiento evidente (RNP 761, RNP 1752 y RNP 1753).

En 17 de 21 ejemplares el GLC correspondiente al primer año resultó notablemente más ancho que los subsiguientes.

A medida que el animal crece el canal de la pulpa se ocluye progresivamente y las bandas de crecimiento decrecen en ancho. Se observó que a los 13 años la cavidad pulpar permanecería aún ligeramente abierta (RNP 719). No se observó ningún diente con la cavidad pulpar completamente ocluida.

La mejor definición de las bandas de deposición de dentina se obtuvo en la sección media de los dientes. Las GLC no se pudieron determinar claramente en cemento, a diferencia de lo encontrado para otras especies de mamíferos por Grue y Jensen (1979) donde los GLC se encuentran bien representados en el cemento.

No se encontraron diferencias en los patrones de deposición de dentina entre hembras y machos.

La distribución de edades de la muestra presenta un pico en las edades de entre tres y cinco años (Fig. 3), tanto para las hembras como para los machos.

ESQUELETO

El número total de vértebras del delfín austral fue de 68. De ellas siete componen la región cervical, 13 a 15 la región torácica, 14 a 16 la región lumbar y 31 a 33 la región caudal. Las dos primeras vértebras cervicales (atlas y axis) están fusionadas. La primer vértebra con forámen vertical se encuentra en la posición 44 a 46. En la misma región caudal se produce la disminución de la longitud del proceso lateral de las vértebras hasta desaparecer por completo entre las vértebras 49 y 51. El proceso neural desaparece en esta región, aproximadamente en las vértebras número 52 a 54, también luego de una disminución progresiva en su tamaño hacia el extremo posterior del animal. Las vértebras caudales muestran un cambio gradual en la forma de su centro de acuerdo a su posición: se presentan circulares (como todas las vértebras de las demás regiones) en la parte anterior y rectangulares en la porción terminal. Las vértebras caudales se encuentran comprimidas en sentido anterocaudal y dorsoventral. En siete de 29 ejemplares este cambio se observó claramente entre las vértebras número 54 a 57. La última vértebra caudal es muy pequeña y tiene forma cónica.

Todos los ejemplares poseen los procesos laterales fusionados a los cuerpos de las vértebras, excepto el RNP 1958 de cero años de edad.

En los ejemplares RNP 1752, RNP 1753 y RNP 1958, todos menores a un año de edad, los arcos neurales no se encontraban fusionados al centro de las vértebras en su totalidad. En el ejemplar RNP 1958 ningún arco neural se encontró fusionado al centro vertebral. En el ejemplar RNP 1753 los arcos correspondientes a la totalidad del sector cervical y las diez primeras vértebras del sector torácico se encontraron sin fusionar. Para el número RNP 1752 se encontraron las tres primeras vértebras torácicas con los arcos neurales fusionados a sus centros y el sector cervical completamente fusionado. En todos los ejemplares mayores a cero años se observaron todos los arcos neurales fusionados a sus correspondientes centros vertebrales.

Esta especie posee 13 a 14 costillas vertebrales y 7 a 8 costillas esternales. Las primeras 7 a 8 costillas vertebrales son bicipitales y se observa un gradiente de cambio a la condición unicipital presente en las últimas (Fig. 4). La última costilla vertebral es flotante.

El número de arcos hemiales (*chevrones*) determinado fue de 15. Los primeros *chevrones* son simples y pueden abarcar más de una vértebra y los posteriores tienen forma de "V" y son de mayor tamaño que los primeros.

Los huesos pélvicos (únicos vestigios de la cintura pélvica en los cetáceos en general) son relativamente chatos en las hembras y cilíndricos en los machos (Fig. 5). También se observó una variación en su tamaño a medida que el animal crece (variable LPE).

El manubrio del esternón posee un foramen de tamaño y forma variable ubicado en el centro del mismo en 13 de 23 ejemplares analizados, mientras que en los ejemplares restantes no se observó foramen en el manubrio (Fig 6). El esternón se observó completamente

fusionado en ejemplares mayores de seis años. En los casos en los que el esternón se encontró parcialmente fusionado, las piezas inferiores no estaban fusionadas. Se encontraron ejemplares tanto con las dos primeras piezas fusionadas como con las tres primeras piezas fusionadas. Todos los ejemplares menores a cuatro años de edad presentaban las cuatro piezas del esternón sin fusionar. A partir de los cuatro años de edad se observaron ejemplares con las dos primeras partes del esternón fusionadas entre sí. La cuarta pieza se encontró en 11 de 23 ejemplares.

Los ejemplares neonatos RNP 1752 y RNP 1753 no presentan los componentes del cráneo fusionados. Esto se observó también en el ejemplar RNP 1958. En todos los ejemplares restantes las piezas del cráneo se encontraron fusionadas.

Los ejemplares de hasta cinco años de edad, de los cuales se cuenta con los huesos del aparato hioideo y con la información de su edad (con excepción del RNP 269 de tres años), no poseen el hueso basihial fusionado a los tirohiales del aparato hioideo (RNP 761 y RNP 1753 de cero años, RNP 720 de cuatro años, RNP 1760 y RNP 2024 de cinco años). Esta ausencia de fusión también se observó en los ejemplares RNP 1164, USNM 395.346 y USNM 395.351, de edad desconocida. Los ejemplares de mayor edad utilizados en el trabajo presentaron esos huesos fusionados (RNP 836 de siete años, RNP 721 de 11 años y RNP 719 de 13 años), esto mismo ocurrió en los ejemplares USNM 395.344, USNM 395.345, USNM 395.347, USNM 395.349 y USNM 395.350 de edad desconocida.

MADUREZ FÍSICA

El estado de madurez física (MF) se encuentra significativamente correlacionado con la edad de los individuos ($r=0,819$, $p=0,000$, $N=25$) (Fig. 7). Los ejemplares de mayor edad presentan todas las epífisis fusionadas a los centros vertebrales y sin línea de sutura visible, mientras que los ejemplares más jóvenes no presentan todas las epífisis fusionadas. Se observó un reemplazo de clases de madurez física con respecto a la edad y la longitud total: la totalidad de los ejemplares de edad cero se encontraron entre las clases de MF cero y dos, mientras que la totalidad de los ejemplares de mayor edad (12 y 13 años) se encontraron en la clase de MF cinco.

La correlación entre el grado de madurez física (MF) y el grado de fusión relativa (FR) resultó significativa con un valor de 0,870 ($p=0,000$, $N=25$).

Se observó que el grado de fusión relativa (FR) se incrementa con la edad (Fig. 8). La correlación entre la fusión relativa y la edad resultó significativa ($p=0,001$, $N=18$) con un valor de 0,734. Los ejemplares neonatos presentaron valores de 0,29 y 0,41 de fusión relativa (RNP 1753 y RNP 761 respectivamente). El valor de FR=0 corresponde al ejemplar RNP 1958, que no presenta línea de nacimiento en sus dientes. Entre los dos y seis años de edad se observaron valores de FR similares. Los ejemplares de mayor edad utilizados en este trabajo poseen un

valor de 1, es decir, la totalidad de sus vértebras fusionadas. Esto último se observó a partir de los 12 años, con excepción del ejemplar de siete años debido a que, como se verá en la Discusión, se trataría de un animal atípico.

La progresión de la fusión de las epífisis a los centros vertebrales conforme el animal crece, presentó un patrón definido. La fusión avanza desde los extremos anterior y posterior del animal hacia el centro de la columna. En los ejemplares neonatos las siete vértebras cervicales y las caudales terminales ya se encuentran fusionadas. Luego la fusión prosigue hacia las caudales anteriores y las primeras torácicas, hasta encontrarse en las últimas torácicas y primeras lumbares. Se observó un ejemplar con parte del sector torácico fusionado y el lumbar sin fusionar (RNP 721). La totalidad de las vértebras fusionadas se observó a partir de los 12 años de edad (Fig. 9), y en el ejemplar RNP 836 de siete años de edad.

En los sectores cervical y torácico la epífisis posterior de cada vértebra se fusiona con posterioridad a la correspondiente epífisis anterior de la misma vértebra, observándose ejemplares cuyas vértebras solo tienen la epífisis anterior fusionada. En los sectores lumbar y caudal ocurre lo inverso, por lo que se observaron ejemplares con vértebras con la epífisis posterior fusionada y la anterior sin fusionar. En los ejemplares en los que la fusión de las epífisis a los centros vertebrales no es completa se observó que la fusión comienza en la parte central, progresando a la periferia del disco desde el centro (RNP 716, RNP 717, RNP 718, RNP 720, RNP 761, RNP 889, RNP 1164, RNP 1270, RNP 1476, RNP 1752, RNP 1760, RNP 1855 y BMNH 11.30.1).

CRECIMIENTO

La longitud máxima observada fue 205 cm para un ejemplar macho (RNP 721) de 11 años. La longitud total mínima de los ejemplares utilizados en este trabajo corresponde a un ejemplar de 98 cm sin línea de nacimiento presente en sus dientes (RNP 1958) (Fig. 10).

El análisis de regresión lineal entre las variables morfométricas y la edad resultó significativo sólo para las variables (detalladas en la Tabla 2 y 4) (Fig. 11) y Tabla A1 en Anexo:

- ◆ longitud total (LT)
- ◆ longitud desde el hocico al centro del espiráculo (LHE)
- ◆ longitud desde el hocico a la comisura de la boca (LHB)
- ◆ ancho de la aleta pectoral (APE)
- ◆ longitud desde el hocico a la aleta dorsal (LHD)
- ◆ ancho de la aleta caudal (ACA)
- ◆ longitud condilobasal (LCB)
- ◆ ancho zigomático (ZYG)
- ◆ longitud de la mandíbula inferior (LMI)
- ◆ alto de la mandíbula inferior (AMI)

- longitud del proceso lateral del atlas (LLA)
- longitud de la espina dorsal del atlas (LEA)
- altura de la primera vértebra torácica (ALT)
- ancho de la primera vértebra torácica (ANT)
- longitud de la espina dorsal de la primera vértebra torácica (LET)
- altura de la primera vértebra lumbar (ALL)
- ancho de la primera vértebra lumbar (ANL)
- longitud de la espina dorsal de la primera vértebra lumbar (LEL)
- longitud de la primera costilla vertebral (LCO)
- longitud de la costilla vertebral más larga (LCL)
- altura de la escápula (ALE)
- ancho de la escápula (ANE)
- longitud de la ulna (LUL)
- longitud del arco hemal (*chevron*) más largo (LCH)
- longitud del hueso pélvico más largo (LPE)
- ancho de la vértebra más ancha (AVA)
- longitud del centro de la primera vértebra lumbar (LCE)
- longitud total del esqueleto (LEC)
- largo del tirohial (LTI).

No se encontraron resultados significativos en el análisis de regresión lineal entre el logaritmo de las variables morfométricas y el logaritmo de la edad, salvo en el caso de las variables:

- ancho de la aleta pectoral (APE)
- longitud de la mandíbula inferior (LMI)
- alto de la mandíbula inferior (AMI)
- longitud del proceso lateral del atlas (LLA)
- longitud de la espina dorsal del atlas (LEA)
- altura de la primera vértebra torácica (ALT)
- ancho de la primera vértebra torácica (ANT)
- altura de la primera vértebra lumbar (ALL)
- ancho de la primera vértebra lumbar (ANL)
- longitud de la espina dorsal de la primera vértebra lumbar (LEL)
- longitud de la primera costilla vertebral (LCO)
- altura de la escápula (ALE)
- ancho de la escápula (ANE)
- longitud de la ulna (LUL)
- longitud del arco hemal (*chevron*) más largo (LCH)
- longitud del hueso pélvico más largo (LPE)

- ♦ longitud del centro de la primera vértebra lumbar (LCE).

De todos los modelos de crecimiento utilizados en este trabajo se obtuvo el mayor coeficiente de verosimilitud (CVE) con los modelos de von Bertalanffy (Clásica) y Laird-Gompertz. Para 16 variables el mayor CVE se obtuvo con el primer modelo mencionado, en 12 con el segundo y sólo en tres casos con el modelo de Gompertz.

En la mayoría de los casos los valores de CVE de los modelos de von Bertalanffy (Clásica), von Bertalanffy (Peters, 1983), Laird-Gompertz y a veces Gompertz (Heise, 1997) resultaron similares, como también las curvas obtenidas. Esto se muestra como ejemplo para el largo total (LT) en la Fig. 11. A fin de evitar confusiones, para las demás variables se presenta sólo la curva correspondiente al modelo elegido en función del mayor valor de CVE (Fig. 12) y Tabla A2 en Anexo.

