

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

**Hábitos alimentarios de *Mirounga leonina* (Carnivora,
Phocidae) en el área de las Islas Shetland del sur y su
expresión adaptativa en la morfología cráneo-dentaria.**

Tesis Doctoral

Lic. Gustavo Adolfo Daneri



BIBLIOTECA

DIRECTOR: Dr. Luciano J. M. De Santis

CODIRECTOR: Enrique Marschoff

2010

A Lautu!!!.....y su mamá!

A mis viejos...que ya se fueron....

.....pero estan!!!

و الله ينجيني

Agradecimientos:

Al Dr. Luciano “pepe” De Santis por su permanente apoyo, orientación y“superaguante”!!!.

Al Dr. Enrique “quique” Marschoff, por sus consejos y su “paciencia”.

A todos mis colegas antárticos que participaron en la toma de muestras durante las diferentes campañas a Isla 25 de Mayo como integrantes del grupo “Mamíferos Jubany”!

...y a todos aquellos que, en mayor o menor medida, colaboraron, ayudaron y/o me alentaron para la concreción de este trabajo.

INDICE

Agradecimientos

Resumeni

Abstractiv

CAPITULO 1. INTRODUCCION GENERAL

1.1. Taxonomía y evolución.....2

1.2. Distribución, estado y tendencia poblacional.....3

1.3. Aspectos morfológicos, anatómicos y funcionales.....5

1.4. Aspectos bioecológicos.....7

1.5. Objetivos generales.....11

CAPITULO 2. HABITOS ALIMENTARIOS

2.1. INTRODUCCIÓN.....13

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....17

2.3. RESULTADOS

2.3.1. Lavaje gástrico.....25

• Cefalópodos.....25

• Peces.....29

• Crustáceos.....30

• Dieta general.....30

2.3.2. Análisis de materia fecal.....31

2.4. DISCUSIÓN

2.4.1. Sobre la metodología aplicada.....33

2.4.2. Sobre el componente cefalópodos en la dieta en relación a otros apostaderos del Océano Austral.....40

2.4.3 Sobre la dieta diferencial de las distintas categorías sexo-edad de *M. leonina*....50

2.4.4. Sobre la variación temporal en la dieta de cefalópodos.....56

2.4.5. Sobre el componente íctico de la dieta65

2.4.6. Sobre el componente crustáceos de la dieta.....71

2.4.7. Sobre los remanentes hallados en muestras de materia fecal.....72

2.4.8. Interacción trófica con otras especies de pinnípedios en el área de estudio.....76

2.4.9. Interacción de <i>M. leonina</i> con las pesquerías comerciales en el área de las Shetland del sur.....	79
--	----

CAPITULO 3: MORFOLOGÍA CRÁNEO DENTARIA

3.1. INTRODUCCIÓN

- Morfología cráneo dentaria de pinnipedios. Aspectos generales.....86
- Morfología cráneo dentaria de *M. leonina*87
- Morfología cráneo dentaria adaptativa en fócidos y su relación al hábito trófico. Antecedentes.....92

3.2. MATERIALES Y METODOS.....97

3.3. RESULTADOS.....101

3.4. DISCUSION.....103

CAPITULO 4. CONCLUSIONES FINALES

4.1. Ecología trófica.....109

4.2. Morfología cráneo dentaria adaptativa.....112

CAPITULO 5. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....115

APENDICES.....135

APENDICE 1.

INTRODUCCION GENERAL Y ECOLOGIA TROFICA

- Tablas 1.1 a 2.4.....137
- Figuras 1.1. a 2.4.8.....166

APENDICE 2. MORFOLOGÍA CRANEODENTARIA

- Tablas 3.1.1 a 3.1.4.....207
- Figuras 3.1.1 a 3.3.6.....210

Hábitos alimentarios de *Mirounga leonina* (Carnivora, Phocidae) en el área de las Islas Shetland del sur y su expresión adaptativa en la morfología cráneo-dentaria.

RESUMEN

Se analizó el hábito trófico del elefante marino del sur, *Mirounga leonina*, en Isla 25 de Mayo, Islas Shetland del sur, durante 8 años consecutivos en la primavera/verano de las temporadas 1995/96, 1996/97, 1997/98, 1998/99, 1999/2000, 2000/ 2001, 2001/02, y 2002/03. Con tal fin, se aplicó la metodología de lavaje estomacal, previo anestesiado, a un total de 232 ejemplares de diferentes categorías de sexo-edad. Adicionalmente se colectaron 85 muestras de materia fecal durante 3 temporadas entre los años 2000 y 2003. El análisis de los contenidos estomacales indicó una dieta constituida principalmente por moluscos cefalópodos y secundariamente por peces, con frecuencias de ocurrencia de 98,1% y 17,9% respectivamente. El ítem crustáceos resultó ser de poca relevancia.

El componente cefalópodos de la dieta se caracterizó por una clara dominancia del calamar glacial antártico *Psychroteuthis glacialis* el cual estuvo presente en el 83% de los contenidos estomacales y representó el 57,2 % en número y el 61,4% en masa del total de cefalópodos depredados, contribuyendo por sí sola con poco más del 80% al Índice de Importancia Relativa total. Otras especies de importancia, en frecuencia de ocurrencia y número, fueron los teuthoideos *Slozarsykovia circumantarctica* y *Alluroteuthis antarcticus*, mientras que, en términos de biomasa lo fue *Kondakovia longimana*. Los octópodos (*Pareledone* sp. y *Adelieledone* sp.) fueron de menor relevancia si bien su frecuencia de ocurrencia fue 18%. Las proporciones relativas de las diferentes especies de cefalópodos presa variaron según la categoría de sexo-edad de los individuos. Las formas juveniles de *M. leonina* se alimentaron de una menor diversidad específica que las forma maduras. Además, los octópodos adquirieron mayor importancia como recurso presa de los individuos machos. Esto coincide con los patrones de buceo diferenciales que desarrollan las diferentes categorías de sexo-edad de *M. leonina*. La variación temporal en la dieta de cefalópodos corroboró la dominancia de *P. glacialis* aunque, en el período comprendido entre las temporadas 1997/98 y 1999/2000, su contribución disminuyó notablemente. Este fenómeno podría

estar asociado a cambios en las condiciones oceanográficas y en la estructura de las comunidades biológicas del Océano Austral como consecuencia de uno de los eventos oceanográficos de “El Niño” más severos del siglo XX. Además, la predominancia de *P. glacialis* en la dieta estaría asociada a la localización más austral de las áreas de alimentación de la población de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo, según lo indican los estudios de telemetría satelital, puesto que es la especie de calamar más abundante en aguas cercanas al continente Antártico.

El componente íctico de la dieta estuvo mayoritariamente representado por el mictófido *Gymnoscopelus nicholsi* el cual estuvo presente en el 81,3% de los estómagos que contenían otolitos y constituyó el 74,6% en número y el 66,4% en masa del total de peces identificados, contribuyendo con poco más del 90% al Índice de Importancia Relativa total. Segundo en importancia fue el notothénido *Pleuragramma antarcticum* presente en el 25% de los estómagos analizados y representando casi el 10% en abundancia numérica. Los peces presa identificados son mayoritariamente de hábitat pelágico y en menor proporción bentónicos o bentopelágicos. Se sugiere que, mientras los mictófidios pueden ser los peces presa dominantes en el área de las Shetland del sur, probablemente sean reemplazados en importancia por el notothénido *P. antarcticum* a medida que los elefantes se alimentan en zonas de latitudes más altas donde esta especie es muy abundante.

En cuanto a la interacción de *M. leonina* con otros pinnípedios, tales como *Leptonychotes weddellii* y *Arctocephalus gazella*, los reportes dietarios de dichas especies en el área de las Shetland del sur sugieren un cierto solapamiento por el recurso presa aunque los distintos comportamientos de buceo de estos pinnípedios probablemente minimicen la interacción debido a rangos horizontales y verticales de desplazamiento diferentes.

En relación a la interacción con las pesquerías comerciales la mayor parte de las especies presa identificadas en este trabajo no son objeto de explotación comercial a gran escala. Sin embargo la pesca comercial de muchas especies de calamar en el Océano Austral aún está en fase exploratoria. Específicamente para *P. glacialis*, esta especie ha sido catalogada como poseedora de carne de buena calidad por lo que el establecimiento futuro de una pesquería basada en la explotación de este calamar podría impactar de modo negativo en la población de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo.

En forma adicional y con el objetivo de correlacionar el hábito trófico de *M. leonina* y de las cuatro restantes especies de fócidos monachinos lobodontinos (*Hydrurga leptonyx*, *Lobodon carcinophagus*, *L. weddellii* y *Ommatophoca rossi*) y sus respectivas morfologías cráneo dentarias, se realizó un análisis morfológico comparado mediante el método de superposición de Procrustes con material craneano proveniente de las colecciones científicas de Mastozoología del Museo Argentino de Ciencias Naturales “B. Rivadavia” y del Museo de La Plata. Se analizaron los cráneos en vista ventral y lateral y las mandíbulas en vista lateral. No se detectaron agrupamientos claramente definidos a partir de la correlación entre dieta y morfología cráneo dentaria. No obstante, se concluye que los caracteres cráneo dentarios de *M. leonina* están asociados al tipo de mecanismo de ingestión “pierce feeding”, el que involucra el uso de la dentición sólo para captura y retención temporaria de la presa en la cavidad bucal para su posterior deglución en forma entera. Este mecanismo es considerado de carácter generalista y plesiomórfico y típico de pinnipedios de hábitos teutófagos y/o ictiófagos.

The feeding habits of *Mirounga leonina* (Carnivora, Phocidae) at the South Shetland Islands and its adaptive expression in the skull and dental morphology.

ABSTRACT

The feeding habits of Southern elephant seals, *Mirounga leonina*, were analyzed at Isla 25 de mayo (King George) during 8 consecutive years in the spring/summer seasons of 1995/6 to 2002/03. A total of 232 individuals pertaining to different sex-age groups were subjected to stomach lavage, after being anaesthetised. Additionally, 85 faecal samples from seals were collected during 3 seasons between 2000 and 2003. Stomach content analysis showed that the diet was mainly represented by cephalopods followed by fish, their frequency of occurrence being 98.1% and 17.9 % respectively. Crustaceans were of minor importance. The cephalopod portion of the diet indicated a clear dominance of the Antarctic glacial squid, *Psychroteuthis glacialis*, which occurred in 83% of stomach samples and constituted alone 57,2% in numbers and 61,4% in mass of all the cephalopods ingested by seals. Moreover, it contributed over 80% to the total Index of Relative Importance. Other teuthoid species of relevance were *Slozarsykovia circumantarctica* and *Alluroteuthis antarcticus* in terms of occurrence and numbers and *Kondakovia longimana* in terms of mass. Octopods (*Pareledone* sp. and *Adelieledone* sp.) were of lesser importance but occurred in 18% of samples. The relative proportions of the different cephalopod taxa varied with sex age-group of seals. Juvenile seals fed on a lower variety of cephalopod prey than mature individuals did. Furthermore, octopods became more important in the diet of male elephant seals. This was in line with the differential diving patterns usually developed by the different sex-age groups of elephant seals. Temporal variation in cephalopod predation by seals also indicated the dominance of *P. glacialis*, but with a decrease of its contribution to the diet between the 1997/98 and 1999/2000 seasons. This could be related to changes in oceanographic conditions and marine communities structure of the Southern Ocean derived from one of the most severe El Niño Southern Oscillation in 1997/98. Furthermore, the predominance of *P. glacialis* in the cephalopod diet of *M. leonina* at Isla 25 de Mayo

might be associated to the more southerly location of the foraging areas of this population compared to others, where this squid species is the most abundant.

The fish component of the diet was mainly represented by the myctophid *Gymnoscopelus nicholsi* which occurred in 81.3% of stomach samples containing otoliths and constituted 76.4% in numbers and 66.4% in mass of all the identified fish, contributing over 90% to the total Index of Relative Importance. Another important fish taxon was the nototheniid Antarctic silverfish, *Pleuragramma antarcticum*, which occurred in 25% of samples and 10% in numerical abundance. Most of fish prey taxa identified from stomach contents were pelagic and, to a lesser degree, benthic or benthopelagic. It is suggested that while myctophids may be the dominant fish prey of elephant seals in areas close to the South Shetland Islands, they are probably replaced by *P. antarcticum* as seals migrate towards higher latitudes where this fish is extremely abundant.

As regards to the ecological interaction between *M. leonina* and other pinniped species in the study area (e.g. *Leptomychotes weddellii*, *Arctocephalus gazella*), the dietary reports coming from these pinnipeds and data of elephant seals diet from this study suggest a possible overlap for prey resources in the area. However, this could be minimized as a consequence of differential diving patterns between species. Furthermore, most of the prey species of elephant seals identified in this study are not targeted by commercial fisheries. However, *P. glacialis* has already been catalogued as a species of good flesh and potential for commercial exploitation. Therefore, the future establishment of a commercial fishery based on this species could have a negative impact on the Southern elephant seal population from Isla 25 de Mayo given its high contribution to their diet.

The faecal sample analysis proved not to be an adequate tool to interpret the diet of elephant seals as most of the remnants removed were nematodes and acantocephalans.

Additionally, with the aim of correlating the feeding habits of *M. leonina* and the other four phocid lobodontines (*Hydrurga leptonyx*, *Lobodon carcinophagus*, *L. weddellii* y *Ommatophoca rossi*) with their respective dental and skull morphologies, an analysis of shape was performed by means of the procrustean superimposition methods. Specimens analysed were deposited in the scientific mammal collections of the Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia" and Museo de La Plata. This analysis

was based on lateral and ventral views of skulls and lateral view of mandibles. No defined clusters were detected that clearly correlated diet and skull anatomy of seals. However, teeth and skull characters of *M. leonina* were associated to a previously defined as “pierce feeding” type of ingestion which involves grabbing prey and swallowing it whole. This type of feeding is regarded as generalist, pelsiomorphic and typical of most extant pinnipeds with a piscivorous or teuthofagous diet.

CAPITULO 1

INTRODUCCION GENERAL

1.1 Taxonomía y evolución

El elefante marino del sur, *Mirounga leonina* (Linnaeus, 1758), es el más grande de todos los pinnípedios y, junto con su congénere del hemisferio norte, *Mirounga angustirostris* (Gill 1866), constituyen las únicas dos especies del género *Mirounga*, el que se ubica sistemáticamente y en forma jerárquicamente ascendente dentro de la tribu Miroungini, Subfamilia Monachinae, Familia Phocidae, Suborden Pinnipedia, Orden Carnívora (Wilson y Reeder 1993, Ling y Bryden 1992).

El origen de los elefantes marinos, al igual que el de los pinnípedios en general, no está aún debidamente clarificado, en gran parte debido al escaso registro fósil con que se cuenta en comparación con el de otros mamíferos. No obstante ello, existe un acuerdo general en que los Phocidae se originaron en el Mioceno medio temprano (hace aproximadamente unos 15 millones de años) en el Atlántico norte, área de donde proviene la mayor parte del material fósil representativo de esta familia, si bien se ha sugerido también que los Phocidae basales habrían evolucionado en el Pacífico Norte hacia el Mioceno temprano aunque esta hipótesis es débil dada la falta de registro fósil que la sustente (Deméré *et al.* 2003). Los Monachinae fueron dominantes en el Atlántico norte durante el Mioceno tardío y el Plioceno, conociéndose numerosos registros provenientes tanto de América del Norte como de Bélgica, pertenecientes a los géneros *Monotherium*, *Pristiphoca*, *Pliophoca* y *Callophoca*, éste último representante fósil de la tribu Miroungini y considerado como probable ancestro del género *Mirounga* (Ray 1976, Muizon 1982, King 1983). Cabe remarcar que, cualquier hipótesis sobre la biogeografía histórica del género *Mirounga* se basa en un registro fósil limitado y escasamente documentado (Fyler *et al.* 2005). Deméré *et al.* (2003) sugirió que hacia el Plioceno temprano algunos miembros del linaje *Callophoca* posiblemente entraron al Océano Pacífico provenientes del Atlántico a través del canal marino de América Central, que conectaba por aquel entonces ambos océanos, para establecer el grupo en el Pacífico sud oriental. Una posterior especiación resultó en la evolución de *M. leonina* y en su dispersión por la región subantártica del Océano Austral través de la deriva oceánica del Oeste. La ocurrencia antitropical de su especie hermana *M. angustirostris*, en el Pacífico nororiental, sugiere un evento transecuatorial y una especiación alopátrica. De acuerdo a la evidencia

molecular la divergencia entre ambas especies de elefante marino ocurrió entre los 2,7 y 4 millones de años antes del presente según distintos autores (Fyler *et al.* 2005, Arnason *et al.* 2006). Dada la escasez de registro fósil, su actual distribución geográfica podría explicarse por dispersión o vicarianza. Si se adopta una hipótesis dispersalista, la dispersión del taxón basal *Callophoca + Mirounga* habría ocurrido de Este a Oeste a través del canal centroamericano seguida de una migración hacia el sur a lo largo de la costa sudamericana occidental desde el Pacífico ecuatorial hacia el Pacífico sudoriental. Otra posterior dispersión desde el Pacífico sur al Pacífico norte, durante el Pleistoceno, época en que el canal centroamericano ya estaba cerrado, y el recalentamiento del mar en la zona tropical, habría separado a la población de elefantes de la región de baja california del resto lo que explicaría la distribución antitropical actual del género.

La hipótesis de la vicarianza explicaría en cambio esta distribución antitropical como un relicto de un rango de distribución geográfica originalmente cosmopolita del género, que luego se separó debido al incremento de la temperatura del agua en los trópicos (Fyler *et al.* 2005).

1.2. Distribución, estado y tendencia poblacional:

M. leonina se distribuye ampliamente en el Océano Austral localizándose sus principales asentamientos reproductivos en diferentes islas subantárticas como Georgias del sur, Heard, Kerguelen y Macquarie, siendo la colonia de Península Valdés, Argentina, el único asentamiento reproductivo continental (King 1983, Laws 1984, Campagna y Lewis 1992, Campagna *et al.* 1993, Reeves *et al.* 1992, Lewis *et al.* 2004) (Fig. 1.1). No obstante ello, existen numerosos registros de individuos de esta especie fuera de su rango normal de distribución (Lewis *et al.* 2006). El más nórdico corresponde a una hembra juvenil hallada en Sawqirah, Sultanato de Oman, costa norte central del Mar Árabe (18° 07' N, 56° 32'E), mientras que las localizaciones más australes reportadas hasta la fecha, a través de telemetría satelital corresponden a machos juveniles a la altura del paralelo 75°S en el Mar de Ross como así también a machos adultos registrados en el mar de Weddell a latitudes superiores a los 78° S (Johnson 1990, Van den Hoff *et al.* 2002, Tosh *et al.* 2009).

La población mundial de elefante marino del sur fue estimada hacia la década de 1990 en aproximadamente 664.000 individuos (Laws 1994). El núcleo poblacional más abundante es el de Georgias del sur, el que incluye las colonias reproductivas del Arco del Scotia (Georgias del sur propiamente dichas, Orcadas del sur, Shetland del sur, Sandwich del sur), Islas Gough y Bouvet, Península Valdés e Islas Malvinas (Fig 1.1). Aproximadamente el 60% de la población total de la especie se reproduce en el archipiélago de las Georgias del sur, donde se ha calculado una producción anual de 113400 crías. Por su parte los núcleos poblacionales de las Islas Kerguelen (incluye colonias de Heard, Marion, Príncipe Eduardo e Islas Crozet) e Isla Macquarie (incluye colonias de Islas Campbell y Antípodas) representan aproximadamente el 30% y el 10% respectivamente. Estimaciones recientes sobre la tendencia poblacional de esta especie indican que el núcleo poblacional de Georgias del Sur ha permanecido relativamente estable en las últimas seis décadas si bien la colonia de Península Valdés (la cual representa casi el 6% de la población mundial) continúa en incremento desde 1975 (Campagna y Lewis 1992, Boyd *et al.* 1996, Lewis *et al.* 2004). Por el contrario, los dos núcleos poblacionales restantes, correspondientes al sector Pacífico (Macquarie) e Indico (Kerguelen) del Océano Austral, han declinado progresivamente desde 1950 (Hindell y Burton 1987, Gales y Burton 1989) hasta mediados de la década de 1990, con decrementos porcentuales del 50% para Isla Heard, 84% para Marion, 57% para Macquarie, y 96% para Campbell (Laws 1994). Sin embargo, en la última década ambos stocks han mostrado signos evidentes de incremento y/o estabilización numérica (Guinet *et al.* 1999, SCAR 2002, SCAR 2006). Es de destacar que si bien el núcleo poblacional de Georgias es históricamente el más estable, la colonia de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo, que se analiza en la presente tesis y que pertenece a este núcleo, ha experimentado una notable declinación numérica entre 1995 y 1999 aunque desde 2003 su tendencia es fluctuante (SCAR 2002, SCAR 2006).

En la Tabla 1.1 se puede observar el estado y tendencia poblacionales actualizado de *M. leonina*, según los reporta el grupo de Expertos en focas antárticas del SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) y que pueden consultarse para mayores detalles en el sitio <http://www.seals.scar.org/pdf/statusofstocs.pdf>.

1.3 Aspectos morfológicos, anatómicos y funcionales:

M. leonina se caracteriza por presentar un marcado dimorfismo sexual. Los machos adultos desarrollan tamaños corporales varias veces superior al de hembras adultas. La longitud estándar de un macho puede superar los 5 m y su peso alcanzar las 5 toneladas. Las hembras, en cambio, pesan alrededor de 900 kg (si bien su peso post parto promedio oscila entre 500 a 600 kg) y su longitud alcanzar los 3 m (Reeves *et al.* 1992). Al nacimiento las crías de ambos sexos miden aproximadamente 1,3 m de longitud y su peso varía entre los 40 y 50 kg. Su pelaje es de tipo lanoso y de color negro, el que es reemplazado al cabo de 3 a 4 semanas, coincidiendo con el destete, por un segundo pelaje de color gris plateado más corto ligeramente más oscuro hacia el dorso. Durante el primer año de vida el color del pelaje cambia hacia un tono más amarillento apagado. Los ejemplares adultos son de color marrón amarillento a marrón oscuro siendo éste más claro en la parte ventral que en la dorsal. No obstante, y en ambos sexos, durante cada proceso de muda anual se vuelve a generar un nuevo pelaje color gris pizarra. Algunos ejemplares de edad avanzada suelen adquirir un tono crema. La proboscis inflable y eréctil es una de las características más notables del elefante marino, pero sólo alcanza su desarrollo total en los machos adultos. Las hembras y/o los machos más juveniles presentan un hocico más puntiagudo que en otras focas Antárticas. El desarrollo de la proboscis en los machos comienza aproximadamente a los 2 años de edad y se completa entre los 7 y 8 años, cuando el individuo tiene ya una participación plena en los eventos reproductivos como macho de harén (Laws 1953). Su estructura general en forma de almohadilla está atravesada por dos surcos transversales y su extremo anterior sobrepasa la boca unos 10 cm. de modo tal que las aberturas nasales se abren orientadas hacia abajo inmediatamente por delante de la cavidad bucal. Es de destacar que la proboscis alcanza su máximo desarrollo durante la temporada reproductiva. Los machos adultos se caracterizan por emitir un particular sonido, descrito como un “áspero rugido de motor de dos tiempos”, producido por la garganta y a su vez amplificado por la proboscis (la cual actúa como una cámara de resonancia) pudiéndose escuchar a varios kilómetros de distancia. El rugido puede ser utilizado como una amenaza hacia un individuo específico, como una respuesta generalizada hacia una situación o bien en forma meramente espontánea (Laws 1956).

Además, la piel del pecho y el cuello de los machos adultos esta muy engrosada y resquebrajada presentando gran cantidad de cicatrices producto de las peleas por establecer las jerarquías de dominancia en los harenes (Fig 1.2).

La anatomía interna de *M. leonina* es básicamente similar a la de otros fócidos, tanto en su parte visceral como en su porción esquelética. No obstante ello, cabe destacar a nivel visceral la presencia de un estómago simple y un intestino delgado de lumen angosto, cecum reducido y excepcionalmente largo (hasta más de 100 m), el que representa aproximadamente entre 20 y 25 veces la longitud corporal del animal (Ling y Bryden 1992). Este fenómeno es más que notorio si consideramos que la longitud media del intestino delgado de los mamíferos es de 7 a 8 veces su longitud corporal (Romer y Parsons 1981).

En lo referente al sistema osteoartromuscular, su anatomía muscular esta asociada a un grado mayor de actividad terrestre que otros fócidos, particularmente en el período reproductivo, e incluso presenta ciertas similitudes con aquella de los otáridos (Bryden 1971). La columna vertebral, sigue básicamente el esquema típico mamaliano presentando una reducción de procesos articulares en forma común a los mamíferos acuáticos. La fórmula vertebral es la típica de otros fócidos: C7, T15, L5, S3, Cd 11; aunque entre un 5% y un 10% de los individuos puede presentar la variante T14 y L6 (Ling y Bryden 1992). Su estructura es la general de todos los fócidos, con vértebras lumbares que presentan procesos transversales muy desarrollados para la inserción de los músculos de la región posterior del cuerpo que participan en la natación y con anchas zygapófisis que articulan entre sí de modo laxo permitiendo que el dorso tenga un amplio rango de movimientos tanto en sentido vertical como lateral. Esta característica alcanza su mayor grado en *M. leonina* que posee una notoria flexibilidad en su parte dorsal, la que puede arquearse adquiriendo una característica forma de U al punto que el extremo anterior de la cabeza y las aletas posteriores pueden contactarse entre sí (Fig. 1.3).

La anatomía craneo dentaria será referida en forma detallada en el Capítulo 3. Las características diagnósticas de *M. leonina* están básicamente relacionadas a la presencia de una proboscis inflable, más desarrollada en los machos, tal como se mencionara anteriormente. Esto conlleva un marcado dimorfismo sexual a nivel craneal, no sólo morfológico sino también ontogenético, con tasas diferenciales de crecimiento de las

diferentes regiones del cráneo en función del sexo. A modo general podemos decir, desde un punto de vista craneométrico, que la longitud media basilar es un 64% mayor en machos que en hembras, la longitud palatal un 79% y el ancho zigomático un 57% (Ling y Bryden 1992). Fisiológicamente es de sumo interés destacar que en *M. leonina* el volumen sanguíneo representa aproximadamente el 15% de la masa corporal, y la capacidad de oxígeno (40% en volumen) es mayor que en cualquier otro mamífero marino (Ling y Bryden 1992). Esto, junto a otras características fisiológicas tales como bradicardia, reducción del flujo sanguíneo corporal (el cual se restringe principalmente a los pulmones y cerebro), alta concentración de hemoglobina en músculos (mioglobina), confieren a la especie una particular capacidad para el desarrollo de buceos prolongados y de gran profundidad. Cabe destacar que la duración media de los buceos es de 20 minutos con intervalos en superficie de unos 2 minutos. No obstante, se han reportado buceos ininterrumpidos de hasta 120 minutos. En lo referente a las profundidades máximas de buceo registradas, éstas superan con frecuencia los 1000 m en ejemplares de ambos sexos (Hindell *et al.* 1991, Slip *et al.* 1994, Mc Connel y Fedak 1996, Campagna *et al.* 1998).

1.4 Aspectos bioecológicos.

El ciclo de vida anual de machos y hembras reproductores de esta especie se compone de dos fases acuáticas de alimentación que alternan con dos fases terrestres de ayuno, una asociada al proceso reproductivo y la otra al proceso de muda. Cabe destacar que en algunas colonias, en el caso de individuos sexualmente inmaduros, desde su primer año de vida hasta al menos los 5 años de edad, se suele dar también un fenómeno de arribo y permanencia breve en tierra durante los meses de otoño e invierno. Si bien en el primer año la presencia de machos y hembras es proporcionalmente equivalente, a partir del segundo año los individuos que arriban a tierra son mayoritariamente machos. Aunque el significado funcional de este fenómeno aún no está debidamente clarificado se lo asocia generalmente al descanso (Kirkman *et al.* 2001).

La temporada reproductiva se desarrolla durante la primavera austral, desde fines de agosto/ inicios de septiembre hasta mediados de noviembre. Sin embargo, existen leves variaciones

en las fechas del pico máximo de los diferentes eventos reproductivos (v.g máximo número de hembras en tierra, máximo número de pariciones etc.), entre los distintos apostaderos que se distribuyen a lo largo de un amplio rango latitudinal. Así, a medida que uno avanza desde las colonias más septentrionales, tales como la de Península Valdez, a las más australes como la de Georgias del Sur e Isla 25 de Mayo (esta última, objeto de análisis en la presente tesis), esto es, a través de 20° de latitud y aproximadamente 1750 km de distancia, el pico máximo de hembras presentes en tierra se produce con un desfase de 22 días (Campagna *et al.* 1993, Laws 1994). Específicamente para la colonia de Isla 25 de Mayo, el inicio de la temporada reproductiva se produce con la llegada de los primeros machos adultos en la primera quincena de septiembre, los que permanecen en tierra por un período medio de 67 días. Las interacciones entre los mismos (*i.e.* luchas por el establecimiento de jerarquías de dominancia) se incrementan a medida que aumenta el influjo de hembras reproductivas a la colonia con la consiguiente formación de harenes. El arribo de las primeras hembras se produce hacia fines de septiembre, alcanzando su pico máximo en los últimos días de octubre. Dentro de los primeros 5 a 7 días siguientes al arribo a la costa la hembra parturienta da a luz, generalmente, a una sola cría que pesa unos 45 kg promedio (Fig. 1.4). Aproximadamente el 80% de las pariciones se producen en un lapso de 3 semanas entre principios y fines de octubre. El número y tamaño de los harenes es variable según los distintos apostaderos. Para la colonia de Isla 25 de Mayo se han reportado al momento del pico máximo de hembras hasta 10 harenes, con una mediana de 16 y una media de $27,6 \pm 28,1$ hembras por harén (rango: 3-107) (Fig. 1.5). Asimismo se ha registrado una proporción de sexos (macho/hembra) general y por harén en esta población reproductiva de 1:6,7 y 1:10,6 respectivamente (Carlini *et al.* 2006). Las crías son amamantadas por un período promedio de 23 días al final del cual destetan con una masa aproximadamente tres (y hasta cuatro) veces superior a la del nacimiento (155 kg promedio). Asimismo durante este mismo lapso de tiempo las hembras pierden una masa promedio de 10 kg/día mientras que, en forma concomitante, sus crías ganan una masa promedio de 5 kg/día. Hacia el final de la lactancia, aproximadamente unos 4 días antes de destetar a sus crías, las hembras entran en estro, copulan y finalmente regresan al mar luego de permanecer casi un mes en tierra. El crecimiento del cachorro por tanto, depende exclusivamente de la energía transferida por la madre y, consecuentemente, la masa

final al destete es una función de las reservas energéticas maternas al arribar a tierra para iniciar la fase reproductiva y además esta correlacionada positivamente con la masa post parto materna (Carlini *et al.* 1997). Asimismo, esta masa al destete se caracteriza por diferir significativamente entre las distintas poblaciones de elefante marino del sur a través de su rango de distribución (Burton *et al.* 1997). Una vez destetadas, las crías permanecen en las inmediaciones del apostadero por un período aproximado de 45 días durante el cual dependen exclusivamente de las reservas energéticas obtenidas de su madre durante la lactancia. Durante este lapso de tiempo pierden 1kg/día promedio y cuando su masa corporal se reduce en un 30% con respecto a la masa al destete se dirigen al mar para iniciar su primer viaje de alimentación.

Por su parte las hembras reproductivas, una vez finalizada la lactancia y luego de la cópula emprenden el viaje de alimentación post reproductivo que tiene una duración media de 60 días (puede ser mayor en otras colonias reproductivas) tras el cual regresan a tierra para iniciar el proceso de muda (Carlini *et al.* 1997).

Los machos, luego de finalizado el período de apareamiento o cópula, hacia la segunda quincena de noviembre, también regresan al mar para iniciar su viaje de alimentación post reproductivo el cual, para la colonia en estudio, tiene una duración media aproximada de 90 días (A. R. Carlini com. pers.) tras el cual regresan a tierra para realizar la muda.

Este último proceso involucra el reemplazo del pelaje y de la capa superior de la epidermis (Fig. 1.6), y desde un punto de vista energético, implica casi el 50% del costo que insume el proceso reproductivo (Boyd *et al.* 1993). El arribo de hembras para mudar se extiende aproximadamente desde la segunda quincena de diciembre hasta la segunda quincena de febrero con un pico máximo a fines de enero (Le Boeuf y Laws 1994). La duración media de la muda en las hembras es de unos 30 días, habiéndose reportado una tasa de pérdida de masa de 5 kg/día. Finalizado este proceso, las hembras regresan al mar para emprender el viaje de alimentación post muda, de unos 250 días de duración, tras el cual regresan a tierra en estado grávido para iniciar una nueva temporada reproductiva, reiniciando de este modo el ciclo anual (Carlini *et al.* 1999).

El período de arribo de machos adultos para efectuar la muda se extiende desde inicios de febrero hasta fines de abril con un pico máximo a fines de marzo / principios de abril. La

duración de este proceso es de unos 45 días y una vez finalizado emprenden, al igual que las hembras, su viaje de alimentación post muda el que se extiende por un período de poco más de 5 meses hasta su regreso a tierra para reiniciar el ciclo reproductivo (Le Boeuf y Laws 1994). En el caso de los individuos machos subadultos, el arribo a tierra asociado a la muda ocurre en forma regular entre los meses de noviembre y febrero con un pico máximo de llegada hacia la segunda quincena de diciembre (Laws 1956). También dentro de este mismo período arriban, en menor proporción, juveniles de ambos sexos de hasta 2 años de edad.

Un factor clave en la historia de vida de *M. leonina* es el ya mencionado fenómeno de ayuno durante su permanencia en tierra. La capacidad de ayuno prolongado de las hembras lactantes y la masa alcanzada por sus crías reflejan el éxito de la estrategia de alimentación de la madre durante su preñez. En forma similar los machos también permanecen en ayuno durante toda la estación reproductiva dependiendo exclusivamente de las reservas energéticas acumuladas durante su fase pelágica previa de alimentación. Este mismo fenómeno de ayuno vuelve a ocurrir durante el proceso de muda en ambos sexos. Es por lo tanto de suma importancia para esta especie la actividad de alimentación que desarrolla durante las fases pelágicas de su ciclo anual. El balance entre el costo y el beneficio de la captura de presas es fundamental para el desarrollo de una estrategia adecuada que en última instancia asegure su viabilidad.

Históricamente, a partir de los primeros reportes realizados sobre hábitos alimentarios de *M. leonina*, se ha inferido y prácticamente asumido que su dieta se basa esencialmente en 2 taxones presa: cefalópodos y peces (Laws 1956, Laws 1985). No obstante ello, este tema de investigación no ha sido debidamente desarrollado a la fecha, menos aún para las poblaciones del Sector Atlántico Sud Occidental del Océano Austral.

Cabe resaltar que, la población objeto del presente estudio, esta situada en el límite más austral del rango de distribución de la especie. Aproximadamente unas 500 crías nacen cada año entre los meses de septiembre y noviembre a lo largo de aproximadamente 6 km. de costa. Esta colonia presenta ciertas características que la distinguen de otras, a saber: mayor masa al arribo de las hembras grávidas al inicio de la temporada reproductiva, masa al destete de sus crías significativamente mayor que en otras localidades, duración relativamente más corta de los viajes de alimentación post-reproductivo en hembras adultas y como ya se mencionó anteriormente, una tendencia poblacional que entre 1995 y 1999 ha sido negativa y

desde entonces hasta la fecha, fluctuante (Hindell y Burton 1987, Carlini *et al.* 1999, SCAR 2002, <http://www.seals.scar.org/pdf/statusofstocs.pdf>).

1.5 Objetivos generales

El objetivo principal del presente estudio fue analizar la composición cuali / cuantitativa de la dieta del elefante marino del sur de la colonia de Punta Stranger, Islas Shetland del Sur, como así también su variación a lo largo de un período de 8 años, trabajo de tipo inédito para esta especie a lo largo de todo su rango de distribución. En forma complementaria, a partir del análisis dietario y de la morfología cráneodentaria, se intentó establecer la correlación entre ésta y su hábito alimentario comparándose además con la de otros fócidos del Océano Austral. Los objetivos específicos se detallan en los capítulos 2 y 3.

CAPITULO 2

HÁBITOS ALIMENTARIOS

2.1 INTRODUCCIÓN

Los pinnípedos son organismos homeotermos de gran porte y de altas tasas metabólicas lo que los hace importantes consumidores que pueden ejercer una influencia significativa en la estructura de la comunidad biológica del Océano Austral. El estudio de su dieta y de sus estrategias de alimentación es de fundamental importancia para la interpretación del rol ecológico que cumplen dentro de las tramas tróficas del ecosistema marino Antártico (Croxall, 1993). Asimismo las distintas especies de pinnípedos ocupan diferentes nichos tróficos que se pueden solapar en mayor o menor grado dependiendo de diferentes características inherentes a cada especie tales como su capacidad fisiológica de buceo y por ende, profundidades de buceo, comportamiento de alimentación, preferencia diferencial de hábitats y distribución geográfica, entre otras (Costa y Crocker 1996). Se ha intentado explicar la abundancia de los pinnípedos en el Océano Austral (se estima que el mismo alberga casi el 50% de la población mundial de fócidos y el 80% de la biomasa de pinnípedos) por su alta productividad y sus cortas cadenas alimentarias lo que asegura una alta disponibilidad de carbono fijado para los depredadores tope de la comunidad (Laws 1985). Sin embargo, la información más reciente sugiere que la producción primaria es menor y las tramas tróficas más complejas de lo que se creía previamente (Priddle *et al.* 1992). En este contexto, los mamíferos marinos muy probablemente se alimentan en regiones más localizadas y altamente productivas, asociadas a determinadas características oceanográficas tales como sistemas frontales, profundidad de termoclinas y batimetría, de las cuales dependen para detectar grandes concentraciones de presas, capacidad necesaria para realizar una depredación efectiva (Ainley y De Master 1990, Boyd y Arnbohm 1991).