El análisis de correlación entre la longitud total (LT) y las variables craneales longitud condilobasal (LCB), longitud del rostro (LRO) y ancho zigomático (ZYG) resultó significativo en los tres casos. Los índices de correlación fueron 0,5657 ($p=0,022$, $N=16$) para la primera, 0,5236 ($p=0,037$, $N=16$) para la segunda y 0,8002 ($p=0,000$, $N=16$) para la tercera (Fig. 12).

DISCUSIÓN

DETERMINACIÓN DE LA EDAD

El patrón general de líneas de crecimiento presentado en este trabajo para *L. australis* se corresponde con lo determinado, en líneas generales, para *Stenella longirostris* por Myrick *et al.* (1984) y para *L. obliquidens* por Ferrero y Walker (1996). A diferencia de lo encontrado por Molina y Oporto (1993) en la tonina overa (*Cephalorhynchus eutropis*) el GLC correspondiente al primer año es notablemente más ancho que el correspondiente al segundo.

Los GLC más cercanos al canal de la pulpa, que son más angostos que los de los primeros años, se distinguen más claramente al cortar y teñir los dientes, por lo que la técnica de lijado podría no resultar confiable para ejemplares de avanzada edad.

La ausencia de la línea neonatal o de nacimiento observada en uno de los ejemplares (RNP 1958) podría obedecer a que este ejemplar se trataría de un feto abortado. Sustenta esta afirmación la longitud determinada para ejemplares neonatos que fue 130 y 138 cm y en cambio para el ejemplar RNP 1958 fue 98 cm. La aparición de este feto en la playa podría deberse a una parición prematura causada por el estrés al que fue sometida su madre debido al varamiento. También podría tratarse de un ejemplar neonato y que haya existido un retraso en la depositación de dentina en los dientes, por lo que un ejemplar ya nacido podría de todas formas carecer de esa línea. A este respecto Hohn y Hammond (1985) especularon que la línea neonatal podría no depositarse inmediatamente luego del nacimiento en *S. attenuata*. Ferrero y Walker (1996) encontraron un retraso de este tipo en *L. obliquidens*. Este retraso en la depositación de dentina podría derivar en que la banda estrecha siguiente a la línea de nacimiento observada en los ejemplares (RNP 1475 y RNP 2024) correspondiera en realidad a un GLC correspondiente al primer año.

Diferentes dientes de un mismo individuo, tratados con diferentes técnicas en la totalidad de la muestra presentan la misma resolución de los GLC. Esto sugiere que la correspondencia podría deberse más a características intrínsecas de los ejemplares que a fallas de la técnica utilizada.

Stuart y Morejohn (1980) determinaron en *P. phocoena* que la cavidad pulpar se encuentra abierta a los nueve años. En este trabajo se determinó que a los trece años la cavidad permanece aún ligeramente abierta.

La longevidad de esta especie todavía no se conoce. La edad máxima encontrada al presente es de 13 años, mencionada en Goodall *et al.* (1997) para nueve ejemplares de la misma colección de RNP pero analizados por C. Lockyer, coincidiendo con lo determinado en este trabajo (n=21). Ferrero y Walker (1996) determinaron un máximo de 40 años en *L.*

obliquidens muertos en redes de pesca de alta mar en el Océano Pacífico Norte (n=149); y para el delfín del Atlántico (*L. acutus*) en el Océano Atlántico Norte la edad máxima determinada fue 20 años (n=42) (Addink *et al.*, 1997). Cabe mencionar que la determinación de la edad en dentina puede realizarse hasta que la cavidad pulpar se ocluye. Una vez ocluida, sólo puede establecerse una edad mínima para el ejemplar analizado. En este trabajo no se encontró ningún ejemplar con la cavidad pulpar completamente cerrada. Mas aún, los dientes del ejemplar más viejo (RNP 719, de 13 años) poseen la cavidad pulpar aún ligeramente abierta. En consecuencia, la baja edad máxima encontrada no se debería a problemas relacionados a la oclusión del canal pulpar. No obstante y nuevamente, cabe mencionar que esto podría también deberse al pequeño tamaño muestral.

ESQUELETO

El cambio de forma del cuerpo vertebral de cilíndrico a rectangular que se produce entre las vértebras caudales número 20 a 23, coincide con lo encontrado por Watson (1991) para el delfín nariz de botella, *Tursiops truncatus*. En esta última especie el cambio se produce alrededor de la vértebra caudal número 20 y las vértebras posteriores a ese cambio se encuentran dentro del pedúnculo caudal. *T. truncatus* presenta aproximadamente entre 27 y 31 vértebras caudales (cantidad similar a *L. australis*). Watson denomina a las dos o tres vértebras que abarcan la zona de cambio como "unidad bisagra de la aleta caudal" (fluke hinge unit), dado que en esa región ocurre la mayor parte de la flexión dorsoventral. Señala también que las vértebras posteriores a la zona de cambio se encuentran dentro del pedúnculo caudal.

La ausencia de ejemplares con los procesos laterales no fusionados a los centros vertebrales (salvo el RNP 1958) sugiere que esta fusión ocurría antes del nacimiento. Lo mismo fue determinado para la marsopa sin aleta (*Neophocaena phocaenoides*) por Yoshida *et al.* (1994), que observó que en todos los ejemplares de 0,5 años y mayores los procesos laterales y los centros vertebrales se encuentran fusionados.

La variedad en los grados de osificación de las espinas neurales a los centros de las vértebras encontrada en los ejemplares de cero años, y la completa fusión encontrada en todos los ejemplares mayores a esa edad, indicarían que esa fusión se completa antes del año. Esto coincide con lo determinado para *N. phocaenoides* por Yoshida *et al.* (1994), donde todos los especímenes de un año o mayores poseen los arcos neurales fusionados a los centros vertebrales. Esta fusión progresaría desde las vértebras cervicales hacia la parte posterior y desde las últimas vértebras torácicas hacia la parte anterior del animal, encontrándose en el sector de las primeras vértebras torácicas.

La variación en el número de costillas vertebrales y esternales (13 a 14 y 7 a 8 respectivamente) probablemente se deba a que las costillas flotantes se hayan perdido en el pro-

ceso de recuperación del esqueleto o en la playa misma, más que a variación entre individuos. Es por eso que se proponen los números máximos registrados, es decir 14 costillas vertebrales y 8 costillas esternales.

Los huesos pélvicos son uno de los componentes del esqueleto más difíciles de recuperar. Se encuentran inmersos en la masa muscular del animal, a la altura del final de la región lumbar y próximos a la apertura genital. Los ejemplares muertos suelen encontrarse en las playas, de costado y con el vientre expuesto. Los animales que carroñean sobre ellos (aves, zorros, etc.) lo hacen en primera instancia en la zona ventral, donde se encuentra la mayoría de los órganos. Es por esto que muchas veces los huesos pélvicos son arrancados junto con los músculos en los que se encuentran insertos y se pierden. El bajo número de huesos pélvicos disponibles, por las razones mencionadas, hace que no haya podido determinarse estadísticamente la existencia de dimorfismo sexual, a pesar de haberse observado empíricamente en este trabajo y por otros autores en otras especies: en el género *Stenella* (Perrin, 1975; Ito y Miyazaki, 1990), en el dugong, *Dugong dugong* (Domning, 1991) y en la ballena minke, *Balaenoptera acutorostrata*, (Omura, 1980).

El patrón de fusión del esternón procedería, en forma progresiva, desde el manubrio a las piezas óseas inferiores, avanzando conforme la edad del animal. No se puede asegurar la razón por la que no se encontró en la mayoría de los casos la cuarta pieza ósea del esternón. Esto podría deberse a variación individual, sexual, o a que debido a su pequeño tamaño esta se pierde fácilmente luego de muertos los animales.

No se puede proponer con claridad el patrón de fusión del hueso basihial con los tirohiales dado que en muchos de los especímenes estudiados no se contó con los huesos hioideos. Incluso en algunos ejemplares en los que los huesos hioideos están no pudo determinarse la edad de dicho animal por no contar con sus dientes. Se sabe que para *Stenella coeruleoalba* la fusión completa coincide con el arribo a la madurez física (Ito y Miyazaki, 1990). En *L. australis* la fusión del hueso basihial con los tirohiales ocurre entre los cinco y siete años de edad. El hueso basihial y los tirohiales se fusionan a los dos años de edad en *P. Phocoena* (Stuart y Morejohn, 1980), a los cinco años de edad en *S. attenuata* (Perrin, 1975) y entre los 0,5 y 3 años de edad en *N. phocaenoides* (Yoshida *et al.*, 1994).

MADUREZ FÍSICA

En base a este trabajo los individuos alcanzan la longitud total definitiva antes de completar la fusión de las epífisis a las vértebras.

Cabe mencionar que el criterio de asignación de los ejemplares a la clases de madurez física (MF) puede estar sujeto al observador, haciéndolo susceptible a errores en la asignación de las clases. En la Fig. 7 se observa una nube de puntos para la clase de madurez física asignada como dos, que corresponde a ejemplares de edades muy diferentes, y

que no se resuelve claramente utilizando este criterio de determinación de la madurez física. La gran cantidad de ejemplares en la clase dos puede deberse a la sensibilidad del criterio a la subjetividad del observador mencionada. Si en la Fig. 8 se descarta el ejemplar de siete años, parecería que la fusión relativa (FR) oscila entre el 30 al 40 % hasta después de los seis años y luego asciende abruptamente. Esto también se observa en la Fig. 9.

Como caso especial cabe mencionar que el ejemplar RNP 836 presenta un patrón de fusión de las epífisis a los centros de las vértebras y un estado de madurez física no acorde con la edad determinada de siete años. Podría pensarse que la determinación de la edad en este ejemplar no fue correcta y que se trata en realidad de un animal de mayor edad. Sin embargo, la inspección visual de su esqueleto evidencia sobrecrecimiento en el canal neural de vértebras de la región torácica y anomalías en la orientación de los procesos transversos de vértebras del sector caudal, lo que revela que no se trataría de un ejemplar normal. Estas irregularidades podrían estar relacionadas con la alteración del patrón de fusión de las epífisis a las vértebras, o con la alteración de los ritmos de crecimiento general del animal, afectando en ese caso también al patrón de deposición de dentina en los dientes. Las particularidades anteriormente mencionadas hacen que no pueda explicarse con certeza la causa de la desviación del patrón observada en ese ejemplar y conducirían a declarar al ejemplar RNP 836 anormal o atípico.

La presencia de ejemplares con algunas de las epífisis fusionadas solo en el centro, sugiere que la fusión vertebral progresaría desde el centro hacia la periferia. Este patrón difiere de lo encontrado para *N. phocaenoides* por Yoshida *et al.* (1994), donde la fusión ocurre desde la periferia hacia el centro. En *B. acutorostrata*, la fusión ocurre en la cara completa del centro vertebral (Kato, 1988).

El grado de fusión relativa está significativamente correlacionado con la edad de los ejemplares de delfín austral, por lo que en principio podría utilizarse como primera aproximación en la determinación de la edad de los individuos de esta especie para aquellos casos en los que se hallan en las playas solo columnas vertebrales. Sin embargo la dispersión de los datos observados restringe la inferencia de la edad de un individuo a partir de la información sobre grado de fusión relativa. Esta superposición de los rangos de edades en los valores de fusión relativa podría ser producto del bajo número de individuos utilizados para este análisis. Otro hecho que cabe mencionar es que la muestra utilizada en este trabajo no se encuentra uniformemente distribuida en cuanto a la edad ni sexo de sus ejemplares. La mayoría de los datos corresponden a ejemplares entre los dos y seis años y de sexo femenino.

CRECIMIENTO

La longitud total máxima determinada en este trabajo para esta especie es de 205 cm para un ejemplar macho. Trabajos realizados en especies relacionadas indican un valor asintótico mayor en machos que en hembras para *L. obliquidens* (Ferrero y Walker, 1996; Heise, 1997), concordando con lo encontrado en este trabajo. No obstante no se pudo determinar dimorfismo sexual en el largo total dado que la cantidad de ejemplares disponibles de sexo conocido es muy baja, y que además los dos sexos no están igualmente representados en la muestra.

Las variables morfométricas externas muestran un incremento a lo largo de la vida del animal, salvo las relativas al largo y ancho del espiráculo. En consecuencia los requerimientos de esta especie relacionados al tamaño del espiráculo no varían con la edad. El espiráculo está intimamente relacionado con el mecanismo de la respiración, por lo que resultaría muy importante que se encuentre completamente desarrollado desde el nacimiento del individuo.

Las variables craneales analizadas muestran un incremento con la edad de los individuos, salvo en los casos de las variables longitud de la bula timpanoperiótica y longitud del hueso periótico. Estas variables, que están relacionadas al aparato auditivo, no mostraron un incremento de su valor con respecto a la edad del animal entre los 0 y 13 años de edad. Los requerimientos del medio en el que viven los mamíferos marinos determinan que el sentido del oído sea fundamental para su desenvolvimiento, lo que concuerda con el alto grado de desarrollo de los huesos de oído de *L. australis* encontrado en este trabajo.

La mayoría de las variables morfométricas postcraneales analizadas también mostraron un aumento significativo a medida que el animal crece.

Dos de las tres variables relativas al atlas no mostraron incremento en su valor con la edad del animal. Solo se observó un aumento en el ancho de sus procesos laterales.

El ancho del manubrio del esternón no mostró un incremento significativo con la edad. No obstante se observa que ejemplares de mayor edad poseen manubrio más ancho. Las variables correspondientes a los miembros, que fueron tomadas en el húmero, el radio y la ulna, tampoco presentan un incremento en su valor a lo largo de la vida del animal. En ambos casos, la cantidad de datos disponibles es baja y a su vez estos presentan una gran dispersión, por lo que la ausencia de un patrón de variación podría estar relacionada con el pequeño tamaño muestral.

En general se logró el mejor ajuste de las variables morfométricas analizadas a los modelos de crecimiento de von Bertalanffy y de Laird-Gompertz, ampliamente utilizados para describir el crecimiento en otras especies de cetáceos (Kasuya y Brownell, 1979; Stuart y Morejohn, 1980; Shirakihara *et al.*, 1993; Yoshida *et al.*, 1994; Ferrero y Walker, 1996; Iwasaki y Kasuya, 1997; Heise, 1997). Aún en los casos en los que el mejor ajuste se logró con el modelo

de Laird-Gompertz, se obtuvo un buen ajuste con los demás modelos, salvo con el de Gompertz, en el que ajuste no siempre fue bueno. En función de los resultados del presente trabajo se establece los modelos de von Bertalanffy y Laird-Gompertz como los más apropiados para describir el crecimiento del esqueleto del delfín austral para todas las variables morfométricas estudiadas salvo para el ancho de la aleta caudal, la longitud de la costilla vertebral más larga y la longitud de la ulna en los que se opta por el modelo de Gompertz.

Al igual que con la longitud total no pudo determinarse dimorfismo sexual en los patrones de crecimiento de ninguna de las demás variables estudiadas, debido al pequeño tamaño de la muestra de sexo conocido y a que los sexos no se encuentran igualmente representados.

Los resultados obtenidos indican que el crecimiento en el delfín austral es de tipo alométrico. En Ferrero y Walker (1996) no se citan los valores obtenidos para el modelo de crecimiento de Laird-Gompertz aplicado en *L. obliquidens*, por lo que no puede realizarse una comparación con *L. australis*. Heise (1997) ajustó para *L. obliquidens* el modelo clásico de von Betalanffy para la longitud total (LT), obteniendo valores de los parámetros L_{inf} , K y t_0 de 191,41, 0,461 y 1,75, mientras que los valores determinados para *L. australis* fueron 205, 0,274 y 3,397 respectivamente. Esto indicaría que las curvas de crecimiento para ambas especies son similares. La longitud asintótica se alcanzaría entre los 196 y 205 cm en *L. australis*, mientras que para *L. obliquidens* esta estaría entre los 186 y 191 cm (Heise, 1997). Sólo se pueden hacer comparaciones en relación a LT, debido a que en dichos trabajos no se estudió la variación de otras variables morfométricas, como las estudiadas en este trabajo para *L. australis*.

Los animales alcanzan el largo total asintótico determinado con menos del 30 % de la columna vertebral fusionada (Fig 13).

Como ya fue mencionado anteriormente, en las playas inspeccionadas se encuentra generalmente solo parte del esqueleto del delfín austral. Por ello muchas veces no se puede establecer la edad del ejemplar en forma directa (por medio de sus dientes). Una de las partes que suele encontrarse más conservada es el cráneo, generalmente ya sin dientes y sin la mandíbula inferior. Aún así todavía pueden determinarse algunas de las variables tratadas en el presente. Los resultados del análisis de correlación entre estas variables y la longitud total indican el índice de correlación más alto para el ancho del cráneo a la altura de la arcada zigomática (ZYG). Esta medida sería entonces la más apropiada para inferir la longitud total del animal, utilizando la fórmula $ZYG = 90,232 + 0,55144 * LT$, producto del mismo análisis (con un intervalo de confianza del 95%) (Fig 14).

Esto es de gran utilidad, porque una vez inferida la longitud total del ejemplar puede establecerse su edad, y utilizar la relación entre esta última y las demás variables morfométricas establecidas en este mismo trabajo. Esto permitirá trabajar a posteriori con los esqueletos que son hallados en malas condiciones de conservación o incompletos.

IMPlicancias poblacionales de la estructura de edad determinada

En términos generales, el registro de la edad a la muerte de una muestra de individuos de una población constituye un método indirecto para obtener los datos de mortalidad que permiten construir una tabla de vida. Generalmente las curvas de mortalidad muestran una alta frecuencia de animales juveniles seguida por una fase caracterizada por una frecuencia inicialmente baja pero de aumento constante hacia las clases de mayor edad (Caughley, 1965). La estructura etárea de *L. australis* refleja la composición de edades de los individuos que son hallados muertos en las costas de Tierra del Fuego (Fig. 3). Sin embargo, para que la utilización de esa muestra para la obtención de los datos de mortalidad de la población fuera válida, se deberían conocer las causas de la muerte de los individuos. Se sabe que esta especie sufre mortalidad incidental en las redes de pesca artesanal situadas a lo largo de las costas de su rango de distribución, pero esta influencia no está cuantificada. Debido a esto no puede diferenciarse si la causa de la muerte de los ejemplares de esta muestra (salvo los arponeados) influye en la tasa de mortalidad de *L. australis* y mucho menos si es selectiva en cuanto a las clases de edad.

La estructura de edades de los ejemplares arponeados presenta un rango de edades similar a la de los hallados muertos en la costa, exceptuando la presencia en la primera de dos ejemplares de 12 y 13 años de edad y la ausencia de neonatos. La ausencia de neonatos puede explicarse por la caza selectiva para su utilización como carnada, por lo que las clases más pequeñas no fueron cazadas.

A pesar del pequeño tamaño de la muestra a partir de la cual se obtuvo esta estructura de edades, pueden aventurarse lo siguiente:

La estructura de edades presenta mayor cantidad de individuos en clases juveniles. La forma de esta distribución es similar a la curva de supervivencia en "L" clásica. No se asemeja a la curva de mortalidad en forma de "U" porque carece de mayor cantidad de ejemplares de alta edad. Esto podría explicarse por una segregación etárea por la cual los animales de mayor edad se encontrarían en zonas más alejadas de la costa. Sin embargo, esto se contradice con la presencia de neonatos, lo que implica que estos cachorros deberían estar acompañados por sus madres. No se descarta que si estos individuos fueran muertos en operaciones de pesca artesanal los animales mayores y más experimentados podrían evitar las redes de pesca, o de modo complementario, que esos cachorros correspondan a madres relativamente jóvenes.

La estructura de edades del delfín austral en Tierra del Fuego podría estar sesgada por la existencia de diferentes rasgos comportamentales entre machos y hembras. En el caso de *L. australis* no está claro a la fecha que factor determinaría una mayor presencia de hembras y juveniles en las aguas costeras de Tierra del Fuego.

CONCLUSIONES

Con respecto a la primera hipótesis postulada en el trabajo, se demostró para el delfín austral (*Lagenorhynchus australis*) la existencia de una relación entre el estado de madurez física, la edad cronológica y determinadas variables morfométricas.

La madurez física, determinada según el criterio históricamente utilizado, se correlaciona con la edad cronológica de los individuos. Esto mismo ocurre con el grado de fusión de las epífisis a los centros de las vértebras.

El valor de las variables morfométricas analizadas se incrementa conforme la edad, salvo en algunas excepciones.

En cuanto a la determinación de la edad, la técnica de descalcificación, corte con micrótomo y tinción con Hematoxilina resultó la más adecuada para evidenciar las estructuras de crecimiento presentes en los dientes.

Con relación a la segunda hipótesis, el crecimiento en esta especie es de tipo alométrico. El modelo de crecimiento de Laird-Gompertz es el más adecuado para describir el crecimiento en la mayoría de las variables morfométricas. Sin embargo, el modelo clásico de von Bertalanffy resulta también adecuado.

Se propone al ancho zigomático como la variable craneométrica más adecuada para inferir el largo total del individuo en los casos en los que sólo parte del esqueleto se encuentra en las playas.

Tabla 1
Especímenes de delfín austral, *Lagenorhynchus australis*, utilizados en el presente trabajo.

* especímenes muertos por arpón; H: hembra, M: macho; A: Argentina, CH: Chile, TF: Tierra del Fuego, BSS: Bahía San Sebastián; PP: Península Páramo, CES: Cabo Espíritu Santo; N:Norte, S: Sur, E: Este, O: Oeste.

Colección	Número	Sexo	Fecha de Colección	Localidad	Longitud Total (cm)
RNP	179	-	27/12/75	A, TF, Ea. Moat	-
RNP	269	-	28/01/76	A, TF, BSS, km 2,5	172
RNP	287	-	13/02/76	A, TF, BSS, km 17,5	-
RNP	291	-	13/02/76	A, TF, BSS, km 13	-
RNP	418	-	15/02/77	A, TF, PP, km 55	-
RNP	423	-	15/02/77	A, TF, PP, km 55/60	-
RNP	427	-	16/02/77	A, TF, Cabo Peñas, km 4 S	-
RNP	649	H	28/01/78	A, TF, PP, km 56	170,6
RNP	713	-	02/06/78	CH, TF, Porvenir, Faro Pta. Palo, 12 km N	-
RNP	716	H	09/08/78	A, TF, Ba. Sloggett	190
* RNP	717	H	09/08/78	A, TF, Ba. Sloggett	176
* RNP	718	H	09/08/78	A, TF, Ba. Sloggett	196
* RNP	719	H	09/08/78	A, TF, Ba. Sloggett	199
* RNP	720	H	09/08/78	A, TF, Ba. Sloggett	182,5
* RNP	721	M	09/08/78	A, TF, Ba. Sloggett	205
* RNP	722	-	09/08/78	A, TF, Ba. Sloggett	176
RNP	753	H	29/11/79	A, TF, BSS, km 0,5	193
RNP	761	-	16/12/79	A, TF, BSS, km 0,5	-
RNP	777	-	18/02/80	A, TF, Ea. Sara, Puesto 17 N	-
RNP	783	-	21/02/80	A, TF, Ea. Fueguina, C. Irigoyen N	-
RNP	836	-	23/10/80	A, TF, BSS, km 1,9	190
RNP	889	-	25/04/81	A, TF, R. Grande, La Misión S	-
RNP	920	-	10/11/81	A, TF, Ba. Valentín	-
RNP	1096	-	15/12/83	A, TF, Ea. Sara, Puesto 17 N	-
RNP	1149	-	30/05/84	A, TF, Ea. Sara, Puesto 17, 5 km S	-
RNP	1164	H	27/12/84	A, TF, Río Lainez, 1 km S	163
RNP	1184	-	07/06/85	A, TF, Ea. Sara, Puesto 17 3km N	-
RNP	1257	-	07/04/86	A, Sta. Cruz, C. Buen Tiempo N	-
RNP	1270	-	19/05/86	A, TF, I. de los Estados, Ba. Crossley S	-
RNP	1306	M	01/11/86	A, TF, Paso de las Cholgas S	-
RNP	1475	H	6/12/89	A, TF, CES S	196
RNP	1476	M	6/12/89	A, TF, CES S	159
RNP	1752	H	14/02/94	A, TF, Ea. Moat	130
RNP	1753	M	14/02/94	A, TF, Ea. Moat, Río Moat 1 km O	138
RNP	1760	M	22/02/94	A, TF, PP W, km 55	187
RNP	1855	-	25/02/95	A, TF, PP NW	172
RNP	1958	H	21/01/96	A, TF, BSS km 6-7	98
RNP	2024	H	27/11/97	A, TF, Ea. Sara	172

Colección	Número	Sexo	Fecha de Colección	Localidad	Longitud Total (cm)	
MACN	28.170	-	10/08/28	A, Buenos Aires, Miramar	-	
IPPA	0530	-	/06/77	CH, E. de Magallanes, Pta. Arenas	-	
IPPA	0531	-	18/11/77	CH, Ba. Porvenir, Pta. Palo, 12 km N	-	
IPPA	0532	-	27/05/81	CH, Magallanes, Seno Otway	-	
IPPA	0533	-	06/08/81	CH, Magallanes, San Isidro	-	
IPPA	0534	-	19/01/82	CH, Magallanes, I. Gravy	-	
IPPA	s/n	-	-	(armándose)	-	
BMNH	11.30.1	-	27/06/96	A, I. Malvinas, Caleta Rodney	-	
BMNH	1992.82	H	27/06/96	A, I. Malvinas, Caleta Rodney	-	
*	USNM	395.344	H	19/11/68	CH, I. Colocla	210
*	USNM	395.345	H	24/11/68	CH, Islote Entrada, Canal Oeste	187
*	USNM	395.346	H	26/11/68	CH, entre I. Sommer e I. Larga	142
*	USNM	395.347	H	29/11/68	CH, TF, Canal Cockburn	203
*	USNM	395.348	H	01/12/68	CH, TF, I. Navarino, Caleta Wulaia	178
*	USNM	395.349	H	10/12/68	CH, TF, I. Navarino, Caleta Wulaia	201
*	USNM	395.350	M	05/12/68	CH, TF, entre I. M. Edwards e I. Pacha	203
*	USNM	395.351	M	05/12/68	CH, TF, I. Navarino, Ba. Tekenika	170

Tabla 2
Variables morfométricas registradas para *Lagenorynchus australis*. Descripción y abreviaciones utilizadas en este trabajo.