Asimismo puede existir un solapamiento temporal y espacial en la utilización de los recursos alimentarios entre las pesquerías comerciales de krill, peces y cefalópodos y sus depredadores naturales. De hecho, se sabe que muchas especies de fócidos y otáridos consumen recursos presa que simultáneamente constituyen el blanco de las pesquerías (Harwood y Croxall 1988). En este sentido y a modo de ejemplo en el área de las Islas Kerguelen (Océano Índico) la actividad pesquera comercial iniciada a principios de la década de 1970 deprimió sensiblemente el stock de peces, particularmente de *Notothenia rossii*, la que fue intensamente

capturada durante el período de desove, hasta que fue totalmente protegida en 1984. Tres de las cuatro especies de interés comercial en esa zona fueron sobreexplotadas quedando solamente dos (*Chamsocephalus gunnari* y *Dissostichus eleginoides*) con un stock suficiente como para sostener la pesquería (Duhamel y Hureau 1990). Coincidentemente, las poblaciones de elefante marino del sur del Océano Índico declinaron notablemente entre las décadas de 1960 y 1980 (ver tendencia poblacional *M. leonina* Capítulo 1). Numerosos investigadores atribuyeron el decremento poblacional de *M. leonina*, como así también la baja tasa de incremento de las poblaciones de lobo fino antártico, *Arctocephalus gazella*, en Kerguelen a la severa disminución de los recursos marinos resultante de la actividad pesquera comercial (Green *et al.* 1998). Ante situaciones de esta índole, se inició la aplicación de un régimen legal de manejo en la explotación de los recursos marinos antárticos luego de que las partes consultivas del Tratado Antártico acordaran en 1977 la creación de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) que entró en vigencia en 1982. Su establecimiento fue principalmente en respuesta a la preocupación por las graves consecuencias que el incremento en las capturas de krill (*Euphausia superba*) en el Océano Austral, pudiera generar en las poblaciones de krill y de otros representantes de la fauna marina, particularmente aves, focas y peces, que dependen en gran medida del krill como fuente de alimento. La CCRVMA tiene como área de influencia toda la región situada al sur del Frente Polar Antártico (o Convergencia Antártica) y su función consiste en regular el manejo de los recursos vivos marinos de modo tal que las especies blanco de las pesquerías como así también los depredadores naturales que se alimentan de esas especies no sean reducidas en forma crítica. Para ello ha implementado un sistema de reporte de datos de capturas por parte de las pesquerías como así también un programa de monitoreo de especies depredadoras de krill (vg. Lobo fino Antártico *A. gazella*, Foca cangrejera *Lobodon carcinophagus*, Pingüino adelia *Pygoscelis adeliæ*, Petrel damero, *Daption capense*, entre otras; Everson y Goss 1991, Constable *et al.* 2000). El área de la Convención es circumpolar y abarca 3 áreas pesqueras principales que corresponden a los sectores australes del Océano Atlántico (Área Estadística 48), Océano Índico (Área Estadística 58) y Océano Pacífico (Área Estadística 88) (Fig. 2.1.1). Cada una de estas áreas estadísticas se divide a su vez en subáreas

de las cuales la 48.1 corresponde a la zona de estudio de la presente tesis (Fig. 2.1.2). En el Capítulo 2, sección 4 se ampliará la información sobre la funciones de la CCRVMA.

Específicamente para *M. leonina*, la disponibilidad de alimento en el océano también ha sido sugerida por varios autores como un factor de gran incidencia en las fluctuaciones poblacionales, en la masa y reservas energéticas de los individuos al momento de arribar a tierra, como así también en la duración de los viajes de alimentación durante la fase acuática de su ciclo de vida (McCann 1985, Bester 1988, Vergani y Stanganelli 1990, Hindell *et al.* 1991, Carlini *et al.* 1999). En cuanto a su rol ecológico, el elefante marino es un importante depredador tope del ecosistema marino austral. Una evaluación de su impacto sobre los recursos presa en el Mar del Scotia indica que por sí solo da cuenta del 75% de las 3.7×10^6 toneladas de cefalópodos y del 45% de las 2×10^6 tn de peces depredados por aves y focas de la zona (Croxall *et al.* 1985). Por su parte, Green *et al.* (1998) estimaron que el consumo medio de peces por parte de la población de elefante marino de Isla Heard era de 47.500 tn anuales, de las cuales poco más del 50% correspondía a especies de interés comercial. Más recientemente, Carlini *et al.* (2005) combinando datos de dieta y bioenergética de hembras de *M. leonina* de la colonia de Isla 25 de Mayo, estimaron un consumo, sobre una base de 450 hembras reproductivas, de 521 tn métricas de cefalópodos y 174 tn de peces durante la fase acuática post reproductiva de la temporada primavera – verano 1995/96, asumiendo una dieta compuesta proporcionalmente por un 75% y 25% de estos taxones presa respectivamente.

Sin embargo, y al presente, los estudios dietarios de *M. leonina* son relativamente limitados. Los mismos provienen de Islas Georgias del sur (Laws 1956, Rodhouse *et al.* 1992, Brown *et al.* 1999), Orcadas del Sur (Clarke y MacLeodd 1982), Bahía Prydz (Green y Williams 1986), Heard y Macquarie (Green y Burton 1993, Slip 1995, Bradshaw *et al.* 2003, Field *et al.* 2007), Península Browning e Isla Peterson (Van den Hoff *et al.* 2002) (ambas localidades en el Sector Antártico oriental) y más recientemente de Islas Kerguelen (Cherel *et al.* 2008). Específicamente para el área de las Islas Shetland del sur, se han realizado análisis dietarios de carácter parcial (Daneri *et al.* 2000, Daneri y Carlini 2002, Piatkowski *et al.* 2002, Daneri *et al.* 2005). A excepción de los estudios de Green y Williams (1986), Brown *et al.* (1999) y Cherel *et al.* (2008) basados respectivamente en el análisis de materia fecal, perfiles de ácidos grasos e isótopos estables, todos los demás trabajos se han basado en el análisis de contenidos

estomacales de ejemplares sacrificados (Laws 1956, Clarke y MacLeodd 1982) o anestesiados y luego muestreados mediante la técnica de lavaje estomacal, una metodología también utilizada comúnmente en estudios tróficos de elefante marino del norte, *Mirounga angustirostris* (Antonelis *et al.* 1987, Antonelis *et al.* 1994). En general estos estudios han reportado la presencia de cefalópodos, peces y ocasionalmente de crustáceos en la dieta de *M. leonina*. Estos taxones presa frecuentemente están representados por restos traza, tales como mandíbulas quitinosas (picos), gladios y cristalinos en el caso de cefalópodos y fragmentos óseos, cristalinos y otolitos en el caso de peces y exoesqueletos quitinosos en el caso de crustáceos.

Los estudios realizados hasta la fecha sobre la dieta de la población de Isla 25 de Mayo indican que la misma difiere de las demás por depredar sobre especies de peces y cefalópodos distribuidas casi exclusivamente al sur del Frente Polar Antártico (Daneri *et al.* 2000, Daneri y Carlini 2002, Daneri *et al.* 2005).

Adicionalmente, estudios realizados mediante telemetría satelital para esta misma población, a efectos de monitorear sus movimientos en el océano durante los viajes de alimentación, han determinado que las áreas hacia donde se dirigen los individuos durante su fase pelágica son variables en cuanto a la distancia desde el sitio reproductivo y que esto depende en gran parte del sexo y grupo de edad de la población (Bornemann *et al.* 2000, Tosh *et al.* 2009). Cabe destacar además, que Hindell *et al.* (1991), Slip *et al.* (1994) y Jonker y Bester (1994) entre otros, analizando los patrones de buceo de ejemplares adultos de elefante marino del sur han revelado la existencia de diferencias intersexuales en los distintos tipos característicos de buceo que desarrollan. Por su parte Le Boeuf *et al.* (1993, 1996) encontraron diferencias similares entre sexos en los patrones de buceo de ejemplares juveniles y adultos de elefante marino del norte, *M. angustirostris*. Además la capacidad y el comportamiento de buceo difiere entre ejemplares juveniles y adultos tanto en el caso de *M. angustirostris* como de *M. leonina* adquiriendo los juveniles habilidades similares a las formas adultas recién a partir de los dos años de edad (Le Boeuf 1994, Irving *et al.* 2000). De lo anteriormente expuesto bien pueden inferirse hábitos alimentarios diferenciales en función del sexo y edad de los individuos.

Objetivos:

- a) Conocer los hábitos alimentarios de la población de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo, en el área de las Shetland del Sur.
- b) Establecer, si existiesen, las diferencias en la dieta entre sexos y distintos grupos de edad (juveniles de ambos sexos hasta dos años, machos juveniles de tres a 6 años, machos subadultos/adultos de 7 años o más y hembras adultas reproductivas de 3 años o más).
- c) Establecer la existencia o no de diferencias interanuales en la dieta.
- d) Analizar, en forma comparativa, los datos sobre dieta de esta población con aquellos provenientes de otras poblaciones de elefante marino pertenecientes a otras localidades del Océano Austral (v.g. Georgias, Macquarie, Heard, Antártida Oriental) a fin de poder establecer cuáles son los taxones presa más frecuentes de la especie *M. leonina*.
- e) Evaluar la existencia o no de solapamiento por el recurso presa con otras especies de pinnípedos como así también con las pesquerías comerciales en el área de las Shetland del Sur (área 48.1 fijada por la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos CCRVMA).

Hipotesis básicas:

- a) Machos y hembras de elefante marino y sus distintos grupos de edad consumen el mismo tipo de presas
- b) La dieta no difiere entre años.
- c) Existe solapamiento por el recurso presa con las pesquerías comerciales y con otras especies de pinnípedos en el área 48.1 fijada por la CCRVMA.

2.2 MATERIALES Y METODOS

El lugar de estudio está ubicado en la zona costera comprendida entre Caleta Potter y Punta Stranger, en las cercanías de la Base Científica Tte. Jubany, Isla 25 de Mayo, Archipiélago de las Shetland del Sur y corresponde a una Zona Antártica de Especial Protección (ZAEP N°132) (Lat. 62° 15' Long. 58° 39' O) (Fig. 2.2.1, 2.2.2). Cabe aclarar que se define como ZAEP a "toda área terrestre o marina que posee valores científicos, estéticos, históricos o naturales, o investigaciones científicas en curso o previstas, que el Sistema del Tratado

Antártico, a propuesta de cualquier país parte, designa como tal con el objeto de proteger dichos valores” (Según lo establecido por el anexo V al Protocolo de Madrid al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente de 1991). Esta categoría de área protegida reemplaza a la previamente denominada Sitio de Especial Interés Científico (SEIC) y que en el caso de la zona de estudio en cuestión se asignaba como SEIC 13. Asimismo, los planes de manejo y permisos para la realización del muestreo fueron otorgados por la Dirección Nacional del Antártico conforme a criterios que garantizan la protección de las especies animales y vegetales allí presentes.

Los ejemplares seleccionados para el muestreo fueron aquellos recientemente arribados a la costa para iniciar el proceso de muda. Tal como se explicó en la introducción general (Capítulo 1) esta fase se inicia en distintas épocas del año y se extiende por períodos variables, en función del sexo y del grupo de edad del animal. En el presente estudio, los machos juveniles (aproximadamente de 3 a 6 años) y los juveniles de 1 y 2 años de ambos sexos se muestrearon mayoritariamente durante los meses de noviembre y diciembre. Los muestreos de hembras adultas se realizaron durante diciembre y enero, los de machos adultos en febrero y principios de marzo.

Los muestreos en campo abarcaron un período de 8 años consecutivos. Los especímenes muestreados (N=232) se clasificaron sobre la base del criterio de Arnborn *et al.* (1992) y Rodhouse *et al.* (1992) quienes establecieron los siguientes grupos de edad de acuerdo a la medida de su longitud standard (LS, m), a saber: $LS < 1,9 =$ juvenil de 1 año, $1,9 < LS < 2,15 =$ juvenil de 2 años y $LS > 2,15 =$ ejemplares de 3 ó más años. En el presente estudio las 2 primeras categorías se consideraron como “juveniles de hasta 2 años sin distinción de sexo” (grupo A) basándose en que, los estudios hasta ahora realizados sobre *M. leonina* y su congénere del hemisferio norte (*M. angustirostris*) establecen que, recién a partir de esta edad comienzan a manifestarse diferencias intersexuales en los hábitos alimentarios y comportamiento de buceo (Le Boeuf *et al.* 1993, Irving *et al.* 2000). Dentro de la categoría de 3 o más años en cambio, se consideraron, los subgrupos: hembras reproductivas (B), machos juveniles (~ 3 - 6 años) (C) y machos subadultos+adultos (≥ 7 años) (D) sobre la base de características morfológicas externas de los ejemplares y que equivalen respectivamente a hembras clase I y II y a machos clase I, II y III según el criterio de Laws (1956).

Cabe aclarar que los ejemplares machos incluidos dentro del grupo D ya participan activamente en la temporada reproductiva. Asimismo, las categorías machos C y D sólo se analizaron detalladamente y por separado cuando se observó que el n muestral de presas lo justificaba, caso contrario y dado que ambas categorías ya tienen completamente desarrolladas por igual sus capacidades fisiológicas de buceo se las consideró como un solo grupo homogéneo. Además, anualmente, sobre el final de la temporada reproductiva y como parte del proyecto de ecología poblacional de la especie desarrollado por el Programa de Mamíferos Marinos del Instituto Antártico Argentino, se marcan con yerra a fuego una cantidad considerable de cachorros destetados antes de iniciar su primer viaje de alimentación siguiendo la metodología de Ingham (1967). Es por esta razón que algunos ejemplares estudiados son de edad conocida. La cantidad de ejemplares muestreados mediante la técnica de lavaje, discriminados por grupo de edad y sexo se detallan a continuación:

1995/96: macho juvenil (11), hembra adulta (14); 1996/97: macho juvenil (14), hembra adulta (12); 1997/98: macho ad/subadulto (2), macho juvenil (1), hembra adulta (17); 1998/99: macho ad/subadulto (2), macho juvenil (2), hembra adulta (21); 1999/2000: macho ad/subadulto (5), hembra adulta (13); 2000/01: macho juvenil (10), hembra adulta (11); 2001/02: macho ad/subadulto (5), macho juvenil (25), hembra adulta (14), hembra juvenil (5); 2002/03: macho ad/subadulto (5) macho juvenil (24), Hembra adulta (15) hembra juvenil (4).

Todo el muestreo correspondió con el período de muda.

Las muestras de materia fecal colectadas totalizaron 85. En un principio se intentó discriminarlas por sexo y/o grupo de edad acorde a la proximidad con que éstas se hallaran de los distintos ejemplares. Sin embargo, sólo en muy pocos casos hubo certeza de la correspondencia de la muestra con el ejemplar. Es por esta razón que se optó por separarlas en 2 grupos: fecas de época reproductiva y fecas de época de muda: El n muestral se detalla a continuación:

Temporada 1999/2000: “período de muda”: n=15. Temporada 2001/2002: “período de muda”; n=27 “período reproductivo”: n= 14. Temporada 2002/3: “período muda”:18 “período reproductivo”:11.

Todos los individuos estudiados fueron previamente anestesiados mediante inyección intramuscular de clorhidrato de ketamina al 50% (50 mg/ml) combinada con clorhidrato de

xilazina 20% (20 mg/ml) y sólo en los ejemplares macho de la temporada 1999/2000 con una combinación de partes iguales de clorhidrato de tiletamina y zolazepam (250 mg) (marca comercial Zelazol). Este proceso se realizó en las primeras 2 temporadas mediante un método de inyección remota siguiendo el criterio de Ryding (1982) o bien mediante el uso de dispositivos a modo de dardos armados a partir de la modificación y ensamble de jeringas plásticas de 50 ml (Fig. 2.2.3). La dosis estimada de ketamina administrada a los ejemplares a lo largo del período total de estudio varió de 3 a 6 mg/kg, la de xilazina de 0,1 a 0,3 mg/kg y la de Zelazol de 0,8 a 1,1 mg/kg. Dicha estimación se obtuvo luego de retrocalcular el peso (kg) de cada uno de los ejemplares anestesiados a partir de las medidas corporales que se les tomaron y que se detallan más adelante.

Una vez inmovilizados se les practicó lavaje estomacal siguiendo básicamente la técnica utilizada por Antonelis *et al.* (1987) para el estudio trófico del elefante marino del norte, *M. angustirostris*, con mínimas modificaciones de Daneri y Carlini (1996). Este proceso consistió en introducir por la boca del animal una manguera de goma transparente de 2,5 cm diámetro interno x 3 cm diámetro externo x 250 cm de longitud) previamente lubricada con vaselina a fin de facilitar el desplazamiento de la misma por el tracto digestivo del animal. Una vez ubicada en la posición adecuada se conectaba a uno de dos dispositivos de encastre de un tambor de plástico de 10 lts de capacidad el cual contenía agua de mar. Luego se vertía el líquido al interior del tracto digestivo del animal variando el volumen administrado entre 5 y 10 l según el porte del ejemplar. Finalmente se conectaba el segundo dispositivo de encastre del tambor a una bomba manual de vacío la cual al ser accionada generaba una presión de vacío provocando la succión del líquido vertido el cual era recuperado en el tambor con los contenidos estomacales diluidos en el agua recuperada (Fig. 2.2.4 y 2.2.5). Todas las veces en que el tiempo de inmovilización del animal lo permitió se realizó otro lavaje adicional con un segundo tambor y excepcionalmente tres. Cabe aclarar que esta técnica es ampliamente utilizada en estudios de dieta de esta especie en la zona antártica y subantártica del océano Austral (ver literatura citada en el Capítulo 2 sección 1 Introducción). Una vez concluido el procedimiento de lavaje estomacal se tomaron las medidas corporales del animal, esto es: longitud standard, perímetro axilar y longitud total. A partir de las dos primeras medidas mencionadas se estimó el peso corporal del animal muestreado utilizando ecuaciones de

regresión apropiadas, basadas en Vergani y Spairani (1980). Se sabe que los fócidos exhiben típicamente una amplia variación estacional e interanual en la profundidad del estrato de tejido adiposo subcutáneo, atribuyéndose la misma a la preparación de los individuos para afrontar los 2 períodos críticos de ayuno de su ciclo anual, esto es, el reproductivo y el de muda (Ryg *et al.* 1990). Por tal razón se calculó para los animales muestreados el “Índice de Condición”, denominado originalmente por Smirnov (1924) como “grado de adiposidad” y definido por la siguiente fórmula: $(\text{Perímetro axilar} / \text{Longitud standard}) \times 100$.