VARIABLES MORFOMÉTRICAS EXTERNAS

ACA	Ancho de la aleta caudal.
AES	Ancho del espiráculo.
APE	Ancho máximo de la aleta pectoral.
LES	Largo del espiráculo.
LHB	Longitud desde el hocico a la comisura de la boca.
LHD	Longitud desde el hocico a la inserción anterior de la aleta dorsal.
LHE	Longitud desde el hocico al centro del espiráculo.
LHO	Longitud desde el hocico al centro del ojo.
LHP	Longitud desde el hocico a la inserción anterior de la aleta pectoral.
LPC	Longitud de la aleta pectoral.
LT	Longitud total.

VARIABLES MORFOMÉTRICAS ÓSEAS

AAT	Altura del atlas, desde el extremo apical del canal neural hasta la base del centro del atlas.
ABA	Ancho máximo del hueso basihial
ALE	Altura de la escápula.
ALL	Altura de la primera vértebra lumbar.
ALT	Altura de la primera vértebra torácica, desde el extremo apical del canal neural hasta la base del centro.
AMA	Ancho máximo del manubrio.
AMI	Altura de la mandíbula inferior izquierda a la altura de la base.
ANE	Ancho de la escápula.
ANH	Ancho máximo del húmero.
ANL	Ancho de la primera vértebra lumbar.
ANT	Ancho máximo de la primera vértebra torácica, entre ambos procesos laterales.
ARO	Ancho de la base del rostro.
ASA	Ancho máximo de la superficie de articulación del atlas con los cóndilos occipitales.
AVA	Ancho de la vértebra más ancha.
LBA	Longitud del hueso basihial a lo largo de la línea media.
LBT	Longitud máxima de la bula timpanoperiótica izquierda.
LCB	Longitud condilobasal.
LCE	Longitud del centro de la primera vértebra lumbar, con epífisis.
LCH	Longitud del arco hemal (<i>chevron</i>) más largo.
LCL	Longitud de la costilla vertebral más larga.
LCO	Longitud de la primera costilla vertebral.
LEA	Longitud de la espina dorsal del atlas.
LEC	Longitud total del esqueleto con cráneo.
LEL	Longitud de la espina dorsal de la primera vértebra lumbar.
LET	Longitud de la espina dorsal de la primera vértebra torácica.
LHP	Longitud máxima del hueso periótico izquierdo.
LHU	Longitud máxima del húmero.
LLA	Longitud del proceso lateral del atlas, desde el borde de la superficie de articulación al punto más lejano.
LLI	Longitud de la línea inferior de dientes.
LLS	Longitud de la línea superior de dientes.
LMI	Longitud de la mandíbula inferior izquierda.
LPE	Longitud del hueso pélvico más largo.
LRA	Longitud máxima del radio.
LRO	Longitud del rostro.
LTI	Longitud máxima del hueso tirohial izquierdo.
LUL	Longitud máxima de la ulna.
ZYG	Ancho del cráneo a la altura de la arcada zigomática.

Tabla 3
Edad asignada a 20 ejemplares de delfín austral (*Lagenorhynchus australis*) de la colección de RNP,
mediante las técnicas de lijado al agua y de corte y tinción con Hematoxilina.
 A original, B duplicado, * línea de nacimiento ausente.

Identificación	Sexo	Desgaste con lija al agua		Corte y tinción		Asignación definitiva
		A	B	A	B	
RNP 1753	M	-	-	0	0	0
RNP 1476	M	2	-	3	-	3
RNP 1306	M	1	1/2	1	3	3
RNP 1760	M	5	3	4	5	5
RNP 721	M	>8	10	10	11	12
RNP 1958	H	0	-	0	0	0
RNP 1752	H	0	-	0	-	0
RNP 717	H	1	-	2	2	2
RNP 720	H	4	-	4	4	4
RNP 716	H	4	-	4	3	4
RNP 649	H	5	-	4	3	4
RNP 718	H	5	-	4	5	5
RNP 2024	H	4	-	>4	5	5
RNP 1475	H	>8	5	>8	10	10
RNP 753	H	>5	-	9	>10	11
RNP 719	H	>4/5	-	>11	13	13
RNP 761	-	1	-	0	0	0
RNP 269	-	3	-	3	3	3
RNP 1855	-	5/6	-	6	6	6
RNP 836	-	7	-	6/8	7	7
RNP 722	-	7/8	>5	9	9	8

Tabla 4
Parámetros estadísticos de las variables morfométricas de *L. australis*.

Variable	N	Media	Desvío Estándar	CV
AAT	32	57,48	3,14	5,47
ABA	9	38	5,29	13,92
ACA	7	42,81	10,58	24,72
AES	11	2,61	0,44	16,75
ALE	21	167,35	40,94	24,46
ALL	32	56,25	5,38	9,57
ALT	28	53,85	4,27	7,94
AMA	21	88,28	12,14	13,75
AMI	19	67,23	3,16	4,70
ANE	21	126,90	21,85	17,22
ANH	20	44,13	9,04	20,49
ANL	33	195,34	28,96	14,82
ANT	32	93,12	9,21	9,89
APE	6	8,93	1,79	20,14
ARO	33	100,65	9,66	9,60
ASA	32	86,08	5,66	6,57
AVA	27	202,09	35,19	17,41
LBA	11	34,18	5,22	15,27
LBT	19	31,23	1,13	3,63
LCB	40	359,15	16,47	4,58
LCE	23	23,34	3,99	17,13
LCH	30	46,53	10,08	21,66
LCL	25	284,8	44,54	15,64
LCO	27	138,55	14,93	10,77
LEA	31	48,30	6,35	13,14
LEC	18	157,35	21,48	13,65
LEL	31	83,87	16,76	19,99
LES	11	1,25	0,34	27,23
LET	30	31,35	6,31	20,14
LHB	12	18,56	4,42	23,79
LHD	10	77,99	6,29	8,08
LHE	12	23,42	2,42	10,34
LHO	10	22,88	3,84	16,78
LHP	2	36,2	6,79	18,75
LHP	19	29,5	1,28	4,33
LHU	20	67,35	5,59	8,31
LLA	30	28,83	8,51	29,52
LLI	2	152	11,31	7,44
LMI	27	290,37	16,26	5,60
LPC	5	26,52	3,58	13,52
LPE	16	60,53	18,38	30,36
LRA	21	78,67	10,57	13,44
LRO	32	171,75	7,43	4,32
LT	26	177,36	25,62	14,44
LTI	11	66	15,01	22,75
LUL	21	75,66	5,57	7,36
ZYG	31	194,64	11,36	5,83

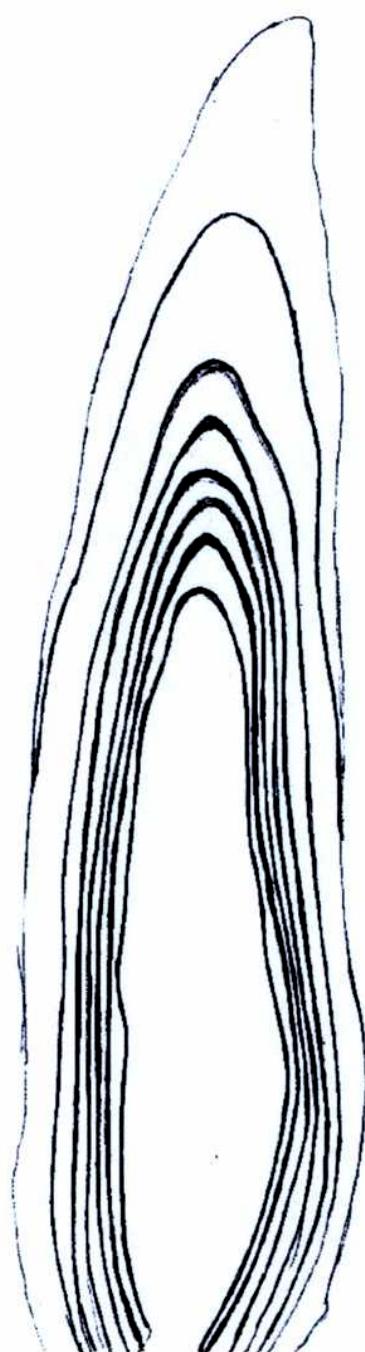


Figura 1
Esquema ilustrativo de un diente de *Lagenorhynchus australis*.

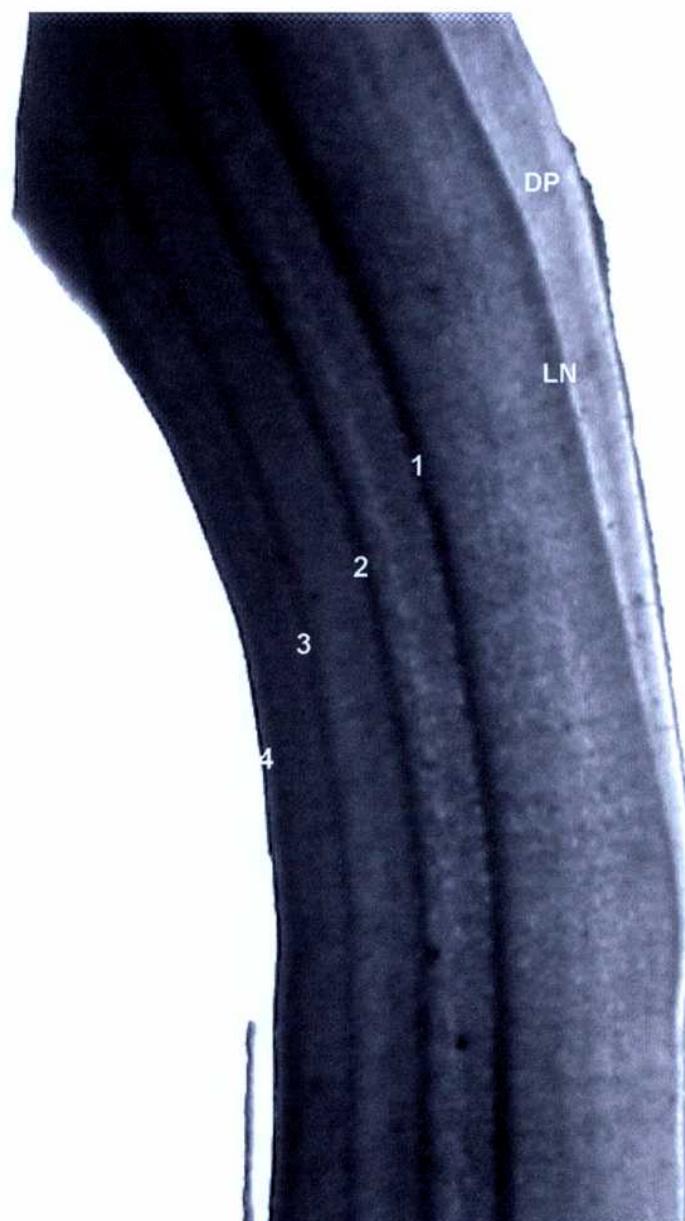


Figura 2
Sección de un diente de *L. australis* (RNP 649).
DP: dentina prenatal, LN: línea de nacimiento, 1 a 4: GLC.

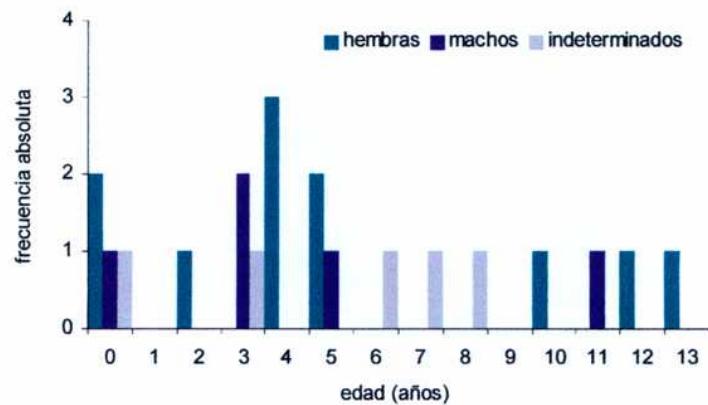


Figura 3
Distribución de edades de los ejemplares de *L. australis* utilizados en el trabajo.



Figura 4
Costillas de un ejemplar de *L. australis* (RNP 1760).

Figura 5
Huesos pélvicos de ejemplares de *L. australis*.



Figura 6
Estemón de ejemplares de *L. australis*.

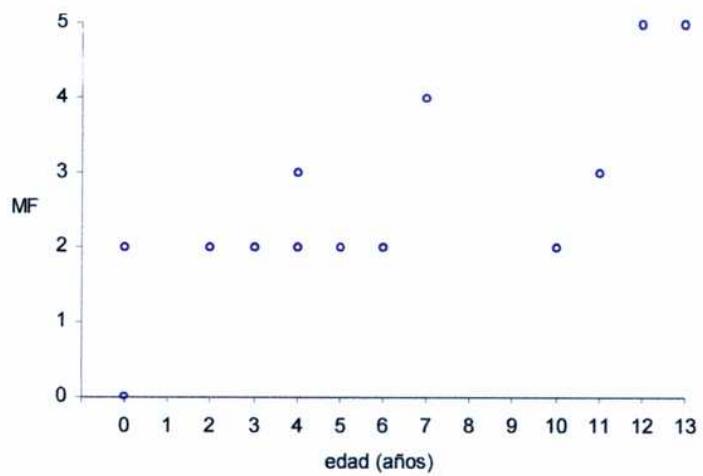


Figura 7

Madurez física (MF) en función de la edad en *L. australis*. Las clases de MF se describen en Materiales y Métodos.

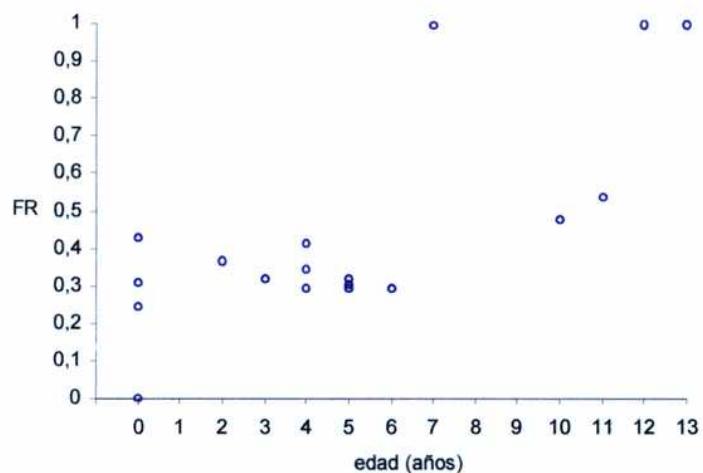


Figura 8

Grados de fusión relativa (FR) en función de la edad en *L. australis* (RNP 649). La relación FR se describe en Materiales y Métodos.

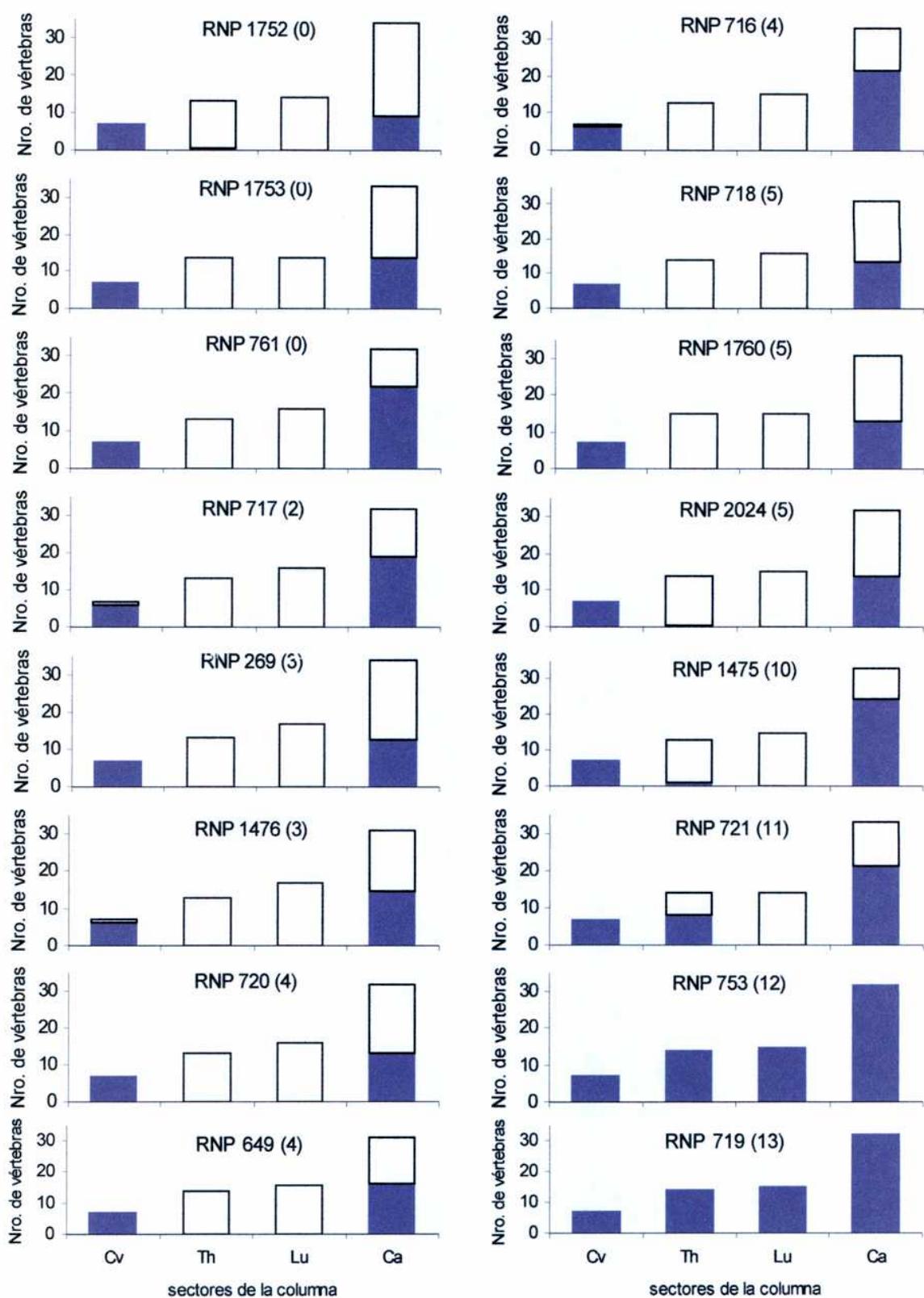


Figura 9
Patrón de fusión de las epífisis a los centros vertebrales en *L. australis*.
Cv: cervical, Th: torácico, Lu: lumbar, Ca: caudal.

■ epífisis fusionadas

□ epífisis sin fusionar

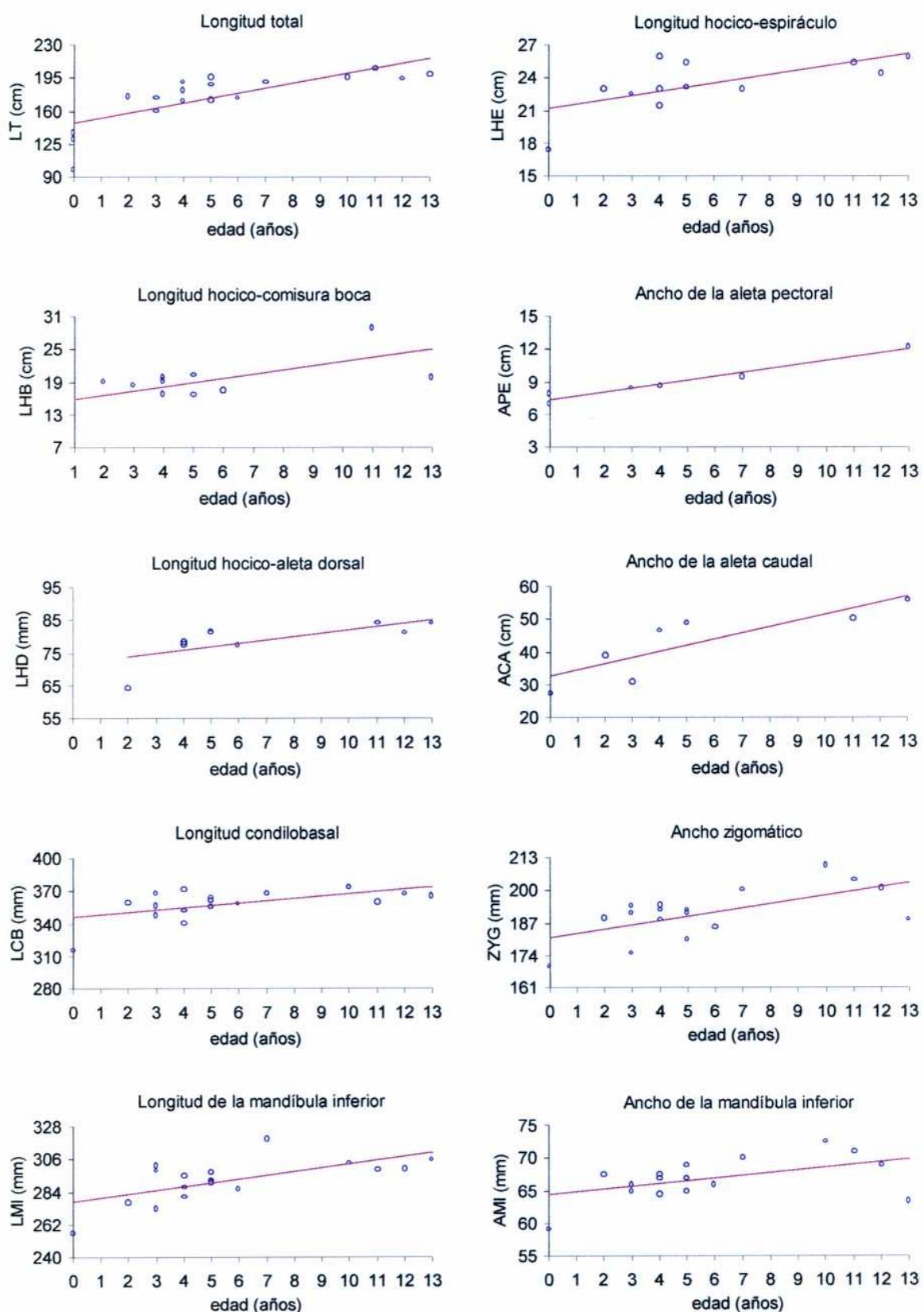


Figura 10

Regresión lineal entre las variables morfométricas y la edad en *L. australis*. Sólo se presentan aquellas en las que el análisis resultó significativo.