Este índice ha sido utilizado en forma amplia y generalizada por numerosos investigadores en estudios de fócidos (Laws 1953; Bryden 1969; Sergeant 1973 entre otros). Si bien existen en la actualidad metodologías más modernas que permiten conocer de forma más precisa la cantidad de grasa subcutánea (v.g técnicas ultrasónicas y de dilución isotópica), el índice calculado en el presente trabajo proporcionó una idea aproximada de la condición nutricional de los ejemplares al momento de arribar a tierra para iniciar la muda.

Adicionalmente, se realizaron colectas de materia fecal durante tres temporadas a efectos de complementar y comparar los resultados obtenidos a partir de esta metodología con los de lavaje estomacal, como así también para contrastarlos con el único estudio dietario de *M. leonina* realizado sobre la base de esta metodología (Green y Williams 1986). En este tipo de muestreo se colectaron muestras que estuvieran en estado fresco y en lo posible cerca del animal a efectos de poder determinar a simple vista a qué grupo de sexo-edad relativa pertenecía el mismo.

Análisis de laboratorio

Las muestras de contenido estomacal obtenidas fueron lavadas y filtradas en tamiz de 1 mm de tamaño de malla.

Los remanentes de las presas hallados estuvieron básicamente representados por:

1. Mandíbulas (picos), gladios (plumas) y cristalinos de cefalópodos.
2. Restos óseos, cristalinos y otolitos de peces.
3. Exoesqueletos y apéndices fragmentados o no de crustáceos.

En los casos 1 y 3 se fijaron en alcohol al 70% y en el caso 2 se guardaron en sobres o cápsulas plásticas para su posterior análisis siguiendo el criterio de Croxall (1993).

Para la identificación de los distintos restos hallados se recurrió a guías de identificación apropiadas y en forma adicional se consultó a especialistas en la sistemática de los distintos taxones.

Con respecto a los crustáceos, los escasos remanentes hallados fueron consultados con bibliografía y colecciones de referencia como así también con especialistas del laboratorio de invertebrados marinos del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" a efectos de identificarlos al menor nivel sistemático posible.

En el caso de los picos de cefalópodos, éstos se dividieron en superiores e inferiores y en base a estos últimos se realizó la identificación mediante el uso de guías apropiadas (Lipinski y Woyciechoski 1981, Okutani y Clarke 1985, Clarke 1986) y por comparación con colecciones de referencia depositadas en el Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia", y en el Instituto Antártico Argentino. En forma adicional parte de los picos analizados e identificados fueron enviados a especialistas en sistemática y biología de cefalópodos antárticos a efectos de corroborar las identificaciones (Dr. Paul G. K. Rodhouse. British Antarctic Survey. Inglaterra, Dr Uwe Piatkowski. Institute for Polar Ecology Kiel, Alemania y Dra Louise Allcock. School of Biological Sciences, Queen's University Belfast, Irlanda del Norte).

Una vez realizada la determinación de los mismos se procedió a medir las longitudes rostrales inferiores (LRI) de los picos mediante calibre digital (0,01 mm de precisión) y, a partir de estas medidas, se calcularon la masa húmeda corporal (M) y la longitud dorsal del manto (LM) mediante ecuaciones alométricas tomadas de Clarke (1986), Rodhouse *et al.* (1990, 1992).

En el caso de los peces, los otolitos extraídos fueron identificados utilizando lupa binocular y mediante el uso de colecciones de referencia depositadas en las Instituciones ya mencionadas y consulta de guías publicadas (Hecht 1987; Williams y McEldowney 1990; Reid 1996). En forma previa a la medición de los otolitos se los dividió en 3 categorías en orden creciente de corrosión, a saber: 1) Bueno: erosión nula a ínfima con márgenes y relieve medial intactos 2) Regular: con algunos signos de alisamiento o desgaste del margen y relieve medial 3) Malo: marcadamente erosionados sin relieve medial y márgenes redondeadas. Un factor de corrección se aplicó para compensar estos niveles diferenciales de erosión (10% para la

categoria 1 y 20% para la categoria 2 siguiendo el criterio de Reid (1995). La longitud de los otolitos incluidos en las categorias 1 y 2 se midieron con calibre digital de 0,01 mm de precisión mientras que aquellos asignados a la categoria 3 fueron descartados y en su mayoría considerados como “indeterminados” o en algunos casos identificados sólo hasta el nivel familia.

El tamaño y la masa de los ejemplares presa fueron estimados a partir de la longitud corregida de los otolitos usando ecuaciones de regresión derivadas de Hecht (1987), Williams y MacEldowney (1990) y Reid (1996).

Cabe destacar que en el caso de las muestras de materia fecal, éstas fueron también tamizadas en un dispositivo que consta de 4 tamices de tamaño de malla progresivamente más pequeño (rango 2,5 - 0,5 mm). El procedimiento de fraccionamiento e identificación de los remanentes hallados también siguió el mismo criterio utilizado para los contenidos estomacales.

Tanto en el caso de cefalópodos como de peces, la importancia relativa de cada especie presa identificada se estimó en términos de biomasa, número y frecuencia de ocurrencia y se analizaron comparativamente según el sexo, grupo de edad y temporada al que pertenecían los ejemplares de elefante marino muestreados. Para las especies presa más representativas se calculó el Índice de Importancia Relativa (IRI) según Pinkas *et al.* (1971). En este método el porcentaje de frecuencia de ocurrencia de cada taxón presa es multiplicado por la suma de los porcentajes en volumen y en número para dar un índice de comparación entre especies presa. En el presente estudio se utilizó una versión modificada del mencionado índice al reemplazar el porcentaje en volumen por el porcentaje en peso siguiendo el criterio de Reid (1995).

$$IRI = (\%N + \%W) * \%FO$$

Donde %FO: porcentaje de frecuencia de ocurrencia.

%N: porcentaje en número.

%W: porcentaje en peso estimado por ecuaciones de regresión.

Con el fin de establecer la existencia o no de diferencias significativas en la dieta entre sexos y entre temporadas de muestreo, se aplicaron modelos log lineal de frecuencias. El análisis log lineal, es un método estadístico cuyo objetivo consiste en estudiar la “Clasificación” de las variables cualitativas siendo esencialmente un modelo de regresión lineal múltiple entre las

variables cualitativas y el logaritmo neperiano de la frecuencia de los datos (referenciales), de la forma:

$$Ln(\text{frecuencia}) = \lambda + \lambda^A + \lambda^B + \lambda^C + \lambda^{AxB} + \lambda^{AxC} + \lambda^{BxC} + \lambda^{AxBxC}$$

Donde A, B y C son variables cualitativas.

El uso fundamental del análisis log lineal, consiste en determinar la contribución de las diferentes variables categóricas seleccionadas, en la conformación de una “Tabla de Contingencia” que nos permite examinar las frecuencias observadas que pertenecen a cada una de las combinaciones específicas de dos o más variables. Esta técnica por tanto, provee un modo más sofisticado de analizar estas tablas. Específicamente se pueden analizar los diferentes factores o variables utilizados (en este caso taxón presa, sexo del depredador y año de muestreo) y sus interacciones a efectos de establecer significancias estadísticas (Sokal y Rohlf 1995). Dado que la capacidad fisiológica y el comportamiento de buceo del estadio adulto de *M. leonina* se adquiere aproximadamente a partir de los 2 años de edad el comportamiento de alimentación puede ser analizado en forma comparativa entre machos y hembras cuya edad estimada sea \geq a 3 años. Es por esta razón que se analizó la dieta interanual de estas dos categorías mencionadas. Para ello se incluyeron todos los taxones de cefalópodos presa identificados y el taxón único “peces” (esto es, sin discriminarlo por especie presa dada su escasa ocurrencia en la dieta). La composición específica de este taxón se detalla en la “sección componente peces”. En forma adicional, se aplicó un análisis factorial de correspondencia a efectos de detectar la existencia de patrones con significado biológico que se tradujesen en distintos agrupamientos de los ejemplares muestreados. El análisis de correspondencia es una técnica descriptiva y exploratoria también diseñada para analizar tablas de contingencia doble y múltiple que contienen alguna medida de correspondencia entre las filas y las columnas de las mismas (Greenacre 1984). Las dos técnicas estadísticas utilizadas si bien pueden resolver un mismo problema de análisis, también pueden utilizarse en forma complementaria (Lozares *et al.* 1998) como es el caso de este estudio. Adicionalmente, y dada la clara predominancia de un mismo taxón presa a lo largo de todo el período de estudio (el calamar *Psychroteuthis glacialis*) se realizó un análisis de la varianza anidado para determinar si existieron variaciones significativas en la talla de esta especie de teuthoideo depredada por los elefantes marinos según el sexo y temporada de

muestreo. Este tipo de análisis se emplea en situaciones en las que no se pueden combinar todos los niveles de un factor con todos los niveles de otro, esto es, no se pueden determinar todos los posibles tratamientos que aparecen al cruzar los factores (Sokal y Rohlf 1995). Para este estudio en particular los factores fueron sexo, año y ejemplares (de elefante marino) muestreados. El factor ejemplares fue anidado en los factores sexo y año. Por último se estimaron las tallas de los principales taxones presa indicándose para cada uno media, mediana, desvío standard y rango.

2.3. RESULTADOS

Durante el período total de estudio se obtuvieron 232 muestras a partir de lavajes estomacales y 85 muestras de materia fecal. El resultado de los respectivos análisis se detalla a continuación.

2.3.1 Lavaje gástrico: Durante las campañas de primavera y verano de los años 1995/96 al 2002/03, esto es, 8 temporadas consecutivas, se muestrearon 232 ejemplares de elefante marino del sur recientemente arribados a la costa para iniciar el proceso de muda. Las cantidades correspondientes a cada grupo discriminado por sexo y edad se detallaron oportunamente en la sección 2.2 (Materiales y Metodos). De este total de ejemplares el 69,8% (n=162) presentó remanentes alimentarios mientras que, el 30,2% restante (n=70) sólo contenía sedimento y endoparásitos y por lo tanto no se consideraron para el ulterior análisis dietario.

Para el período total de estudio y considerando el total de ejemplares muestreados que contenían remanentes alimentarios, podemos decir que los cefalópodos constituyeron el taxón presa dominante y más frecuente (FO: 98,1%) siguiéndole en importancia los peces (FO: 17,9%). La presencia de crustáceos fue de menor relevancia (12,3%) (Tabla 2.3.1). La variación interanual en la frecuencia de ocurrencia de los dos primeros taxones mencionados se indica en la Figura 2.3.1.

a) Cefalópodos: estuvieron mayoritariamente representados por picos y en ínfima proporción por cristalinos, gladios y dos masas bucales. Se extrajo un total de 3236 picos (1486 superiores y 1750 inferiores). Considerando los estómagos con remanentes pertenecientes a

este taxón presa (n=159) el número promedio de picos inferiores hallados por estómago fue de 11 (rango: 1- 214). El número mínimo y máximo de especies halladas en un estómago dado fue de 1 y 7 respectivamente (media: 2). Se identificaron un total de 11 taxa. De ellas, 8 especies correspondieron a teuthoideos y las 3 restantes a octópodos (Tabla 2.3.2).

El taxón presa predominante y más frecuente en la dieta de *M. leonina* a lo largo de todo el período de estudio y considerando todas las categorías de sexo y edad de los ejemplares analizados fue el calamar glacial Antártico, *Psychroteuthis glacialis*, el cual estuvo presente en el 83% de los contenidos estomacales analizados y representó el 57,2% en número y el 61,4% en masa del total de cefalópodos depredados. Por su parte el calamar *Slosarczykovia circumantarctica* fue la segunda especie en importancia, tanto en términos de frecuencia de ocurrencia (45,3%) como de abundancia numérica (31,2%). Cabe destacar que, ambas especies representaron en forma combinada poco más del 90% de la contribución porcentual al Índice de Importancia Relativa total (IRI).

En términos de frecuencia de ocurrencia les siguieron en importancia el calamar *Alluroteuthis antarcticus* (20,1%) mientras que, del resto de cefalópodos presa, sólo los octópodos *Pareledone charcoti* y *Pareledone turqueti* ocurrieron con una frecuencia superior al 10%. En términos de biomasa, las especies de calamar *P. glacialis*, *A. antarcticus*, *Kondakovia longimana* y *Gonatus antarcticus* representaron en conjunto el 90% de los cefalópodos depredados por *M. leonina*. (Tabla 2.3.2; Fig 2.3.2).

Sin embargo, si consideramos la composición taxonómica de los cefalópodos presa de *M. leonina* en forma discriminada según las 4 categorías sexo - edad preestablecidas, se puede observar que, más allá de la clara predominancia del calamar *P. glacialis* en su dieta, existen variaciones en cuanto a las proporciones relativas de los diferentes taxa presa.

La categoría A (juveniles de ambos sexos hasta 2 años de edad) presentó la menor diversidad específica de cefalópodos presa (n=5). La especie *S. circumantarctica* fue la segunda en importancia en términos de ocurrencia (47,4%) y abundancia numérica (30,8%) mientras que, en términos de biomasa la segunda especie en importancia fue *G. antarcticus* (10,1%). Por su parte los octópodos presentaron una frecuencia media de ocurrencia y una contribución en biomasa levemente superior al 10% (Tabla 2.3.3; Fig. 2.3.3).

La categoría B (hembras reproductivas de 3 o más años) en cambio se caracteriza por presentar la máxima diversidad específica de cefalópodos teuthoideos (n=8). El calamar *S. circumantarctica* es también en esta categoría la segunda especie en importancia en términos de ocurrencia (52,7%) y abundancia numérica (33,4%) mientras que *A. antarcticus* es el segundo en importancia en términos de biomasa (15,8%). Además es de destacar la poca relevancia de los octópodos en la dieta de esta categoría (Tabla 2.3.4; Fig.2.3.4).

En la categoría C (machos juveniles de 3 a 6 años), *S. circumantarctica* también constituye la segunda especie presa en importancia tanto por ocurrencia (27%) como por número (19,2%). Además, y al igual que en las hembras, el calamar *A. antarcticus* es la segunda especie importante en términos de biomasa (25,5%). Las diversas especies de octópodos adquieren mayor importancia, siendo su frecuencia media de ocurrencia mayor al 10% y contribuyendo poco más del 10% en número y biomasa a su dieta (Tabla 2.3.5; Fig. 2.3.5).

En la categoría D (machos subadultos/adultos) se observan ciertas características diferenciales respecto de las 3 categorías ya mencionadas. Los octópodos ocupan el segundo lugar en frecuencia de ocurrencia correspondiendo el máximo valor a la especie *Pareledone turqueti* (33,3%). Además, combinando todas las especies de octópodos, se observa que éstos comparten el segundo lugar en abundancia numérica junto con el calamar *S. circumantarctica* (20%). En términos de biomasa en cambio el calamar *Kondakovia longimana* le sigue en importancia a *P. glacialis* contribuyendo entre ambas especies al 74,5% de la biomasa total de cefalópodos depredados por esta categoría. Cabe destacar que las 3 especies octópodos halladas (*P. turqueti*, *P. charcoti* y *Adelieledone polymorpha*) presa de representaron el 17% en biomasa (Tabla 2.3.6; Fig. 2.3.6).

En la tabla 2.3.7 se pueden observar en forma comparativa las tallas de las distintas especies de cefalópodos depredadas por *M. leonina* discriminadas por categoría de sexo/edad.

Se evaluó la relación entre talla de la presa (expresada por la longitud rostral inferior de sus picos) y el porte del depredador (expresada por su longitud standard) combinando todas las especies presa de cefalópodos y todas las categorías de sexo /edad de los elefantes. La misma indicó para ambas variables una asociación débil de carácter positivo ($r=0,19$) y significativa ($P<0,05$) con una visible tendencia de los elefantes más juveniles a ingerir tallas menores de calamar (Fig. 2.3.7). En forma adicional, se analizó esta misma relación (talla presa – porte

depredador) pero en forma discriminada por especie de cefalópodo presa. El mismo indicó que sólo existió correlación significativa y de carácter positivo para dos especies presa, a saber, *P. glacialis* ($r: 0,26 P<0,01$) y *K. longimana* ($r: 0,66 P<0,05$), si bien esta última presentó una frecuencia de ocurrencia relativamente baja en la dieta, de modo que, la regresión positiva puede deberse al alto valor correspondiente a uno solo de los ejemplares de *M. leonina* analizados (Fig. 2.3.8).

La variación interanual, esto es por temporada de muestreo, en la composición taxonómica de los cefalópodos presa de *M. leonina* se puede observar para las categorías B, *i.e.*, hembras ≥ 3 años (Tabla 2.3.8.; Fig. 2.3.9) y C+D en forma combinada, *i.e.*, machos ≥ 3 años (Tabla 2.3.9; Fig. 2.3.10) que son las categorías mejor representadas a lo largo del período total de estudio. La misma se expresa en términos de contribución porcentual al IRI, frecuencia de ocurrencia, número y biomasa.

La dominancia de *P. glacialis* en la dieta de *M. leonina* es uniforme a través del tiempo si bien se observa en general un notable decremento en términos de frecuencia de ocurrencia, abundancia numérica y biomasa en las temporadas 1998 a 2000 (Figs. 2.3.9 y 2.3.10).

La presencia constante de *P. glacialis* como componente de la dieta de *M. leonina*, permitió comparar la variación de tallas depredadas a través del tiempo y entre sexos (≥ 3 años). Se detectaron diferencias interanuales significativas en las tallas depredadas (Anova anidado $P<0,01$). Sin embargo no se hallaron diferencias significativas entre sexos ni tampoco fue significativa la interacción de los factores sexo y temporada de muestreo. La variabilidad significativa entre individuos dentro de cada cruce de tratamientos podría ser consecuencia de la distribución espacial de los especímenes de *P. glacialis* depredados. (Tabla 2.3.10).

El análisis comparativo post hoc (Scheffé test) de la variación interanual en las tallas medias de *P. glacialis* depredado según el sexo de los elefantes, indicó que la misma fue mayor en las hembras que en los machos (Tablas 2.3.11 y 2.3.12).

El patrón de variación interanual de la talla media de *P. glacialis* depredado y el correspondiente al índice de condición nutricional de los elefantes marinos muestreados presenta cierta similitud en las hembras aunque no es evidente en los machos. Sin embargo existe una tendencia uniformemente negativa a través del tiempo en el tamaño corporal de *P. glacialis* depredado por ambos sexos de *M. leonina* (Figs. 2.3.11 y 2.3.12).

b) Peces: este taxón estuvo presente en el 17,9% (n=29) de los estómagos que contenían remanentes alimentarios (Tabla 2.3.1). Los mismos correspondieron a 20 hembras, 2 juveniles inmaduros, 3 machos juveniles y 4 machos subadultos/adultos. Sólo el 55,2% de esos estómagos (n=16) contenían otolitos y correspondieron a 11 hembras maduras, 2 machos adultos, 2 machos juveniles (≥ 3 años) y 1 juvenil inmaduro. Se extrajo un total de 232 otolitos (199 sagitales y 33 lapillus). La identificación de los 199 otolitos sagitales indicó la presencia de 10 taxones, de los cuales 7 fueron determinados hasta el nivel de especie (Tabla 2.3.13). Poco más del 90% correspondió a especies ícticas de hábitos pelágicos, correspondiendo el restante 10% a formas bentopelágicas y bentónico demersales. El número medio de otolitos sagitales removidos de un estómago dado fue $12,4 \pm 25,2$ (rango 1-105). El número mínimo y máximo de especies halladas por ejemplar muestreado fue 1 y 3 respectivamente. El estómago que contenía el máximo número de otolitos (n=105) correspondió a una hembra adulta, con un peso corporal estimado en 703,9 kg. De ellos, 102 pertenecieron a la especie *Gymnoscopelus nicholsi*, y los 3 restantes a *Electrona antarctica* los que representaron una biomasa estimada de 1722,2g y 31,6 g respectivamente.