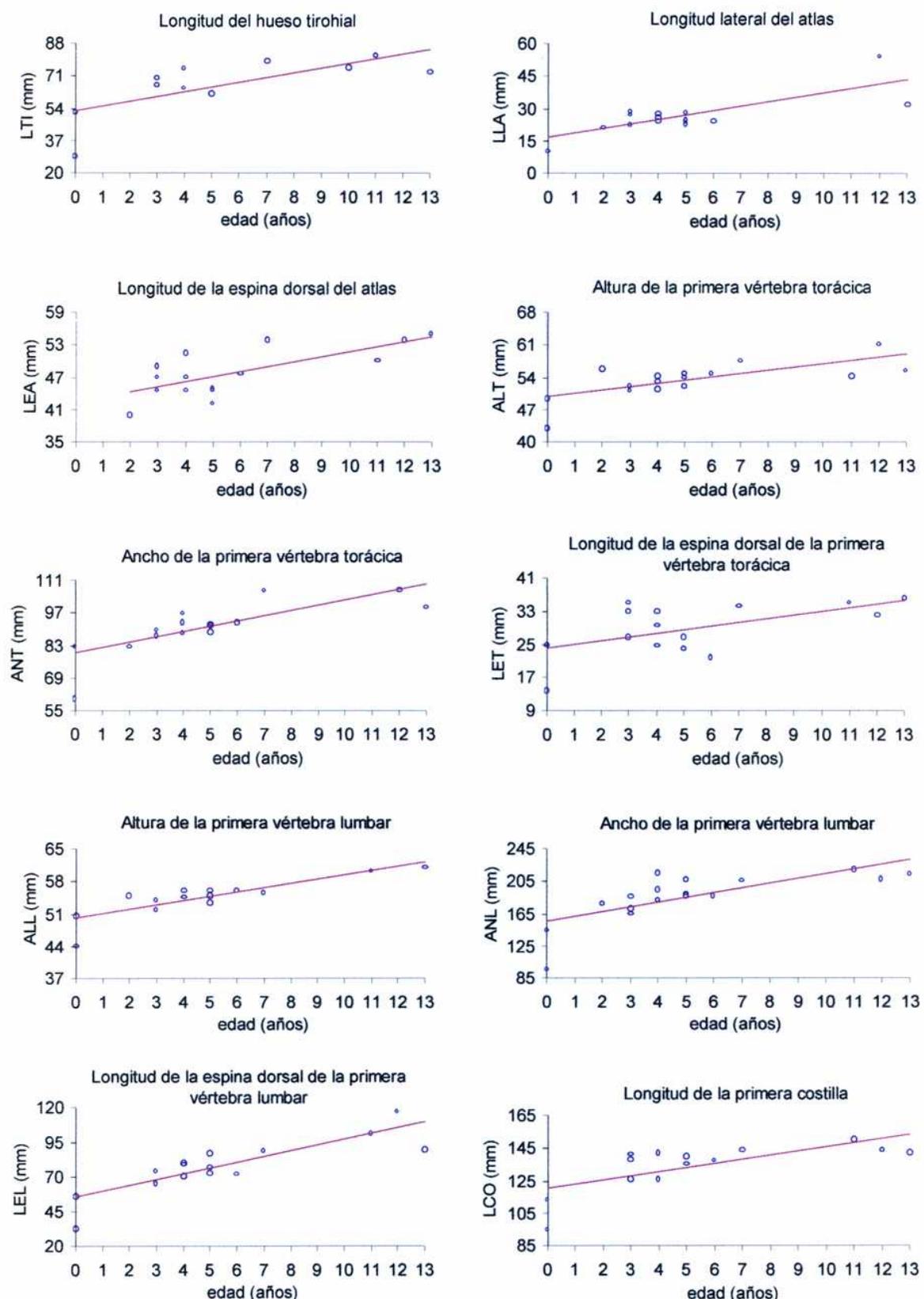


Figura 10 (cont.)

Regresión lineal entre las variables morfométricas y la edad en *L. australis*. Sólo se presentan aquellas en las que el análisis resultó significativo.

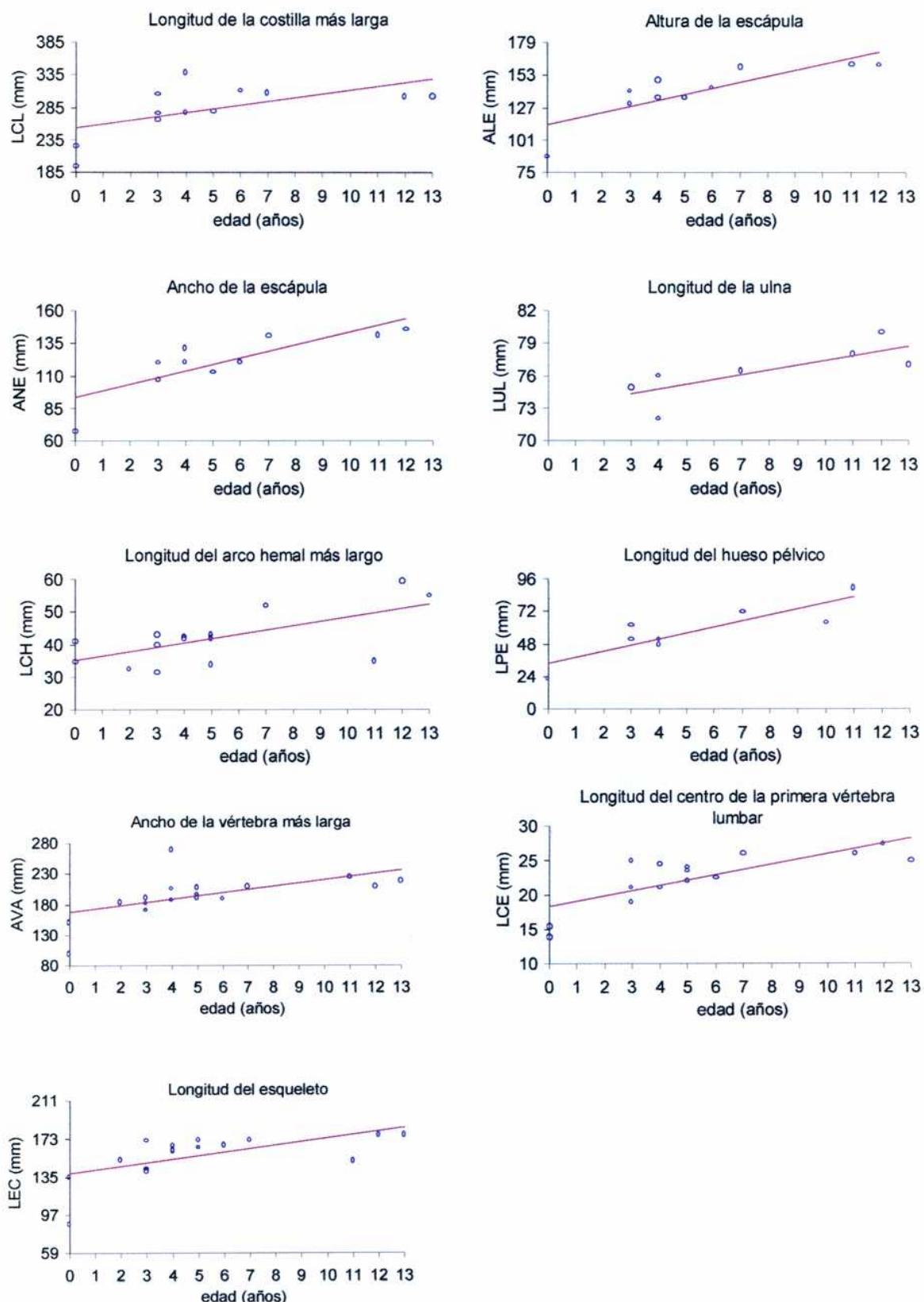


Figura 10
Regresión lineal entre las variables morfométricas y la edad en *L. australis*. Sólo se presentan aquellas en las que el análisis resultó significativo.

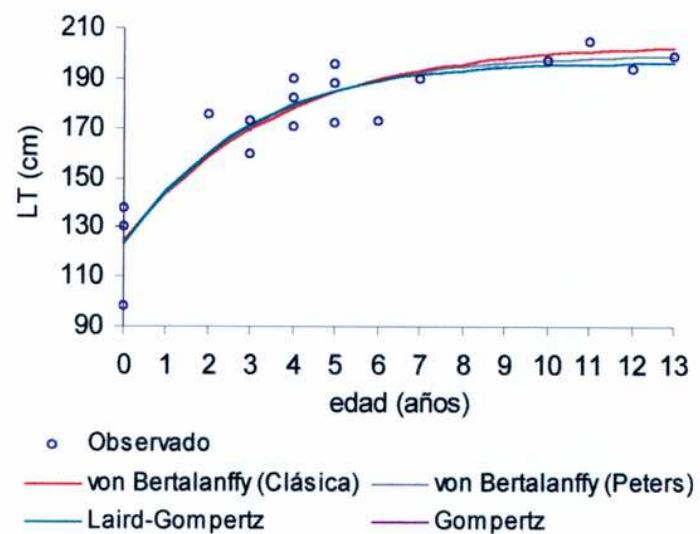


Figura 11
Modelos de crecimiento a los que se ajustó la longitud total (LT) en *L. australis*.

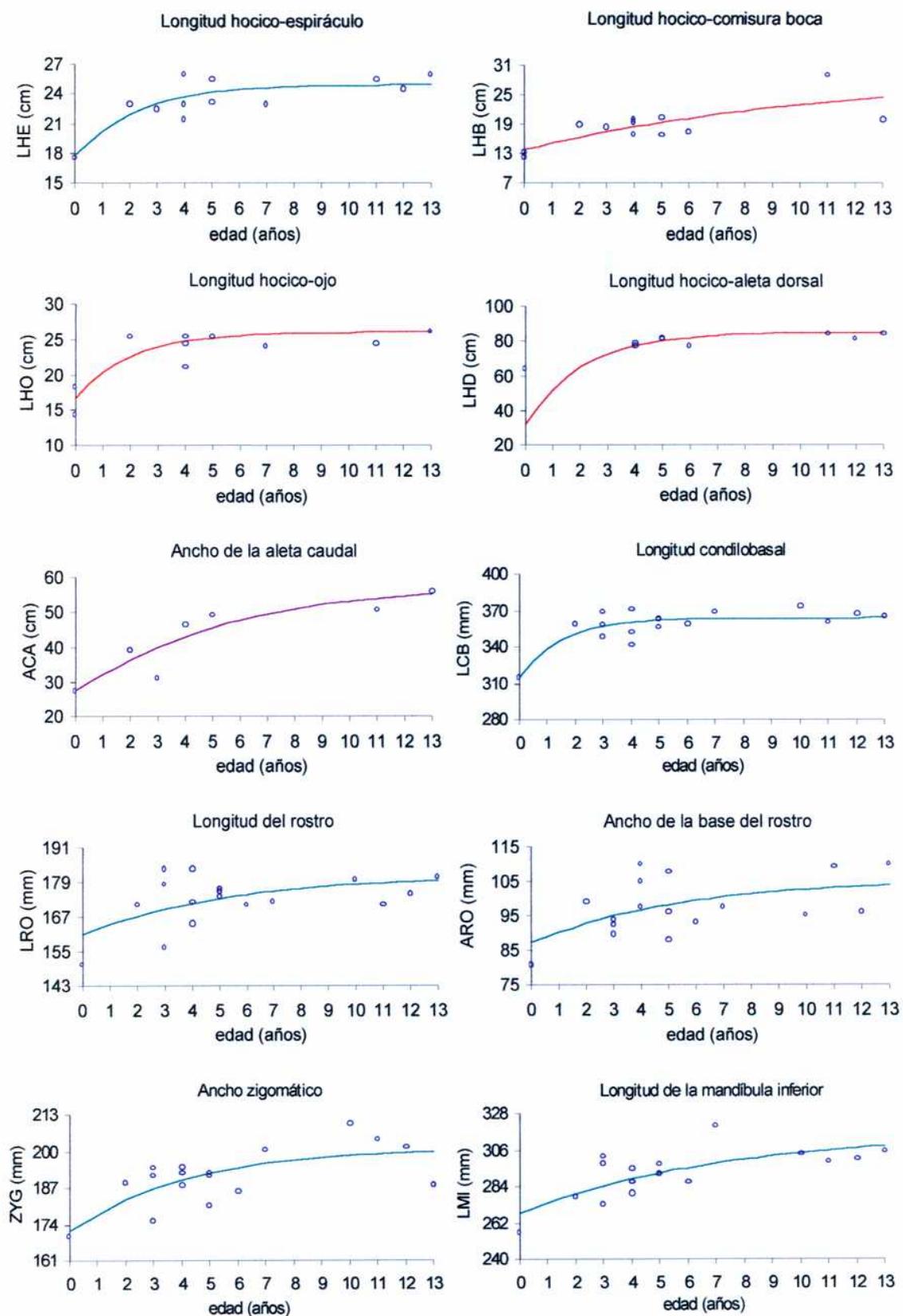


Figura 12
Modelos de crecimiento a los que se ajustaron las variables morfométricas en *L. australis*. Sólo se presenta aquél con el que se logró el mejor ajuste.

— von Bertalanffy
(Clásica) — Laird-Gompertz — Gompertz.

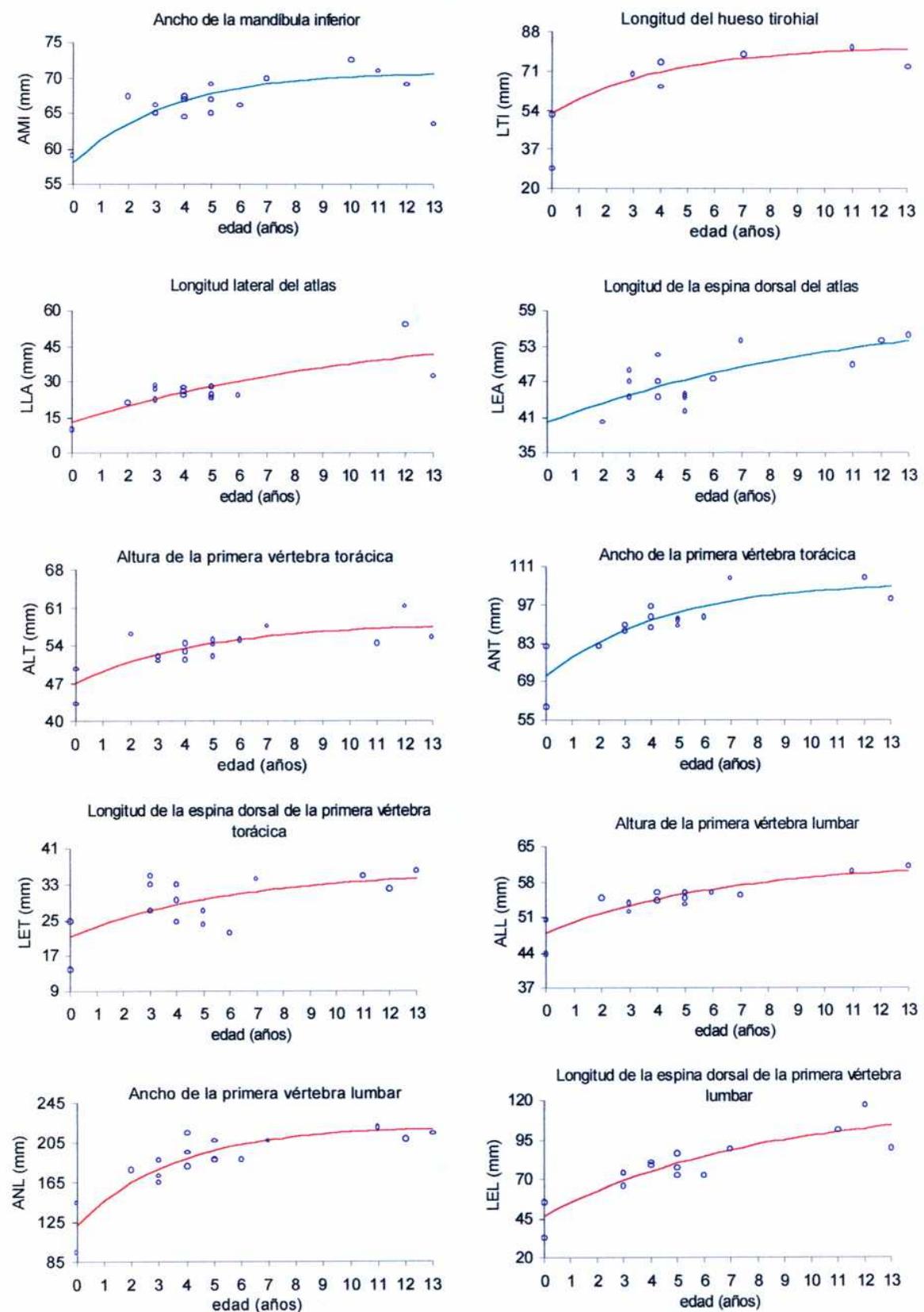


Figura 12 (Cont.)

Modelos de crecimiento a los que se ajustaron las variables morfométricas en *L. australis*. Sólo se presenta aquél con el que se logró el mejor ajuste.

— von Bertalanffy
(Clásica)

— Laird-Gompertz

— Gompertz.

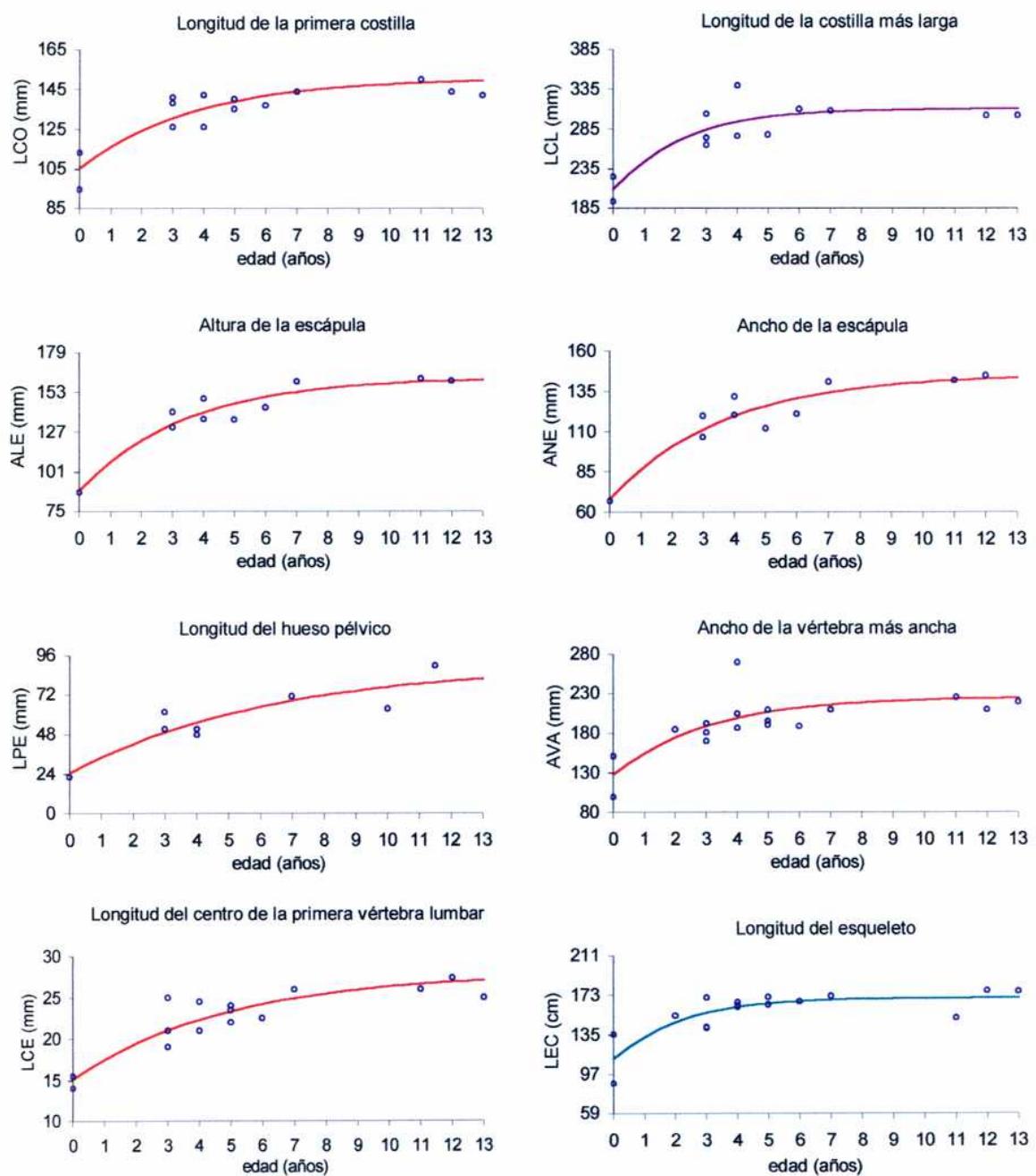


Figura 12 (Cont.)

Modelos de crecimiento a los que se ajustaron las variables morfométricas en *L. australis*. Sólo se presenta aquél con el que se logró el mejor ajuste.

— von Bertalanffy
(Clásica)

— Laird-Gompertz

— Gompertz.

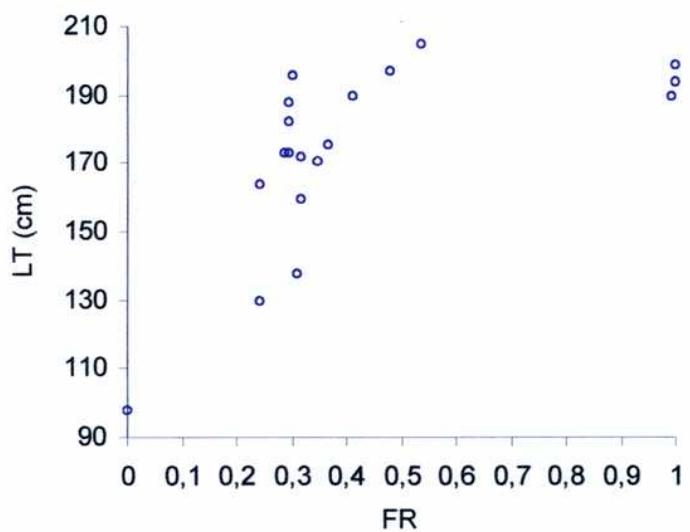


Figura 13
 Longitud total (LT) en función del grado de fusión relativa (FR) en *L. australis*. La relación FR se describe en Materiales y Métodos.

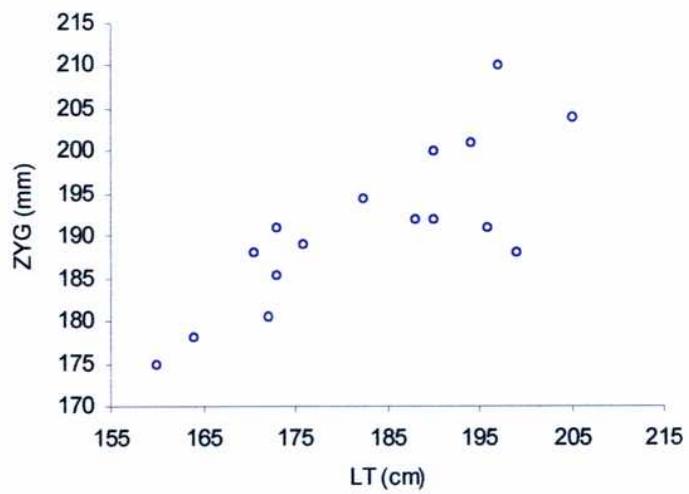


Figura 14
 Ancho zigomático (ZYG) en función de la longitud total (LT) para *L. australis*.

Tabla A1

Parámetros del análisis de regresión entre las variables morfométricas y la edad para *L. australis*. Se muestran los casos en los que el análisis que resultó significativo ($p < 0,05$).

Variable	N	a	b	r	p <
ACA	7	32,60	1,88	0,851	0,01510
ALE	10	113,52	4,85	0,820	0,00363
ALL	16	50,02	0,94	0,840	0,00005
ALT	17	49,71	0,71	0,703	0,00164
AMI	16	64,31	0,43	0,501	0,04757
ANE	10	92,59	5,11	0,821	0,00359
ANL	17	154,90	5,94	0,731	0,00084
ANT	16	79,42	2,31	0,765	0,00055
APE	6	7,32	0,35	0,981	0,00056
AVA	17	165,43	5,46	0,583	0,01389
LCB	17	346,13	2,07	0,552	0,02131
LCE	15	18,30	0,76	0,780	0,00059
LCH	16	35,22	1,31	0,640	0,00751
LCL	12	252,06	5,88	0,597	0,04034
LCO	14	119,86	2,55	0,706	0,00473
LEA	15	42,28	0,93	0,717	0,00261
LEC	16	138,79	3,45	0,604	0,01304
LEL	16	55,28	4,15	0,852	0,00003
LET	15	23,91	0,90	0,578	0,02378
LHB	12	14,65	0,79	0,728	0,01099
LHD	9	71,74	1,03	0,679	0,04414
LHE	12	21,12	0,39	0,665	0,01821
LLA	14	16,37	2,07	0,784	0,00089
LMI	17	277,35	2,52	0,638	0,00579
LPE	8	33,44	4,51	0,865	0,00549
LT	18	146,25	5,33	0,772	0,00017
LTI	11	52,44	2,48	0,715	0,01338
LUL	7	72,89	0,44	0,761	0,04689
ZYG	17	181,24	1,68	0,622	0,00755

Tabla A2

Parámetros de los modelos de crecimiento estimados para *L. australis* en el presente trabajo. Para cada variable se muestra sólo el modelo con el que se obtuvo mejor ajuste.