La especie presa dominante y más frecuente del componente íctico de la dieta fue el mictófido *G. nicholsi* el cual estuvo presente en el 81,3% de los estómagos que contenían otolitos y representó el 74,6% en número y el 66,4% en masa del total de peces identificados. Asimismo esta especie contribuyó con poco más del 90% al Índice de Importancia Relativa total. En términos de ocurrencia le siguieron en importancia el notothenido *Pleuragramma antarcticum* y el myctófido *E. antarctica*, ambos presentes en el 25% de los estómagos analizados. Asimismo, *P. antarcticum* fue la segunda especie en abundancia numérica (9,1%) mientras que otro notothenido, *Gobionotothen gibberifrons* fue la segunda especie en contribución de biomasa (13,1%; Fig. 2.3.13).

Sin embargo, al discriminar la composición taxonómica de los peces presa, según el sexo de los elefantes, se observa una contribución diferencial de las distintas especies ícticas. La misma esta básicamente dada por un menor aporte de *G. nicholsi* y una mayor presencia de *G. gibberifrons*, como así también por una ausencia total de peces channichthyidos en la dieta de los ejemplares macho en comparación con las hembras. Asimismo se observa una marcada

diferencia en la contribución porcentual de *G. nicholsi* al IRI total entre hembras y machos (94,8% vs. 55,9%) (Tablas 2.3.14 y 2.3.15; Figs. 2.3.14 y 2.3.15). El rango de talla estimado para todas las especies ícticas identificadas fue 73,5 – 292,1 mm, correspondiendo al mictófido *E. antártica* el porte más pequeño y al channichthyido *Chionodraco myersi* el máximo.

La longitud standard media estimada de la principal especie presa, *G. nicholsi* fue 139,3mm. \pm 12,2 (rango: 95,3 – 168,8 mm) y su rango de masa estimada 9,7 – 59,1 g.

Por su parte la segunda especie en importancia, *P. antarcticum*, presentó una longitud standard media estimada de 132,7mm \pm 44,3 (rango: 90,7 – 226,2mm) y un rango de masa estimada: 5,0 – 92,8 g. Las distribuciones de frecuencias de tallas estimadas de las dos especies presa mencionadas se presentan en las figuras 2.3.16 y 2.3.17. La clase modal de talla correspondiente a *G. nicholsi* (150-155mm) es notablemente mayor que aquella de *P. antarcticum* (100-110 mm), si bien esta última especie presa presenta adicionalmente una segunda clase modal (170-180mm).

e) Crustáceos: Se hallaron restos correspondientes a este taxón en el 12,4% (n=22) del total de 162 estómagos de ejemplares de *M. leonina* que contenían remanentes alimentarios siendo su presencia de poca relevancia en la dieta (Tabla 2.3.1). En su mayoría estuvieron representados por fragmentos aislados de apéndices o exoesqueletos por lo que su identificación a niveles taxonómicamente inferiores fue dificultosa. No obstante ello, en aquellas muestras en que se pudieron identificar, los mismos resultaron pertenecer mayoritariamente al Orden Anfípoda. Por otra parte representantes de los órdenes Isopoda y Decapoda (Natantia) se hallaron en un estómago cada uno, mientras que en otros 2 ejemplares muestreados se identificaron restos del orden Euphausiacea (krill).

d) Dieta general: Tomando en cuenta los dos principales ítems alimentarios de *M. leonina*, cefalópodos y peces, se realizó un análisis comparativo de la composición de la dieta entre machos y hembras (≥ 3) a través del tiempo a partir de una tabla de contingencia que incluyó los diferentes taxa presa, las temporadas (años de muestreo), el sexo de los elefantes y la frecuencia de ocurrencia de cada taxón presa (Tabla 2.3.16). El resultado del test log lineal de

frecuencias indicó diferencias significativas en las frecuencias de ocurrencia de los diferentes taxa presa que componen la dieta de machos y hembras como así también entre temporadas. Además la interacción año sexo también resultó significativa ($p < 0,01$). (Tabla 2.3.17).

En forma complementaria, el análisis factorial de correspondencia permitió obtener un cuadro más explícito del comportamiento de alimentación de *M. leonina* en forma diferenciada según las distintas categorías de sexo/edad preestablecidas. El mismo corroboró la existencia de un patrón diferenciado de asociación entre los distintos taxones presa y las diferentes categorías sexo/edad de los elefantes.

En la tabla 2.3.18 se observan las variables categóricas seleccionadas, *i.e* los distintos taxones presa y categorías sexo/edad de elefante a partir de los cuales se realizó el análisis de correspondencia. En la tabla 2.3.19 se observan las dimensiones extraídas, sus eigenvalores y la contribución de cada uno de ellos para explicar la inercia total (porcentaje con que contribuyen al valor del Chi^2 total). Se puede observar que las primeras dos dimensiones dan cuenta de poco más del 85% de la inercia (Fig. 2.3.18).

El gráfico bidimensional resultante (Fig. 2.3.19), en el que se ubican espacialmente las variables analizadas indica:

1. Una asociación entre machos subadultos /adultos de edad ≥ 7 años (categoría D) con los octópodos y en menor grado con el teuthoideo *Moroteuhtis knipovitchi*.
2. Las hembras son las que tienen una dieta más variada en relación a las demás categorías de elefante y dicha dieta esta asociada mayoritariamente a cefalópodos teuthoideos.
3. Los machos juveniles de edad ≥ 3 y ≤ 6 años (categoría C) poseen una dieta intermedia con respecto a la de hembras y machos adultos, que incluye cefalópodos teuthoideos, peces y octópodos.
4. Los juveniles inmaduros (categoría A) están poco identificados con algún tipo particular de dieta.

2.3.2. Análisis de materia fecal: Se colectó un total de 85 muestras de materia fecal durante tres temporadas (2000 $n=15$; 2002 $n=41$; 2003 $n=29$), de las cuales el 8,3% ($n=7$) se consideraron como vacías, dada la ausencia total de remanentes. Esta últimas presentaron una

consistencia semilíquida a líquida. El restante 91,7% (n=78) presentó algún remanente identificable aunque no necesariamente alimentario.

Si consideramos en forma conjunta las tres temporadas de recolección de fecas se puede observar que los ítems más comunes en este tipo de muestras fueron los acantocéfalos y los nematodos con una frecuencia media de ocurrencia de 75,8% y 60,5% respectivamente. Le siguieron en proporción decreciente fragmentos de algas, pelos, plumas de pingüinos y piedras (Fig. 2.3.20). En la tabla 2.3.20 se indican las frecuencias de ocurrencia de los diferentes ítems hallados en las fecas colectadas para cada una de las 3 temporadas y para el período total de muestreo.

Tanto para las temporadas 2001/02 como 2002/03, se pueden observar además, las frecuencias de ocurrencia de los diferentes ítems hallados en forma discriminada según fuera época reproductiva o de muda (Fig 2.3.21). El análisis comparativo de las frecuencias de ocurrencia de los diferentes ítems entre la época reproductiva y de muda indicaron que los remanentes de pingüinos y los pelos o porciones de epidermis con pelos aumentan su presencia en la época de muda, mientras que disminuye la ocurrencia de acantocéfalos, nematodos y fragmentos de algas en relación a la época reproductiva.

Es de destacar que los dos taxones predominantes en la dieta de *M. leonina*, según la metodología de lavaje estomacal (i.e. cefalópodos y peces) tuvieron una presencia mínima a nula en las muestras de materia fecal. Sólo se extrajeron 2 picos de cefalópodos teuthoideos, 1 superior y otro inferior de una muestra colectada cerca de una hembra adulta en el inicio de la muda. Se identificó el pico inferior como perteneciente al calamar *S. circumantarctica*, la segunda especie en términos de abundancia numérica y ocurrencia del componente cefalópodos de la dieta de *M. leonina*. En general, la mayoría de las muestras de materia fecal presentaron remanentes difícilmente identificables.

Finalmente, y en relación a los dos ítems que predominaron en este tipo de muestras (nematodos y acantocéfalos) los mismos fueron analizados en el Centro de Parásitos y Vectores (CEPAVE – CONICET – La Plata). La identificación preliminar indicó que los nematodos, estaban representados por los géneros *Contracaecum* y *Pseudoterranova* (Familia Anisakidae, Superfamilia Ascaridoidea), habiéndose enviado parte de los especímenes a Italia para un ulterior análisis genético molecular el que aún se halla en curso (Lucas Garbin com.

pers.). En cuanto a los acantocéfalos, su identificación preliminar indicó que están representados básicamente por el género *Corynosoma* (Familia Polymorphidae; Julia Díaz, com. pers.). Cabe aclarar que las identificaciones se pudieron realizar sólo a partir de especímenes extraídos de los contenidos estomacales puesto que aquellos removidos de las fecas generalmente se hallan muy deteriorados o desintegrados (Graciela Navone, com. pers.)

2.4. DISCUSIÓN:

2.4.1 Sobre la metodología aplicada:

Los estudios dietarios de depredadores tope en los ecosistemas marinos presentan dificultades intrínsecas pues aún cuando se realicen observaciones directas, usualmente sólo una parte de la dieta total esta disponible para su análisis (Walker y Mako 1999). Las estimaciones de dieta en pinnípedos están sesgadas hacia la etapa reproductiva y de muda de su ciclo vital al ser durante estos 2 períodos en que los animales se encuentran más accesibles para el muestreo.

Existen 3 fuentes tradicionales de información para los estudios de dieta en pinnípedos (Croxall 1993):

- 1. Estómagos completos (e intestinos) de animales sacrificados para tal fin.**
- 2. Muestras parciales de contenidos estomacales obtenidos de ejemplares vivos mediante el uso ya sea de eméticos o técnicas de flujo estomacal e incluso por regurgitación natural, (fenómeno no observado en *M. leonina*).**
- 3. Colecta de materia fecal:**

Sin embargo, en la última década y media han surgido nuevas técnicas que permiten analizar el hábito alimentario de numerosas especies de mamíferos marinos y terrestres que junto con las tradicionales proporcionan valiosa información complementaria sobre su dieta, lo que permite conocer más ampliamente el espectro trófico de la especie en estudio. Estas técnicas son:

- 4. Análisis de isótopos estables**
- 5. Análisis de marcadores de ácidos grasos**
- 6. Análisis de ADN a partir de remanentes extraídos de fecas**

En forma breve se reseña a continuación los fundamentos de estas metodologías relativamente más recientes (4,5,6) y se discuten sus limitaciones o sesgos en relación con las más tradicionales (1,2,3), que son las que se emplearon en el presente estudio.

4. Análisis de isótopos estables: Aquellos estudios dirigidos a investigar el flujo de energía del carbono trófico y las estructuras de las tramas tróficas de los ecosistemas dulceacuícolas y marinos han empleado en forma creciente las proporciones o cocientes de isótopos estables como marcadores naturales. Asimismo, este tipo de análisis en los tejidos animales ha emergido como una poderosa técnica para determinar el nivel trófico en el cual ocurre la actividad de alimentación de una especie dada. Además, en aquellos casos en que los cocientes isotópicos de los diferentes ítems presa se conocen, se puede obtener en forma adicional, información sobre la composición dietaria real (Wada *et al.* 1993 Hobson 1997). Esta metodología no letal ni invasiva implica la obtención de muestras de tejidos tales como pelos, piel, vibrisas, sangre, uñas y plumas entre otros. La investigación de la trofodinámica mediante esta metodología está enfocada principalmente en el carbono y el nitrógeno dado que el cociente isotópico de estos 2 elementos varía en relación a la dieta, nivel trófico y localidad de alimentación (Owens 1987). Los valores de los isótopos de C y N ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) difieren entre los organismos y sus respectivas dietas debido a la leve retención selectiva del isótopo pesado y la excreción del isótopo liviano. Como resultado de esto, los organismos tienden a retener el isótopo pesado, por lo que se transforman en “enriquecidos” y a tener un valor isotópico más alto que el de la dieta. Debido a que éste es un proceso a largo término los cocientes de isótopos estables en un tejido pueden reflejar la dieta de semanas y hasta meses previos. Generalmente hay un enriquecimiento de aproximadamente 3,0 ‰ en nitrógeno y del 0,8‰ en carbono por nivel trófico (Wada *et al.* 1991). Las diferencias en los cocientes de isótopos del nitrógeno se utilizan más comúnmente para predecir el nivel trófico del organismo en estudio (Hodum y Hobson 2000, Kelly 2000). Los isótopos del carbono en cambio, al diferir en mayor grado entre cadenas alimentarias terrestres vs. marinas, costeras vs. neríticas, y pelágicas vs. bentónicas que entre niveles de una misma cadena, se utilizan más frecuentemente para inferir el área de alimentación (Burton y Koch 1999, Lesage *et al.* 2001). Si bien como consecuencia de una variedad de factores, pueden surgir diferencias en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre organismos y entre tejidos de un mismo organismo en estudio

(v.g. el hígado y los riñones pueden presentar valores de C¹³ más altos en relación a la dieta mientras que el tejido cerebral presenta valores ligeramente menores que los demás tejidos), los isótopos estables han demostrado ser una herramienta muy importante para interpretar la dieta cuando se utilizan en forma combinada con las técnicas tradicionales de análisis (DeNiro y Epstein 1978, Hobson *et al.* 1997).

5. Análisis de ácidos grasos: Esta técnica ofrece una alternativa relativamente no invasiva de investigación de la dieta, requiere una cantidad pequeña de muestras y se basa en la hipótesis de que los ácidos grasos de la presa consumida por el depredador se mantienen esencialmente inalterados durante el proceso de digestión (en mamíferos carnívoros), y varios de estos ácidos se depositan en la leche o en el tejido adiposo de éste último, con modificaciones mínimas a nulas lo que provee una marca o firma de la presa dentro del perfil del ácido graso del depredador (Iverson 1993).

Según esta autora, se consideran 3 categorías a la hora de determinar el origen de un perfil de ácidos grasos en un depredador

1. Aquellos componentes que pueden ser fácilmente biosintetizados por el animal.
2. Aquellos componentes que pueden ser biosintetizados, pero que, a los niveles hallados son más probablemente de origen dietario.
3. Aquellos componentes que sólo pudieron tener su origen en la dieta (v.g. todos los ácidos grasos poliinsaturados con doble enlace no posicionado en el C3 o C6 (LC-PUFA), algunos ácidos grasos no usuales, etc.)

Las categorías 2 y 3 representan ácidos grasos indicadores. Para explicarlo en mayor detalle, durante la digestión, los ácidos grasos pasan a la circulación sanguínea y sólo aquellos cuya longitud de cadena de carbono es superior a 14, permanecen intactos a través del proceso digestivo y son retenidos dentro del depredador, por ejemplo en la grasa subcutánea. De este modo es posible distinguir entre aquellos ácidos grasos que pudieron ser sintetizados por el animal y aquellos que solamente pudieron provenir de la presa ingerida (Smith *et al.* 1997). Esta es la base sobre la cual se sustenta esta técnica en la aplicación de los ácidos grasos como rastreadores de dieta y constituye un medio indirecto que complementa las otras metodologías de estudios dietarios arriba mencionadas. A modo de ejemplo el análisis de marcas de ácidos grasos en la leche de hembras de lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*) dió resultados

similares a los del análisis de materia fecal, indicando ambas metodologías una dieta basada en krill (Iverson *et al.* 1997, Brown *et al.* 1999).

No obstante, los resultados derivados del análisis de contenidos estomacales de *M. leonina* en Georgias del sur contrastaron con los indicados por los ácidos grasos (Brown *et al.* 1999). Sobre este caso en particular se volverá a hacer mención en la presente sección. Asimismo se ha observado diferencias significativas en la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea de hembras de foca gris (*Halichoerus grypus*) y la leche secretada para sus cachorros dando evidencia de que en ciertas especies los ácidos grasos de la dieta sí experimentan alteraciones una vez depositados en el tejido adiposo subcutáneo (Grahl-Nielsen *et al.* 2000). Entre las dificultades que se presentan a la hora de interpretar los perfiles de ácidos grasos podemos mencionar: la incorporación de ácidos grasos provenientes de ítems presa secundarios, esto es, no consumidos directamente por el depredador, la amplia variación en las marcas de ácidos grasos de una misma especie presa según la edad, porte y localización geográfica de la misma. Asimismo, la efectividad de esta metodología es mayor en especies depredadoras que consumen una variedad relativamente baja de especies presa pues en el caso de alimentadores generalistas existen ítems presa cuyas composiciones de ácidos grasos son química e isotópicamente similares pudiendo dificultarse su identificación a partir de la composición química de la grasa subcutánea (Borobia *et al.* 1995). Cabe destacar que en varios trabajos basados en esta metodología se ha enfatizado la escasez de datos sobre perfiles de ácidos grasos de especies presa potenciales (especialmente peces y cefalópodos) en las bases de datos utilizadas para analizar en forma comparativa con los perfiles de las especies depredadoras (Borobia *et al.* 1995, Brown *et al.* 1999, Bradshaw *et al.* 2003). Otro factor que limita la interpretación de los perfiles de ácidos grasos lo constituye la presencia de estratificación en la distribución de ácidos grasos en la grasa subcutánea del depredador, observándose una deposición y movilización diferencial de los ácidos grasos incorporados en la dieta según sea la capa (externa o interna) de la misma. La capa interna es más activa metabólicamente al tener una proporción más alta de ácidos grasos insaturados en su composición que la capa más externa, que es más estable. Por tal razón, se considera que la capa más externa es más representativa de la dieta a largo término mientras que la capa interna es la región donde los ácidos grasos dietarios se depositan en primera instancia. Este

fenómeno de estratificación ha sido reportado tanto en cetáceos como en fócidos (Kakela *et al.* 1993, Koopman *et al.* 1996). Más recientemente Best *et al.* (2003) confirmaron la estratificación de la capa de grasa subcutánea en *M. leonina*, y analizaron sus implicancias en la interpretación de la dieta de la especie. Estos autores concluyeron que el análisis del estrato de grasa subcutánea total puede dar resultados diferentes a aquellos realizados a partir de la capa interna o externa solamente, remarcando la necesidad de que la capa interna sea incluida al momento del muestreo a efectos de estandarizar la metodología.

6) Análisis de ADN en fecas (Escatología molecular): La utilización de técnicas basadas en el análisis de ADN para la identificación de remanentes presa hallados en la materia fecal de mamíferos marinos es relativamente reciente (Deagle *et al.* 2005, Casper *et al.* 2007). Esta metodología se basa en reconocer secuencias de ADN que sean de carácter único para un taxón presa dado de modo tal que dichas secuencias se puedan utilizar como biomarcadores para la detección de células de ese taxón particular en la muestra de materia fecal del depredador. Estas secuencias se pueden detectar utilizando la reacción en cadena polimerasa, comúnmente conocida como PCR, la cual permite que muy pequeñas cantidades de la secuencia de ADN blanco sean amplificadas, mediante primers específicos de cada presa (Jarman *et al.* 2004). El ADN de la presa puede ser identificado tanto de partes duras como blandas halladas en las fecas. Experimentos realizados en cautividad con otáridos (*Arctocephalus* sp., y *Eumetopias jubatus*) indicaron que el ADN de la presa puede ser detectado hasta 48 hs posteriores a la ingesta. No obstante esta técnica es limitada a la hora de hacer estimaciones cuantitativas dado que las cantidades de ADN de las distintas presas presentes en las fecas son altamente variables entre muestras (Deagle *et al.* 2005). Es por esta razón, que se suele combinar esta metodología con la de análisis morfológico convencional de remanentes presa en fecas (otolitos, piezas óseas, picos, gladios) a efectos de obtener un cuadro más preciso del espectro trófico del depredador (Casper *et al.* 2007).

Cabe destacar que en estas 3 metodologías mencionadas se plantea como factor común de primordial importancia la necesidad de contar con bases de datos de referencia de los potenciales taxones presa del depredador lo suficientemente amplias a efectos de poder tener una mayor probabilidad de poder identificarlas sistemáticamente. Este no es un factor fácil de cumplimentar para una especie como *M. leonina*, particularmente la población de Isla 25 de

Mayo, cuyas áreas de alimentación se encuentran en zonas antárticas de difícil acceso, lo que requiere una logística de no fácil disponibilidad por parte de nuestro país.

Las técnicas tradicionales (1,2,3) de análisis dietario en mamíferos marinos, aplicadas en la presente tesis, involucran en gran parte la identificación de partes duras (vg. otolitos, picos). Una vez que, a partir de estos remanentes traza se identifica el taxón presa es posible estimar la talla y biomasa de los ítems presa individuales y consecuentemente la proporción en masa con que contribuye ese taxón presa en la muestra analizada (Laws 1993). Según el tipo de muestreo aplicado, diferentes tipos de presa (vg. peces, cefalópodos) pueden predominar en la muestra obtenida (fecas, contenido estomacal) e incluso aquellos taxones que carecen de partes duras o son fácilmente digeribles pueden ser subestimados, lo que significa que es dificultoso determinar las verdaderas proporciones de los diferentes taxones presa a menos que éstos se encuentren intactos, fenómeno de por sí poco probable (Jobling 1987). En contraste, aquellas partes duras no fácilmente digeribles, como los picos de cefalópodos, que tienden a acumularse en el tracto digestivo del animal pueden llevar a sobreestimar la importancia de ese taxón presa (Smith y Whitehead 2000). Laws (1993) enfatizó, en su trabajo de revisión de técnicas de estudio de dieta en mamíferos antárticos, la necesidad de profundizar en estudios sobre las tasas de pasaje de alimento, digestibilidad y digestión del material alimentario a fin de reducir los sesgos potenciales asociados a estas técnicas. Es por tal razón que, en el presente estudio, al momento de evaluar la importancia relativa de cada taxón presa, en particular los cefalópodos y los peces, se tomaron ciertos factores en consideración:

a) La distancia entre las áreas de alimentación y los sitios reproductivos o de muda de los elefantes marinos

Numerosos estudios sobre los desplazamientos en el mar de *M. leonina* a través de telemetría satelital, han mostrado que tanto los machos como las hembras pueden viajar grandes distancias (v.g. 3000 km), durante la fase pelágica de su ciclo anual (McConnell *et al.* 1992, McConnell y Fedak 1996, Jonker y Bester 1998). Específicamente para la población de Isla 25 de Mayo, Bornemann *et al.* (2000) y Tosh *et al.* (2009) reportaron viajes de poco más de 1500 km tanto para individuos juveniles como así también hembras y machos adultos en su

viaje post muda. No obstante, estos estudios también han revelado, para todos los grupos de edad analizados, que una considerable proporción de ellos centran su actividad de alimentación en zonas más cercanas a las Islas Shetland tales como el Mar de la Flota, la plataforma continental en el extremo de la península Antártica y zonas intermedias entre las Shetland y las Orcadas del Sur las cuales se localizan a distancias máximas de 400 km de Isla 25 de Mayo, esto es, del lugar donde se ha realizado el muestreo.

b) Tasa de pasaje del alimento a través del tracto gastrointestinal de la especie depredadora.

La tasa de digestión del elefante marino del norte (*M. angustirostris*), en cautiverio analizada mediante el tiempo inicial de defecación (TID) esto es, el tiempo transcurrido desde la ingestión de una comida marcada y su primera aparición en las heces fue de 4,8 hs (Helm 1984). Por su parte, Krockenberger y Bryden (1994) estimaron un TID promedio de 9 hs para ejemplares en cautiverio de *M. leonina*. Estos autores sugirieron además que, cuando la defecación es relativamente infrecuente como es el caso del elefante marino del sur, un mejor índice de la tasa de pasaje de alimento es el tiempo medio de retención (TMR), calculado como la concentración de un marcador en una feca dada colectada a diferentes horas a lo largo de un intervalo de tiempo después del dosaje. El TMR estimado para *M. leonina* fue de 13 hs. Por su parte, Bigg y Fawcett (1985) estudiando las tasas de digestión de peces (*Chupea harengus*) y calamares (*Loligo opalescens*) en el otárido *Callorhinus ursinus* observaron que, en promedio, el 90% de la digestión de calamares ocurría en 4,4 hs mientras que el 90% de los peces era digerido dentro de 8,3 hs de producida la ingesta, concluyendo que las partes carnosas del calamar son más rápidamente digeridas que las de un pez. No obstante, y en contraste con esto, las partes duras como las mandíbulas quitinosas (picos) de calamar son resistentes a la digestión y pueden ser retenidas en las rugosidades del estómago o en el esfínter pilórico como resultado de su forma irregular, mientras que las piezas óseas y otolitos de peces son digeridos más fácilmente y pasan más rápidamente hacia el intestino. De aquí que, los picos de cefalópodos puedan estar presentes luego de varios días de haber sido ingeridos.

Tollit *et al.* (1997) analizando las tasas diferenciales de digestión de otolitos y picos mediante experimentos de alimentación con ejemplares de *Phoca vitulina* en cautividad, reportaron que

se podían recuperar remanentes duros de los items presa hasta 7 días posteriores a la ingesta. En forma coincidente con lo anteriormente expuesto, Harvey y Antonelis (1994) analizando los sesgos potenciales asociados al muestreo de los hábitos alimentarios de elefantes marinos del norte, *M. angustirostris*, en cautiverio mediante lavaje estomacal, reportaron que los picos de cefalópodos a menudo permanecían en los estómagos hasta 9 días después de la ingesta controlada. Por el contrario otolitos relativamente poco digeridos se colectaban sólo dentro de las 24 hs. posteriores a la ingesta. Si se asume que el tiempo de permanencia de estas estructuras en el estómago de *M. leonina* puede ser aproximadamente equivalente al reportado para *P. vitulina* y al de su congénere del hemisferio norte (*M. angustirostris*) y además se toma en consideración que al menos, para los individuos adultos de elefante marino del sur se han reportado velocidades de desplazamiento que oscilan desde 30 hasta 70 km/día (McConnell y Fedak 1996, Bornemann *et al.* 2000, Tosh *et al.* 2009), las presas obtenidas por el método de análisis de contenido estomacal pueden bien suponerse como provenientes, en el caso de cefalópodos, de áreas distantes hasta 350 km y en el caso de los peces de al menos hasta 50 km del sitio de muestreo (asumiendo una velocidad promedio de desplazamiento de 50 km diarios) lo cual bien reflejaría el hábito alimentario de la población de elefante marino del sur en el área circundante a las Islas Shetland del sur (i.e., área 48.1, e incluso el área 48.2, fijada por la CCRVMA; Figs. 2.1 y 2.2).

2.4.2 Sobre el componente cefalópodos en la dieta de *M. leonina* en relación a otros apostaderos del Océano Austral:

La composición taxonómica de los cefalópodos presa de *M. leonina* en forma global, esto es, sin distinguir categorías de sexo/edad, estuvo mayoritariamente representada por el calamar glacial antártico, *P. glacialis* el que estuvo presente en el 83% de los contenidos estomacales analizados y representó el 57,2 % en número y el 61,4% en biomasa del total de cefalópodos depredados (Tabla 2.3.2, Fig 2.3.2). Cabe aclarar además, que la dominancia de esta especie presa se manifestó en todas las categorías de sexo/edad de elefantes preestablecidas (Tablas 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5 y 2.3.6, Figs. 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5 y 2.3.6). En términos de frecuencia de ocurrencia sólo cuatro especies adicionales ocurrieron en al menos el 10% de los ejemplares muestreados: los teuthoideos *S. circumantarctica* y *A. antarcticus* y los octópodos *P. charcoti*

y *P. turqueti*. En términos de abundancia numérica *S. circumantarctica* fue la única especie que se ubicó segunda en importancia de modo uniforme en todas las categorías, mientras que en biomasa tan sólo cuatro especies de teuthoideos *P. glacialis*, *K. longimana*, *A. antarcticus* y *G. antarcticus* representaron el 90% de la biomasa total de cefalópodos depredada.

La contribución claramente dominante del calamar glacial antártico *P. glacialis* al componente cefalópodos de la dieta de la población de elefantes marinos de Isla 25 de Mayo, constituye un fenómeno distintivo si lo comparamos con los estudios dietarios de este mismo fócido provenientes de otras localidades del Océano Austral.

La misma especie de calamar también ha sido reportada como un ítem presa común de *M. leonina* en isla Signy, Orcadas del sur (Clarke y MacLeod 1982a). Si bien en un principio su contribución a la dieta no pareció ser importante, los picos inferiores de “una especie de teuthoideo no identificado” de la colección obtenida en ese estudio fue identificada años más tarde por Rodhouse *et al.* (1992) como pertenecientes a *P. glacialis*. Por lo tanto esta especie representó finalmente el 26% en número, el 54,5% en frecuencia de ocurrencia y poco más del 15% en biomasa. Cabe destacar que en este estudio se identificaron en total 7 taxones presa (6 teuthoideos y 1 octópodo) a partir de sólo 11 estómagos muestreados y la mayor contribución en biomasa correspondió a una especie de octópodo no identificada (59,9%) pero que se halló en un solo ejemplar macho subadulto de elefante por lo tanto su importancia podría estar relativamente sobreestimada. Un estudio dietario posterior realizado por Rodhouse *et al.* (1992) en islas Georgias del sur, basado en 51 ejemplares de elefante marino durante la época de muda de las temporadas 1986/87 y 1988/89 también señalaron a *P. glacialis* como el taxón presa más frecuente (ocurrencia 80%) e importante en términos numéricos (33,7% de 1070 picos inferiores) aunque su contribución en biomasa fue mucho menor (15,4%). El total de taxa presa identificadas en este estudio fue de 16 (14 teuthoideos y 2 de octópodos). Cabe remarcar que la importancia de *P. glacialis* varió entre temporadas. En 1986 su abundancia numérica fue relativamente baja (13,5%) y si bien estuvo presente en el 61% de los estómagos muestreados, sólo representó el 3,5% de la biomasa total de cefalópodos consumidos. En su lugar el calamar *M. knipovitchi* fue la especie presa dominante contribuyendo con el 40,3% en biomasa, poco más del 20% en número y ocurriendo en el 72% de los especímenes muestreados. Sin embargo en 1988/89 se reportó

una declinación de esta última especie en la dieta y en forma concomitante un incremento de *P. glacialis* que para esa temporada fue la especie presa más frecuente (Frec. Oc.: 93%) y abundante (40,9 % en número) contribuyendo en poco más del 25% en biomasa. Cabe destacar que, los dos estudios arriba mencionados, junto con aquellos de Daneri *et al.* 2000 y Piatkowski *et al.* 2002 (ambos remarcaron la predominancia de *P. glacialis* como ítem presa de hembras de *M. leonina* en islas Shetland del sur), son los únicos a la fecha que han reportado información específica sobre la interacción cefalópodos-*M. leonina* en el sector Atlántico del Océano Austral.

En el apostadero reproductivo de elefantes marinos de isla Heard, situada en el sector Índico del Océano Austral, los cefalópodos presa de 54 ejemplares, estudiados por la técnica de lavaje estomacal, estuvieron representados por un total de 15 taxones de calamar dominados numéricamente por la especie *Moroteuthis ingens*, el que junto a *M. knipovitchi*, *A. antarcticus* y *K. longimana* totalizaron poco más del 90% de la biomasa estimada de cefalópodos consumida (Green y Burton 1993). Adicionalmente, estos mismos autores, analizaron los contenidos estomacales de 71 ejemplares de elefante marino en Isla Macquarie, (situada en el sector Pacífico del Océano Austral), identificando 18 taxones presa correspondientes a cefalópodos teuthoideos. El calamar subantártico *Histioteuthis eltaninae* fue el taxón presa más abundante, el que, conjuntamente con *M. knipovitchi*, *A. antarcticus* y *K. longimana* constituyeron casi el 80% de la biomasa de cefalópodos estimada. La presencia de octópodos (no identificados) en ambos estudios fue insignificante mientras que por su parte el calamar *P. glacialis* fue un ítem presa de poca relevancia en la dieta de estas dos poblaciones de *M. leonina*. Sin embargo, y en contraste con estos resultados, un estudio posterior realizado en isla Heard por Slip (1995) indicó que, sobre un total de 17 especies de cefalópodos identificadas, *P. glacialis*, fue el taxón presa más abundante comprendiendo más del 20% en número. No obstante, en términos de frecuencia de ocurrencia y biomasa fue ampliamente superada por la especie *K. longimana* (31% vs. 51% y 5,3% vs. 40,1% respectivamente). Más recientemente, en Isla Macquarie se han realizado 2 estudios dietarios de *M. leonina* aunque con enfoques diferentes. Van den Hoff (2004) analizó en forma comparativa los cefalópodos presa de 45 ejemplares juveniles (< 3 años) de elefante marino y los de la merluza negra *Dissostichus eleginoides* en áreas adyacentes a la isla, a efectos de

evaluar la existencia o no de solapamiento por el recurso presa entre ambas especies depredadoras. De los resultados obtenidos sobre el análisis dietario de *M. leonina*, reporta la identificación de 16 especies presa de calamar siendo aquellas pertenecientes al género *Moroteuthis* las más consumidas, representando el 35% en número, siguiéndole *S. circumantarctica* y *A. antarcticus* con el 17,6% y el 10,8% respectivamente. Por su parte las especies *Martialia hyadesi* y *A. antarcticus* en forma conjunta con especies del género *Moroteuthis* constituyeron casi el 85% de la biomasa total de cefalópodos consumida.

El estudio dietario más reciente en esta misma localidad se basó en el análisis de contenidos estomacales de 141 ejemplares juveniles (≤ 3 años) de elefante marino (Field *et al.* 2007). Se identificaron 15 taxones presa de cefalópodos teuthoideos. Las especies de calamar más frecuentes (Frec. Oc. $> 60\%$) y abundantes fueron *Histioteuthis eltaninae*, *S. circumantarctica* y *A. antarcticus* las que constituyeron respectivamente el 35%, el 17,3% y el 15% en número. Cabe destacar, a partir de estos dos últimos estudios dietarios de Isla Macquarie, la ausencia de octópodos en la dieta de *M. leonina*, como así también la poca relevancia de *P. glacialis* como ítem presa. En forma diferencial a lo hasta ahora expuesto, Van den Hoff *et al.* (2003), a través de un estudio dietario realizado en Vincennes Bay (Antártida oriental) basado en el análisis de contenidos estomacales de 23 ejemplares macho de elefante marino al inicio del período de muda, indicaron que sólo 2 especies de calamar estaban presentes en su dieta.

Sólo 8 de los estómagos presentaban remanentes alimentarios y de ellos se extrajeron un total de sólo 11 picos de cefalópodos. Su identificación indicó que el taxón presa más frecuente (Frec. Oc: 75%) y dominante fue *P. glacialis*, la que representó el 81,8% en número. Por su parte *A. antarcticus*, contribuyó en mayor proporción que *P. glacialis* en términos de biomasa (79,7% vs. 21,1%).

De los pocos estudios dietarios de *M. leonina* basados en metodologías más modernas, merece mencionarse el de Brown *et al.* (1999), quienes mediante el análisis de marcadores de ácidos grasos en leche de hembras de elefante marino en Islas Georgias del sur, concluyeron que su dieta estaba asociada más estrechamente a peces que a cefalópodos, este último taxón representado sólo por el calamar ommastreídeo *Martialia hyadesi*. Sin embargo estos mismos autores plantearon ciertas limitaciones en este estudio en parte, por contar con una base de datos muy limitada de perfiles de ácidos grasos de presas potenciales, particularmente de

cefalópodos (n=1) y en parte porque los resultados diferían en cuanto a la importancia relativa de *M. hyadesi* en la dieta según el número ácidos grasos tomados en consideración y el tipo de test estadístico empleado (CART, Análisis de clusters).

El único estudio de dieta de *M. leonina* basado en análisis de isótopos estables se realizó en hembras reproductivas pertenecientes a la colonia de Islas Kerguelen, en el Sector Índico del Océano Austral (Cherel *et al.* 2008). A partir de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de las presas potenciales y los hallados en las hembras de elefante se concluyó que las mismas probablemente se alimentaban en mayor proporción de peces mictófidios que de cefalópodos. Entre los calamares, sólo los ommastréfidos *M. hyadesi* y *Todarodes* sp. presentaron valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ que se ajustaban bien a aquellos correspondientes a presas teóricas de *M. leonina*. No obstante, estos autores remarcaron que, en teoría, no se podía descartar la posibilidad de que *M. leonina* se alimente de una dieta mixta de peces y cefalópodos o aún más, de sólo una amplia variedad de calamares (vg. especies de teuthoideos con valores isotópicos altos y bajos de $\delta^{15}\text{N}$ que resulten en un valor intermedio integrado para *M. leonina*).

En la Tabla 2.4.1 se puede corroborar la contribución diferencial del calamar *P. glacialis* al componente cefalópodos de la dieta de *M. leonina* de la población de Isla 25 de Mayo, siendo la misma notablemente mayor que en otras colonias. En forma adicional, en la tabla 2.4.2 se indican las tallas de las principales especies de cefalópodos presa de *M. leonina* identificadas en el presente estudio, en forma comparativa con aquellas de estudios dietarios previos provenientes de otras cuatro localidades del Océano Austral. De la misma se desprende que, en términos generales, existe una relativa similitud en el porte de los diferentes taxones depredados.