Variable	N	von Bertalanffy (Clásica)			CVE	Restricciones
		Linf	K	t		
ALE	10	163	0,292	-2,680	-36,50	Linf>=163
ALL	16	62,005	0,157	-9,447	-18,31	Linf>=62
ALT	17	58	0,222	-7,473	-28,09	Linf>=58
ANE	10	146	0,272	-2,324	-40,73	Linf>=146
ANL	17	221	0,282	-2,845	-88,35	Linf>=221
AVA	17	226	0,326	-2,547	-105,17	Linf>=226
LCE	15	28	0,205	-3,787	-14,44	Linf>=28
LCO	14	151	0,268	-4,459	-53,07	Linf>=151
LEL	16	117	0,129	-3,886	-63,64	Linf>=117
LET	15	36	0,164	-5,458	-46,34	Linf>=36
LHB	12	30	0,084	-7,283	-23,33	Linf>=30
LHD	9	85	0,481	0,463	-13,80	Linf>=85
LHO	10	26	0,497	-2,044	-12,55	Linf>=26
LLA	14	55,019	0,088	-3,036	-47,55	Linf>=55
LPE	8	90	0,159	-1,968	-33,61	Linf>=90
LTI	11	82	0,236	-4,339	-20,71	Linf>=82
Variable	N	Laird-Gompertz			CVE	Restricciones
		L ₀	a	alfa		
AMI	16	58	0,200	0,300	-29,02	L ₀ >=58
ANT	16	71,082	0,389	0,258	-53,08	L ₀ >=60
ARO	17	87,104	0,189	0,200	-65,19	L ₀ >=80
				alfa>=0,2		
LCB	17	315,059	0,143	0,688	-70,10	L ₀ >=315
LEA	15	40,022	0,387	0,113	-33,36	L ₀ >=40
LEC	16	11,974	0,421	-0,525	-79,37	L ₀ >=87
LHE	12	17,681	0,343	0,477	-5,85	L ₀ >=17
LMI	17	268,038	0,162	0,150	-77,17	L ₀ >=255
LRO	17	160,759	0,119	0,200	-67,56	L ₀ >=145
LT	18	123,47	0,467	0,404	-86,05	L ₀ >=98
ZYG	17	171,66	0,157	0,252	-65,78	L ₀ >=168
Variable	N	Gompertz			CVE	Restricciones
		A	c	μ		
ACA	7	57	-0,730	0,234	-20,13	A>=57
LCL	10	311	0,397	0,496	-70,98	A>=311

Autora: Claudia C. Boy



Dra. R. Natalie P. Goodall (Directora)



Dr. Adrián C.M. Schiavini (Codirector)



REFERENCIAS

- Addink, M., García Hartmann, M., Couperus, B. 1997. A note on life-history parameters of the Atlantic white-sided dolphin (*Lagenorhynchus acutus*) from animals bycaught in the Northeastern Atlantic. Reports of the International Whaling Commission. 47:637-639.
- Bryden, M.M. 1972. Growth and development of marine mammals. pp 2-78 en Harrison, R.J. (Ed): Functional anatomy of marine mammals. Academic Press Inc.
- Caughley, G. 1965. Mortality patterns in mammals. *Ecology*. 47 (6).
- Crespo, E.A., Schiavini, A.C.M., Pérez Macri, G., Reyes, L. y Dans, S. 1994. Estudios sobre determinación de edad en mamíferos marinos del Atlántico Sudoccidental. pp 31-55 en Oporto, J. (Ed): *Analés de la Cuarta Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Marinos de América del Sur*. Centro de Investigación y Manejo de Mamíferos Marinos, Valdivia, Chile.
- Domning, D.P. 1991. Sexual and ontogenetic variation in the pelvic bones of *Dugong dugong* (Sirenia). *Marine Mammal Science*. 7:311-316.
- Ferrero, R.C. y Walker, W.A. 1996. Age, growth, and reproductive patterns of the Pacific white-sided dolphin (*Lagenorhynchus obliquidens*) taken in high seas drift nets in the central North Pacific Ocean. *Canadian Journal of Zoology*. 74:1673-1687.
- Goodall, R.N.P. 1978. Report on the small cetaceans stranded on the coasts of Tierra del Fuego. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. 30:197-230.
- Goodall, R.N.P., Galeazzi, A.R., Leatherwood, S., Miller, K.W., Cameron, I.S., Kastelein, R.K. y Sobral, A.P. 1988. Studies of Commerson's dolphins, *Cephalorhynchus commersonii*, off Tierra del Fuego, 1976-1984, with a review of information on the species in the South Atlantic. *Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 9*. 3-70.
- Goodall, R.N.P., Schiavini, A.C.M. y Fermani, C. 1994. Net fisheries and net mortality of small cetaceans off Tierra del Fuego, Argentina. *Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 15*:295-304.
- Goodall, R.N.P. y Schiavini, A.C.M. 1995. On the biology of the spectacled porpoise, *Australophocaena dioptrica*. *Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 16*:411-473.
- Goodall, R.N.P., Norris, K.S., Schevill, W.E., Fraga, F., Praderi, R., Iñiguez, M.A. y de Haro, J.C. 1997. Review and update on the biology of Peale's dolphin, *Lagenorhynchus australis*. *Reports of the International Whaling Commission*. 47:777-796.
- Grue, H. y Jensen, B. 1979. Review of the formation of incremental lines in tooth cementum of terrestrial mammals. *Danish Review of Game Biology*. 11(3):1-48.
- Heise, K. 1997. Life history and population parameters of Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*). *Reports of the International Whaling Commission*. 47:817-825.
- Hohn, A.A. y Hammond, P.S. 1985. Early postnatal growth of the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the offshore eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin*. 83:553-566.
- Ito, H. y Miyazaki, N. 1990. Skeletal development of the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) in Japanese waters. *Journal of the Mammalogical Society of Japan*. 14:79-96.
- Iwasaki, T. y Kasuya, T. 1997. Life history and catch bias of Pacific white-sided (*Lagenorhynchus obliquidens*) and northern right whale dolphins (*Lissodelphis borealis*) incidentally taken by the Japan high seas squid driftnet fishery. *Reports of the International Whaling Commission*. 47:683-692.
- Johannessen, L.B. 1964. Effects of cortisone on dentinogenesis in mandibular first molars of albino rats. *Archives of Oral Biology*. 9:431-434.
- Kasuya, T. y Brownell, R.L. 1979. Age determination, reproduction, and growth of the Franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillii*. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. 31:45-67.
- Kato, H. 1988. Ossification patterns of the vertebral epiphyses in the southern minke whale. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. 39:11-19.

- Klevezal, G.A. 1980. Layers in the hard tissues of mammals as a record of growth rhythms of individuals. pp 89-94 en Perrin, W.F. y Myrick, A.C. Jr. (Eds.): Age determination of toothed whales and sirenians. Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 3.
- Laws, R.M. 1962. Age determination of pinnipeds with special reference to growth layers in the teeth. *Zeitschrift fur Säugetierkunde*. 27(3):129-146.
- Leatherwood, S. y Reeves, R.R. 1983. The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins. Sierra Club Books, San Francisco. xvii+302 pp.
- Lescrauwaet, A-K. 1997. Notes on the behaviour and ecology of the Peale's dolphin, *Lagenorhynchus australis*, in the Strait of Magellan, Chile. Reports of the International Whaling Commission, Special Issue 47:747-755.
- Molina, D.M. y Oporto, J.A. 1993. Comparative study of dentine staining techniques to estimate age in the Chilean dolphin, *Cephalorhynchus eutropis* (Gray, 1846). *Aquatic Mammals*. 19(1):45-48.
- Myrick, A.C., Shallenberger, E.W., Kang, I. y MacKay, D. 1984. Calibration of dental layers in seven captive Hawaiian spinner dolphins, *Stenella longirostris*, based on tetracycline labeling. *Fishery Bulletin*. 82(1):207-225.
- Nishiwaki, M. y Yagi, T. 1954. On the age-determination method of the toothed whale by the study of the tooth. *Proceedings of the Japan Academy*. 30:399-404.
- Omura, H. 1957. Osteological study of the little piked whale from the coast of Japan. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. 12:1-21.
- Omura, H. 1980. Morphological study of pelvic bones of the minke whale from the Antarctic. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. 32:25-37.
- Oporto, J.A. 1986. Observaciones de cetáceos en los canales del sur de Chile. pp 174-186 en Oporto, J.A. (Ed.). *Actas Primera Reunión de Trabajo de Expertos en Mamíferos Acuáticos de América del Sur*. Buenos Aires, 25-29 Junio, 1984.
- Peale, T.R. 1848. United States Exploring Expedition during the years 1838-42, under the command of Charles Wilkes, U.S.N. 8: Mammalia and Ornithology, 25:17-338 pp.
- Perrin, W.F. 1975. Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern tropical Pacific and Hawaii. University of California Press. 205 pp.
- Perrin, W.F. y Myrick, A.C. Jr. (Eds.). 1980. Report of the workshop. Age determination of toothed whales and sirenians. Reports of the International Whaling Commission. Special Issue 3:1-50 pp..
- Perrin, W.F., Coe, J.M. y Zweifel, J.R. 1976. Growth and reproduction of the spotted porpoise, *Stenella attenuata*, in the offshore eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin*, United States. 74(2):229-269.
- Peters, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press. 329 pp.
- Scheffer, V.B. y Myrick, A.C. 1980. A review of studies to 1970 of growth layers in the teeth of marine mammals. pp 51-54 en Perrin, W.F. y Myrick, A.C. Jr. (Eds.): Age determination of toothed whales and sirenians. Reports of the International Whaling Commission. Special Issue 3.
- Schiavini, A.C.M., Goodall, R.N.P., Lescrauwaet, A-K y Koen Alonso, M. 1997. Food habits of the Peale's dolphin, *Lagenorhynchus australis*; review and new information. Reports of the International Whaling Commission. 47:827-834.
- Schmidt-Nielsen, K. 1984. Scaling. Why is animal size so important? Cambridge University Press. 241 pp.
- Shirakihara, M., Takemura, A. y Shirakihara, K. 1993. Age, growth, and reproduction of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in the coastal waters of western Kyushu, Japan. *Marine Mammal Science*. 9(4):392-406.
- Stuart, L.J. y Morejohn, G.V. 1980. Developmental patterns in osteology and external morphology in *Phocoena Phocoena*. Reports of the International Whaling Commission. Special Issue 3:133-142.
- Watson, A.G. 1991. Where does the dolphin bend its tail? The hinge vertebra in *Tursiops truncatus*. Ninth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. Chicago, Estados Unidos. Diciembre de 1991. Abstract.
- Webber, M. y Leatherwood, S. 1990. Peale's dolphin, *Lagenorhynchus australis*. pp 156 en Martin, A.R. (Ed.): *Whales and Dolphins*. Salamander Books Limited, London.

Yoshida, H., Shirakihara, M., Takemura, A. y Shirakihara, K. 1994. Development, sexual dimorphism, and individual variation in the skeleton of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in the coastal waters of western Kyushu, Japan. *Marine Mammal Science*. 10(3):266-282.

AGRADECIMIENTOS

La lista de personas a las que debo recordar y agradecer por haber intervenido de alguna manera para que llegara a esta etapa de mi vida es, sin duda, muy larga. Pido excusas por las omisiones causadas por obvias razones de espacio y de memoria.

Con quienes elaboré el presente:

R. Natalie P. Goodall.

Adrián Schiavini.

Jorge Calvo y su grupo de trabajo.

Daniel Fernández.

Ernesto Piana.

Centro Austral de Investigaciones Científicas, CONICET, Ushuaia.

Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Punta Arenas,
Chile.

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, CONI-
CET, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Para concluir, quiero pedirles el último sacrificio que todo "guía o compañero" está condenado a brindar: que sepan esperar la plenitud de los frutos que ustedes sembraron.

Mientras tanto, gracias...