Otro rasgo peculiar observado a partir del análisis global de la dieta de cefalópodos en el presente estudio es la menor diversidad específica de ítems presa de esta población de elefantes marinos en comparación con la de aquellas cuyos asentamientos se localizan a menores latitudes del Océano Austral (vg. Heard, Macquarie, Kerguelen, Georgias del sur). Más aún, se puede generalizar este fenómeno indicando que, sobre la base de los estudios dietarios de *M. leonina* hasta ahora realizados, cuánto más austral es la localidad de muestreo menor es la diversidad específica de presas (Fig. 2.4.1).

Esto puede explicarse, al menos en parte, porque las colonias de elefante marino del sur más nórdicas se sitúan a nivel de (o próximas al) Frente Polar Antártico o Convergencia Antártica. Esta área oceánica en particular, constituye el punto de encuentro de las aguas superficiales antárticas frías que fluyen hacia el norte con las aguas más cálidas subantárticas que fluyen hacia el sur desde los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. La temperatura del agua superficial antártica aumenta de -1°C cerca del continente Antártico a $3,5^{\circ}\text{C}$ en la Convergencia Antártica en el verano y de $-1,8^{\circ}\text{C}$ a $0,5^{\circ}\text{C}$ en el invierno, por lo tanto, es ésta una zona de variación brusca de temperatura del agua superficial. Otros factores tales como salinidad, oxígeno y nutrientes tienden a cambiar rápidamente al atravesar este frente en sentido latitudinal. Como resultado de esto el frente constituye un límite natural entre comunidades biológicas distintas. Si bien este frente es móvil y rico en turbulencias y meandros que se extienden por una zona de hasta 150 km de ancho, su posición media de año a año se localiza a una latitud aproximada de 55°S (Laws 1985, Fischer y Hureau 1988. Moore *et al.* 1999) (Fig. 2.4.2). De este modo las colonias de *M. leonina* más nórdicas tienen acceso a una mayor diversidad de taxones presa al desarrollar su actividad de alimentación tanto al sur como al norte de la convergencia Antártica.

Son diversos los estudios realizados sobre los desplazamientos en el mar de ejemplares de *M. leonina* mediante telemetría satelital, esto es, a través de dispositivos registradores de tiempo, profundidad, temperatura y geolocalización ligados a satélites (GLTD o STD), los que son colocados en la zona medio dorsal anterior de los ejemplares y a determinados intervalos de tiempo emiten señales que, al estar el animal en la superficie son captadas por satélites, proporcionando, entre otros datos, la posición del ejemplar durante su fase acuática de alimentación. Al respecto, en la colonia de *M. leonina* de Isla Macquarie, Slip *et al.* (1994) indicaron que, en base a los datos de temperatura superficial del agua proporcionados por los dispositivos colocados en los animales analizados, se distinguieron 3 regiones generales bien definidas:

- a) Región de aguas Antárticas frías con temperaturas superficiales por debajo del 0°C
- b) Región de aguas subantárticas más cálidas con temperaturas superficiales $\geq 4^{\circ}\text{C}$

e) Región intermedia de aguas de convergencia las que correspondieron al área de la Convergencia Antártica o Frente Polar Antártico donde las temperaturas superficiales del agua oscilaron entre los 0°C y los 4°C.

Si bien las áreas de alimentación registradas en ese estudio difirieron entre machos y hembras, los resultados indicaron que el área proporcionalmente más utilizada por los elefantes fue la de aguas antárticas frías, aunque también se detectaron áreas localizadas a lo largo de la Convergencia Antártica y otras de aguas subantárticas más cálidas situadas más al norte hasta aproximadamente los 50° de latitud sur por sobre la plataforma submarina de la isla Campbell. Por su parte Field *et al.* (2001) analizando las estrategias de alimentación de hembras de elefante marino de esta misma localidad detectaron que las mismas desarrollaron su actividad de alimentación en 4 masas de agua diferentes que correspondieron a la zona subantártica, la zona Frontal Polar, el Frente Polar Antártico propiamente dicho y la zona Antártica. Un estudio ulterior, también en el área de Isla Macquarie, en relación a migraciones y comportamiento de alimentación de juveniles de elefante marino (≤ 14 meses de edad) indicaron que los animales monitoreados se desplazaron en un amplio rango de distancias (810 - 3250 km) entre los 135° Long. E y 150° de Long. O y los 43° y 66° de Lat S., con una tendencia de dispersión en sentido sudeste (Field *et al.* 2002). Posteriormente Field *et al.* (2005) reportaron patrones similares de dispersión en el océano de individuos juveniles de *M. leonina* de edad comprendida entre 1 y 4 años, con la particularidad de que el área de dispersión se incrementaba con la edad de los individuos. A partir de estos estudios realizados en la población de *M. leonina* de Isla Macquarie, se puede ver claramente que su rango de desplazamientos en el océano no se restringe solamente a las aguas Antárticas al sur del Frente Polar Antártico sino también a áreas del mismo Frente e incluso al norte del mismo. Un estudio más reciente realizado en hembras de elefante marino de Isla Kerguelen sobre desplazamientos en el mar y sus posibles áreas de alimentación durante el invierno indicó que utilizan 2 hábitats diferentes en los cuales centran su actividad, uno más nórdico en la Zona del Frente Polar y el otro hacia el sur, en aguas netamente antárticas (Ducatez *et al.* 2008).

Estudios de similar naturaleza se han realizado en Islas Georgias del sur en las últimas dos décadas. Algunos de ellos han reportado desplazamientos de ejemplares hembra de elefante

marino a zonas localizadas al sur del Frente Polar Antártico y hasta el borde septentrional del pack de hielo marino desplazándose a grandes distancias desde Georgias (hasta 2650 km) en dirección sudoeste, hasta zonas marginales de la plataforma continental Antártica tan lejanas como las inmediaciones de Isla Adelaida (Lat 67° 15' S, Long 68° 30' O) (Boyd y Arnbom 1991, McConnell et al. 1992). Sin embargo, McConnell y Fedak (1996) también en Islas Georgias siguieron las rutas de migración oceánica de ejemplares de ambos sexos. En este caso las hembras realizaron desplazamientos o bien en sentido este de hasta 3000 km hacia el océano abierto o en sentido sudoeste hacia la plataforma continental Antártica. Los machos en cambio permanecieron en áreas cercanas a Georgias desplazándose distancias relativamente cortas y tomando como base a las mencionadas islas. En resumen, las rutas desarrolladas por los ejemplares monitoreados en estos tres estudios arriba mencionados indicaron que además de llegar a la plataforma continental Antártica, algunos individuos hembra alternaban temporadas reproductivas y de muda entre las Islas Georgias y las Islas Shetland de sur, otros en cambio desarrollaron su actividad de alimentación a nivel del Frente Polar Antártico e incluso al norte del mismo. Por lo tanto vemos que los elefantes marinos de Georgias y Macquarie alternan sus viajes de alimentación entre zonas antárticas y subantárticas.

Para el caso específico de la población de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo, analizada en este estudio, también se han realizado estudios de sus movimientos durante la fase pelágica de su ciclo anual y su correlación con la cobertura de hielo marino y se pueden visualizar a modo de resumen en la figura 2.4.3. El primer estudio fue realizado por Bornemann *et al.* (2000) quien monitoreó a través de dispositivos de rastreo satelital a dos categorías de elefante marino bien diferenciadas. Por un lado, 7 crías recientemente destetadas que emprendían su primer viaje de alimentación al océano, y por otro 13 hembras adultas en su viaje post muda. Los ejemplares juveniles partieron en el mes de enero con rumbo al sector Pacífico del Océano Austral alcanzando hacia febrero aguas oceánicas abiertas y libres de cobertura de hielo marino al oeste de las montañas submarinas “De Gerlache”, hasta los 65°S y 92°O, sobre la llanura abisal del Mar de Bellingshausen, a una distancia aproximada en línea recta de 1700 km de su lugar de nacimiento, donde experimentaron una fase estacionaria de aproximadamente un mes. Hacia el mes de abril nuevamente retomaron su fase de desplazamiento en sentido noreste en forma concomitante con la expansión hacia el norte del

pack de hielo marino. Hacia junio alcanzaron nuevamente las Islas Shetland del sur e incluso se desplazaron más al norte, cerca del extremo de la Península Antártica donde se perdieron las señales (un solo ejemplar juvenil perdió contacto cuando se dirigía hacia el pasaje de Drake). Cabe destacar que durante su fase oceánica los juveniles evitaron siempre el contacto con el hielo marino.

Las hembras en cambio, desarrollaron patrones de desplazamiento en el mar claramente diferentes al de los juveniles. Los movimientos fueron clasificados en diferentes tipos acorde a su grado de asociación al hielo marino, a saber:

a. Rutas de amplia escala ya sea asociadas a grandes concentraciones de hielo marino o bien cercanas al margen de hielo marino.

b. Rutas de reducida escala cercanas al margen de hielo marino.

a) Las hembras comprendidas en este grupo partieron de isla 25 de mayo con rumbo sudoeste siguiendo las costas de la Península Antártica hacia el Mar de Bellingshausen, donde permanecieron por varios meses en aguas de plataforma comprendidas entre la Isla Alejandro (71°S; 70°O) y la Bahía de Ronne (72°30'S; 71°O). En esta zona algunos ejemplares monitoreados entraron en contacto directo con el pack de hielo marino, el que llegó a cubrir entre el 60% y el 90% de la superficie del mar mientras que otros se posicionaron en la zona de hielo marginal, esto es, en la interfase entre el hielo marino y aguas abiertas. Dos ejemplares al retornar hacia el norte llegaron hasta las Islas Georgias hacia la primavera probablemente para iniciar su fase reproductiva.

b) En este grupo las hembras permanecieron durante un mes en aguas circundantes a las Islas Shetland del sur y hacia el otoño tomaron rumbo este hacia el extremo de la Península Antártica donde permanecieron durante cierto tiempo en el borde septentrional de una zona de pack de hielo marino. Más avanzado el otoño las hembras se posicionaron en una zona de hielo marginal comprendida entre las Islas Shetland y las Orcadas del sur hasta que dejaron de transmitir los dispositivos.

Cabe resaltar que a partir de ese estudio se concluyó que las áreas de alimentación de las hembras de elefante marino de Isla 25 de Mayo estaban mucho más asociadas con el pack de hielo marino de lo que hasta ese momento se creía.

Por su parte Tosh *et al.* (2009) monitorearon los movimientos en el mar de 15 individuos machos adultos de esta misma población de Isla 25 de Mayo durante su fase acuática post muda. Poco más del 50% de estos ejemplares suministraron datos por un período de entre 48 y 338 días. Los movimientos individuales variaron considerablemente alcanzando distancias máximas desde el lugar de partida que variaron entre 150 y 1800 km.

Teniendo en cuenta los desplazamientos desarrollados se los pudo dividir en tres grupos, a saber:

a. Comprendió a individuos que permanecieron en el Mar de la Flota en áreas localizadas a aproximadamente 150 km de Isla 25 de Mayo por un período de hasta 5 meses. Otros tomaron rumbo norte, permanecieron al este de isla Elefante (perteneciente a las Shetland del sur) un tiempo considerable y se desplazaron luego hacia el norte. Todos estos individuos se situaron en aguas poco profundas con concentraciones bajas y constantes de hielo y temperaturas de agua superficial de poca variación.

b. Comprendió aquellos ejemplares que mostraron una tendencia a desarrollar su actividad de alimentación en zonas topográficamente heterogéneas de la península Antártica, a profundidades no mayores a 800m. Estos individuos nunca se alejaron más allá de 550 km de Isla 25 de Mayo.

c. Comprendió a ejemplares que desarrollaron grandes distancias, viajando a lo largo del borde de la plataforma oriental de la Península Antártica, alcanzando su posición más austral a aproximadamente los 75°S de latitud, en una región batimétricamente heterogénea (cubeta de Filchner, Cañon Fedorov, Banco Belkner). Esta región se caracteriza por presentar altas concentraciones de hielo, batimetría variada y temperaturas de agua superficial del mar muy frías. En esta zona, los ejemplares permanecieron por un período de poco más de 3 meses al final del cual, uno de ellos retornó a Isla 25 de Mayo a reproducirse mientras que el otro lo hizo a las Islas Georgias del sur.

Como podrá notarse a partir de lo anteriormente expuesto, los individuos de la población de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo desarrollan sus actividades de alimentación durante su fase oceánica en áreas situadas de forma bien definida al sur del Frente Polar Antártico pudiendo llegar a regiones tan extremas como los 75°S de latitud, y alcanzando como límite septentrional de sus desplazamientos a las Islas Georgias del sur, situadas netamente al sur del

Frente Polar Antártico. Esto indicaría la causa de la ausencia de taxones presa cefalópodos de distribución exclusivamente sub antártica como así también explicaría en gran parte el por qué de la clara y constante dominancia del calamar glacial antártico, *P. glacialis*, en su dieta dado que se trata de una especie endémica y muy abundante en aguas circumpolares próximas al continente Antártico (Xavier *et al.* 1999, Groger *et al.* 2000).

2.4.3. Sobre la dieta diferencial de las distintas categorías de sexo-edad de *M. leonina*:

En la tabla 2.4.3 se indican la clase modal de tamaño de los picos y de longitud de manto equivalente de las distintas especies de cefalópodos presa de *M. leonina*, combinando todas las temporadas de estudio y todas las categorías de sexo/edad de los elefantes analizadas junto con información sobre datos de distribución geográfica y batimétrica de las mismas, como así también de la máxima longitud de manto conocida para cada una de ellas.

Cabe destacar que las cuatro especies de teuthidos que representaron el 90% de la biomasa total de cefalópodos depredada por los elefantes marinos de isla 25 de Mayo (*i.e.* *P. glacialis*, *K. longimana*, *A. antarcticus* y *G. antarcticus*) son catalogadas como “calamares musculares”, de cuerpo robusto y hábiles nadadores oceánicos pelágicos. Por su parte, *S. circumantarctica*, segundo en importancia en términos de frecuencia de ocurrencia y abundancia numérica es de porte relativamente mediano a pequeño en su estadio adulto (Roper 1984, Rodhouse *et al.* 1990, Rodhouse *et al.* 1992). Sin embargo, si se comparan en general los tamaños de los ejemplares de las distintas especies presa capturados por los elefantes en el presente estudio con las tallas máximas que las mismas pueden alcanzar, se puede concluir que éstos se alimentaron de representantes medianos a pequeños de las respectivas especies presa (Tabla 2.4.3). Este mismo fenómeno también fue reportado para las poblaciones de *M. leonina* de Islas Georgias del Sur y Heard (Rodhouse *et al.* 1992, Slip 1995).

Tal como se indicara en la sección 2.3 (Resultados) el test log lineal de frecuencias mostró diferencias significativas en la ocurrencia de los diferentes taxones presa que componen la dieta de machos y hembras de elefante entre diferentes temporadas de muestreo ($P < 0,01$). Las diferencias se hacen más claras al aplicar el análisis factorial de correspondencia subdividiendo al total de ejemplares estudiados no solo por sexo sino por edad relativa (Fig. 2.3.19).

No obstante ello, al observar el componente cefalópodos entre las distintas categorías de sexo-edad de elefante preestablecidas, podemos notar dos características que, en rasgos generales son comunes a todos los grupos. Una de ellas es la ya referida dominancia de *P. glacialis* en su dieta, lo que se evidencia claramente al observar el valor de contribución porcentual al IRI total en cada una de ellas (rango: 80,4 – 84,8; tablas 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5 y 2.3.6). La otra característica común a estas categorías es la presencia constante de *S. circumantarctica* como la segunda especie presa en términos de ocurrencia y abundancia numérica.

Respecto de las características diferenciales en la composición de la dieta de cefalópodos entre categorías de elefante podemos mencionar:

1. Una menor diversidad específica de presas en las formas juveniles inmaduras en relación a las demás.
2. La presencia de especies presa de calamar de gran porte y musculatura, representantes de los grandes calamares nadadores pelágicos, en las hembras y machos de elefante de edad ≥ 3 años.
3. La contribución diferencial de octópodos en la dieta de machos que se va incrementando gradualmente en las formas maduras reproductivas (≥ 7).

La menor variedad de especies presa que conforman la dieta de cefalópodos en las formas juveniles inmaduras de elefante (≤ 2 años) bien puede explicarse por presentar capacidades fisiológicas de buceo más limitadas que los adultos. De hecho, estudios previos realizados tanto en foca de Weddell, *Leptonychotes weddelli*, como en elefante marino del norte, *M. angustirostris*, han demostrado que, generalmente, los individuos juveniles bucean por lapsos de tiempo más cortos y a profundidades menores que las forma adultas (Kooyman *et al.* 1983, Le Boeuf 1994). En el caso de su congénere del hemisferio norte, Le Boeuf *et al.* (1996) analizaron el desarrollo del buceo y los patrones de alimentación de individuos juveniles durante sus migraciones oceánicas en sus primeros dos años de vida notando un incremento en sus habilidades de buceo con el transcurso del tiempo y la experiencia hasta la edad de dos años, más allá de la cual se equiparaban con la de las formas adultas. Más aún, para ese momento ya se evidenciaban diferencias entre sexos en el comportamiento de alimentación y en la localización de las áreas de alimentación con una leve tendencia de los machos a permanecer más cerca del borde de la plataforma continental que las hembras mientras que

éstas últimas se localizaban preferentemente en aguas oceánicas abiertas. Finalmente estos autores concluyeron a partir de los registros de buceo analizados que existen dos factores que indican que los individuos juveniles están más limitados que los adultos en su estrategia y habilidad para obtener alimento y por ende su espectro trófico es más restringido.

El primero se da en el inicio de la primera incursión al mar y consiste en que los individuos recientemente destetados experimentan flotabilidad positiva, fenómeno asociado al alto contenido de grasa subcutánea que tienen, lo cual incrementa el esfuerzo de buceo y de alimentación del animal. El segundo factor está dado por una proporción mayor (casi el doble) de buceos pasivos “a la deriva”, como así también de intervalos de tiempo extendido en la superficie del mar, ambos asociados al procesamiento (digestión) del alimento que experimentan los individuos juveniles.

Específicamente para *M. leonina*, Irvine *et al.* (2000) analizaron la influencia del tamaño corporal en la duración de los buceos de individuos juveniles de hasta un año de edad de la población de Isla Macquarie. Los buceos realizados por los ejemplares estudiados se caracterizaron por duraciones promedio de 20 minutos y profundidades medias de 400 mts en comparación con duraciones y profundidades de 35 minutos y de casi 600 mts respectivamente, experimentadas por los adultos de esa misma población. Además, la duración de los buceos estuvo positivamente relacionada con la masa corporal del individuo al momento de la partida al mar. Estos autores concluyeron que los lapsos de tiempo de buceo más cortos característicos de los individuos de menor porte les restringen su habilidad de forrajeo, al reducirse el rango de profundidad dentro del cual pueden capturar las presas disponibles.

Si bien, y tal como se mencionó previamente, los juveniles de la población de Isla 25 de Mayo, ya desde su primer año de vida pueden desplazarse a grandes distancias desde la isla en sus viajes de alimentación (Bornemann *et al.* 2000), a partir de los trabajos arriba mencionados, se puede inferir que tanto su rango de movimiento vertical como su tiempo de permanencia bajo la superficie del agua son más limitados que en aquellos individuos de mayor edad, reduciéndose por tanto la amplia gama de presas potenciales y disponibles en el océano. Esto explicaría la menor diversidad de taxones presa hallados en esta categoría. Por otra parte, y reforzando esta hipótesis, existen numerosas especies de calamar que

experimentan un descenso vertical con el desarrollo ontogenético, de modo tal que las formas juveniles o subadultas de menor porte se ubican a profundidades menores en contraposición a las formas adultas y por ende de mayor tamaño que descienden a mayores profundidades. Una de las especies de calamar que presenta clara evidencia de este fenómeno es *P. glacialis* (Filipova y Pakhomov 1994, Groger *et al.* 2000). En concordancia con esto, tanto la tabla 2.3.7 como la figura 2.3.8 a. indican que las tallas de *P. glacialis* depredado por los juveniles inmaduros (≤ 2 años) son menores que las depredadas por los elefantes de mayor edad (≥ 3 años). La presencia de octópodos, si bien de poca relevancia, es en cierto modo esperable si consideramos el carácter euribático del género *Pareledone* el cual se distribuye desde la zona eulitoral hasta la región batial por lo que pueden constituir presas potenciales de las formas juveniles aún a poca profundidad.

Cabe destacar que, en general, existió una tendencia por parte de las formas más juveniles y por ende de menor porte de elefante marino a depredar cefalópodos presa de menor tamaño lo cual se corrobora a través de una leve correlación positiva y de carácter significativo ($r:0,19$; $P<0,05$) (Fig 2.3.7). Este fenómeno también ha sido reportado en estudios dietarios previos realizados tanto en Georgias del Sur (Rodhouse *et al.* 1992) como en Isla Macquarie (Slip 1995, Field *et al.* 2007) aunque el mismo fue más evidente en ciertos taxones presa, tales como *M. knipovitchi*, *K. longimana* y *G. antarcticus*. En nuestro estudio también se observó una correlación positiva entre la talla de esas mismas especies presa arriba mencionadas y el tamaño de los elefantes que las ingirieron, pero sólo fue de carácter significativo en *K. longimana* (fig. 2.3.8 b) además de la ya mencionada en *P. glacialis*.

De lo anteriormente expuesto y de los resultados obtenidos en el presente estudio se infiere que a medida que el elefante marino incrementa su edad y porte, tiene una mayor disponibilidad de taxones presa a su alcance e incluso, para un mismo taxón presa, la posibilidad de capturar especímenes de mayor tamaño y movilidad. Esto se puede atribuir a una mayor habilidad en el comportamiento de forrajeo con el incremento de la edad y la experiencia del animal y, adicionalmente en relación al factor tamaño de la presa, por un mayor desarrollo del aparato bucal de los adultos en relación a los juveniles (Slip 1995, Field *et al.* 2007). En forma coincidente Field *et al.* (2005, 2007) concluyeron que los cambios observados en los distintos grupos de edad de *M. leonina* de isla Macquarie, tanto en términos

de abundancia específica como tamaño de las presas ingeridas serían una función de los cambios ontogenéticos en la capacidad de buceo y de alimentación de los animales, lo que reforzaría la hipótesis de que la expansión ontogenética del nicho ecológico constituye un factor de reducción de la competencia intraespecífica.

Otra característica de relevancia que se observa al analizar comparativamente la composición dietaria de cefalópodos presa por categoría sexo/edad de los elefantes, es la contribución diferencial de los octópodos en la dieta de los machos, la que se hace progresivamente más importante con la edad de los mismos (Tabla 2.3.5, 2.3.6 y Figs. 2.3.5, 2.3.6 y 2.3.19).

Este fenómeno bien puede explicarse por los patrones de buceo que desarrollan los elefantes marinos, tanto *M. leonina* como *M. angustirostris*. Hindell *et al.* (1991) y Slip *et al.* (1994) realizaron un análisis detallado del comportamiento de buceo de *M. leonina* de Isla Macquarie, estableciendo 6 tipos característicos de buceo a partir de los cuales se establecieron dos grupos bien definidos:

a) El primer grupo (tipos de buceo 1 y 2) comprendió aquellos buceos con más de 1 minuto de duración a la máxima profundidad alcanzada, los que fueron interpretados y catalogados como “buceos de forrajeo o alimentación”. Estos tipos de buceo fueron los más comunes y constituyeron más del 75% del tiempo total de la fase acuática de los individuos estudiados.

b) el segundo grupo (tipos 3, 4, 5 y 6) comprendió a aquellos con menos de 1 minuto de duración a la máxima profundidad y se interpretaron y catalogaron, a modo general, como “buceos de no forrajeo o alimentación”. De ellos, el tipo 5 se descartó del análisis ulterior por ser de muy poca profundidad y asociarse a errores del protocolo de muestreo. Los demás fueron interpretados como de descanso (tipo 3), de viaje o exploratorios (tipo 4) y de tipo irregulares y variables en forma, a veces constituyendo una combinación de los demás tipos (tipo 6). En la figura 2.4.4 se puede observar la forma característica de estos buceos según Slip *et al.* (1994).

En lo que se refiere específicamente a los buceos de alimentación (tipos 1 y 2), éstos se caracterizaron por un rápido descenso seguido de un período de tiempo en la base del perfil de buceo que contiene una serie de ascensos y descensos oscilantes (“wiggles”), más amplios en el tipo 1 que en el tipo 2, previos a un ascenso rápido a superficie. Los de tipo 1 mostraron una marcada variación diaria en la máxima profundidad alcanzada, siendo los buceos diurnos

entre 200 y 400 m más profundos que los nocturnos. El rango de profundidades osciló entre 300 y 700 m y su duración media aproximada fue de 11 minutos. Este tipo de buceo fue proporcionalmente más frecuente en las hembras que en los machos (78% vs. 35% del tiempo en el mar) y se interpretaron como buceos de alimentación pelágicos. Los de tipo 2 en cambio no mostraron esa variación diaria tan marcada en profundidad siendo la misma no superior a los 20 m. Las profundidades oscilaron entre 450 y 550 m y su duración media aproximada de 13 min. Los machos fueron los que desarrollaron este tipo de buceo en mayor proporción que las hembras (40% vs 0,5% del tiempo total en el mar) interpretándose como un buceo de alimentación béntico.

Es de destacar que en forma similar Le boeuf *et al.* (1993, 1994) también hallaron diferencias en los patrones de buceo y alimentación de ejemplares adultos de *M. angustirostris* del apostadero de Isla Año Nuevo, California. Mientras que los buceos de las hembras eran exclusivamente pelágicos los machos desarrollaron, en forma adicional a los buceos pelágicos, otros asociados al lecho marino lo que sugirió que se hallaban en búsqueda de presas bentónicas. Posteriormente, Le Boeuf *et al* (1996) reportaron que los juveniles de *M. angustirostris* comienzan a manifestar esta segregación sexual en los patrones de buceo y de alimentación a partir de los dos años de edad. Cabe agregar finalmente que Field *et al.* (2005) no detectaron una segregación sexual significativa en los rangos horizontales y verticales de forrajeo de juveniles de *M. leonina* de Isla Macquarie hasta los 3 años de edad.

Asumiendo patrones de buceo similares para los elefantes marinos de Isla 25 de Mayo sería entonces lógico inferir que los machos de edad ≥ 3 años realizarían una mayor proporción de buceos de tipo bentónico que las hembras de edad equivalente y por ende podrían tener un mayor acceso a recursos provenientes de ese tipo de hábitat (vg. octópodos). Por lo tanto, los patrones diferenciales de buceo según las distintas categorías de sexo – edad de *M. leonina* (e incluso de *M. angustirostris*) hasta aquí expuestos, se ajustan en líneas generales, a los resultados obtenidos en el presente análisis dietario de la población de Isla 25 de Mayo.

2.4.4. Sobre la variación temporal en la dieta de cefalópodos:

Indudablemente, la especie presa predominante de modo casi uniforme a través de todo el período de estudio fue el calamar glacial antártico *P. glacialis*. Tal como se mencionara en la sección Resultados, la variación temporal en la composición taxonómica de los cefalópodos presa de la población de *M. leonina* fue analizada en forma separada para machos y hembras de edad \geq a 3 años en términos de frecuencia de ocurrencia, abundancia numérica y biomasa, así como también su contribución porcentual al IRI. Es notable el hecho de que en ambos sexos se observa un decremento relativamente pronunciado de *P. glacialis* en tres de los cuatro parámetros durante el período comprendido entre 1998 y 2000 (excepto frecuencia de ocurrencia en machos en la temporada 2000) siendo en esta última temporada cuando alcanza el nivel mínimo de contribución a la dieta de cefalópodos, en forma más notoria en las hembras que en los machos. Cabe aclarar que, en el caso de los machos, no existen datos de la temporada 1999 por lo que sólo se pudieron analizar los extremos del período mencionado 1998/2000 mientras que en las hembras se analizó la tríada de años implicados. Al respecto es notorio observar que la disminución en la abundancia numérica de *P. glacialis* en la dieta de las hembras durante este período va acompañada de un aumento concomitante en ocurrencia y número de otras especies presa como *S. circumantarctica* en primer lugar, y en forma proporcionalmente menor, las especies *A. antarcticus*, *K. longimana* y *G. antarcticus*. Aún cuando los octópodos en general, no constituyeron un ítem presa de relevancia en las hembras, su presencia y abundancia se incrementó en la temporada 2000, cuando *P. glacialis* presentó su pico más bajo en contribución dietaria. En términos de biomasa en cambio, son las especies *K. longimana* y *A. antarcticus* las que cobran mayor importancia al disminuir la presencia de *P. glacialis* (Fig. 2.3.9).

En los machos, la menor contribución de *P. glacialis* también se dió en el período 1998/2000 pero si bien el pico más bajo en términos de abundancia numérica y biomasa se dio en el año 2000, el correspondiente a frecuencia de ocurrencia lo fue en 1998. En este mismo período se observó un aumento concomitante en términos generales de octópodos del género *Pareledone* y del calamar *G. glacialis*. En la temporada 2000 los octópodos redujeron su contribución a la dieta de los machos. Por su parte, los calamares *S. circumantarctica*, *M. knipovitchi* y *K.*

longimana, en ese orden, adquirieron mayor importancia en abundancia numérica, siendo la última, la más importante en ese año en contribución de biomasa (Fig. 2.3.10).

Dado que el presente estudio es único en cuanto a la extensión de tiempo que abarca (8 años), no es posible comparar en forma detallada y equivalente la variación temporal observada con la de otras colonias de *M. leonina* de otras localidades, puesto que los estudios dietarios provenientes de las mismas comprendieron períodos breves. Sin embargo, tal como se mencionara en un párrafo anterior de esta misma sección, Rodhouse *et al.* (1992) analizaron la dieta de *M. leonina* durante dos temporadas en Georgias del sur, aunque éstas no fueron consecutivas (1986 y 1989). Estos autores reportaron que mientras en 1986 la especie presa dominante fue *M. knipovitchi*, en 1989 su importancia se redujo notoriamente al tiempo que fue ampliamente balanceada por un incremento en la proporción y ocurrencia de *P. glacialis*. Adicionalmente, remarcaron una declinación en la importancia de las especies de calamar *Martialia hyadesi*, (ausente en la dieta de la población de Isla 25 de Mayo) y *A. antarcticus* en 1989 junto con un incremento en la ocurrencia de *S. circumantarctica*. Por su parte Slip (1995) analizó comparativamente los resultados de su estudio dietario de *M. leonina* en Isla Heard con otro previo de esa misma localidad desarrollado por Green y Burton (1993; temporadas 1988 y 1993), estableciendo que la dieta de cefalópodos en términos generales fue bastante similar en ambas temporadas de muestreo; aunque cuando *P. glacialis* incrementó su contribución a la dieta la de *Moroteuthis* sp. decreció en importancia. Tanto Rodhouse *et al.* (1992) como Slip (1995) sugirieron que los cambios en la importancia relativa de *P. glacialis* en la dieta estaban ligados a cambios en las áreas donde los elefantes centraban su actividad de alimentación, de modo tal que en las temporadas donde la contribución dietaria de este calamar era mayor, las áreas de alimentación se localizaban en latitudes más altas del Océano Austral.

En el caso particular de la población de Isla 25 de Mayo, la declinación de *P. glacialis* en la dieta (temporadas 1998 a 2000) resulta difícil de explicar mediante esta hipótesis dado que los estudios hasta ahora realizados sobre los desplazamientos en el mar de los ejemplares rastreados por telemetría satelital indican que su áreas de alimentación se hallan claramente al sur del Frente Polar Antártico, tanto hacia al sudoeste de la península Antártica como hasta altas latitudes del Mar de Weddell (Borneman *et al.* 2000, Tosh *et al.* 2009), áreas donde esta

especie de calamar se distribuye comúnmente y además es muy abundante. En este punto merece especial atención analizar ciertas características de esta especie como así también algunos factores que, a partir del presente análisis, se infiere que la ligan en forma estrecha con los elefantes marinos de la colonia de Isla 25 de Mayo.

P. glacialis es una especie de calamar muscular de tamaño moderado (hasta 440 mm), endémica del Océano Austral, la más abundante en altas latitudes como el Mar de Weddell (donde fue capturada a profundidades de entre 230 y 900 m mediante redes de arrastre de fondo y bentopelágicas), y la única presente en número considerable en la zona de hielo marino antártico (Groger *et al.* 2000). La distribución de frecuencias de tallas sugiere un ciclo de vida de dos años de duración madurando los machos un poco antes y a un menor tamaño que las hembras (Fig. 2.4.5). Esta especie constituye un importante ítem presa de numerosos depredadores del ecosistema marino antártico tales como grandes peces, aves, fócidos y cetáceos odontocetos y por lo tanto cumple un rol clave en la redes tróficas de las comunidades marinas de las altas latitudes del océano Austral (Piatkowski 2008).

La información relativamente limitada disponible sobre sus hábitos alimentarios, indica que, entre sus principales ítems presa se encuentra el krill, *E. superba*, aunque también se han registrado en sus contenidos estomacales myctófidos tales como *E. antarctica* y *Protomyctophum bolini* y el notothénido *P. antarcticum* (Lu y Williams 1994, Collins y Rodhouse 2006).

Es de destacar además que, tal como se indicó en la sección resultados, existió un patrón de variación similar a través del tiempo en el valor promedio anual del índice de condición de los ejemplares hembra de *M. leonina* analizados y la talla promedio anual de *P. glacialis* ingerido (Fig. 2.3.11), el que no se reflejó del mismo modo en los machos (Fig. 2.3.12). La correlación entre ambas variables indicó una asociación de signo positivo ($r=0,5$ hembras, $0,26$ en machos) pero no significativa ($p>0,1$).

La contribución interanual de esta especie de calamar a la dieta de cefalópodos de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo, indicó una notable declinación a partir de la temporada 1997/98 que se hizo más marcada en la temporada 1999/2000. En forma concomitante la talla media de *P. glacialis* depredado por las hembras de elefante marino alcanzó su valor mínimo en esa misma temporada de 1999/2000. Más aún, el índice de condición nutricional de las hembras

en dicha temporada, si bien no representa el pico más bajo para el período total de estudio, sí es notablemente menor que en la temporadas inmediata anterior y posterior (Fig 2.3.11).

Además, si se considera:

a) El pico máximo de hembras grávidas que llegaron a la colonia en cada temporada reproductiva a lo largo de todo el período de estudio.

b) La variación en la talla media de *P. glacialis* depredado por las hembras en cada fase acuática postreproductiva durante ese mismo período.

Se observa una tendencia negativa a través del tiempo en ambos parámetros (Figs. 2.3.11a y 2.4.6).

En el caso de los machos, si bien su índice de condición nutricional correspondiente a la temporada 1999/2000 fue el más bajo de todo el período de estudio, la talla media de *P. glacialis* depredado fue la de máximo valor. Esto podría explicarse, si consideramos que en esa temporada, por inconvenientes de tipo logístico se llegó al lugar de trabajo con más de un mes de demora razón por lo cual sólo se pudieron muestrear ejemplares machos adultos, esto es, los de mayor porte y edad por lo que, acorde a la correlación positiva y altamente significativa hallada entre las variables tamaño de presa – tamaño del depredador posiblemente la talla de *P. glacialis* haya estado sesgada hacia valores altos.

En síntesis, varios factores hasta acá mencionados sugieren una estrecha interacción ecológica entre esta especie de calamar y la población de *M. leonina* de isla 25 de Mayo.

Tal como ya se mencionara, la declinación de *P. glacialis* como contribuyente dietario de *M. leonina* en el presente estudio comienza a manifestarse durante la temporada 1997/98. Esta temporada coincidió con uno de los fenómenos de El Niño más intensos del siglo XX (Mc Phaden 1999). Al respecto, se ha discutido en numerosos estudios sobre las posibles consecuencias de este fenómeno en las comunidades biológicas y en particular en las redes tróficas del océano Austral. Croxall *et al.* (1988) puntualizaron que, en Georgias del Sur, las temporadas de verano de 1977/78 y 1983/84 se caracterizaron por un bajo éxito reproductivo, como así también por valores anormales en la duración de los períodos de alimentación en el mar, dieta, y tasa de crecimiento de la progenie en varias especies de aves y focas (vg. albatros errante, *Diomedea exulans*, pingüino papúa, *Pygoscelis papua*, pingüino macaroni, *Eudyptes chrysolophus*, lobo fino Antártico, *A. gazella*). Estos autores reportaron que en esas

temporadas la disponibilidad de krill fue baja, especulando que ambas estuvieron precedidas, meses antes, por eventos intensos de “El Niño” (1976/77 y 1982/83 respectivamente). Más recientemente Forcada et al. (2005) reportó que las anomalías registradas en la temperatura superficial del agua en el área de las Islas Georgias del sur también estaban precedidas o correlacionadas con frecuentes fenómenos de “El Niño-La Niña” entre 1987 y 1998. En forma adicional postularon que, las anomalías positivas precedidas por un evento de el Niño de hasta 2,5 años previos, eran la mejor explicación a la extrema reducción en la producción de cachorros de *A. gazella* a lo largo de 20 años de estudio y estaban probablemente asociadas a una reducción en la disponibilidad de krill.

Particularmente en el área del archipiélago de las Shetland del sur al cual pertenece la isla 25 de Mayo, Daneri et al. (2008) reportaron para la temporada estival 1997/98 una marcada declinación en la presencia de krill en la dieta del lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*), en relación a temporadas previas, y en forma concomitante un descenso notable en el número de lobos arribados a tierra ese año. Cabe aclarar que en el lugar de estudio no existe apostadero reproductivo de este otárido sino que normalmente existe un influjo hacia el verano de individuos machos juveniles y subadultos de esta especie la que se acentúa durante febrero y marzo de cada año (Daneri 1996). La colonia reproductiva de *A. gazella* más cercana a Punta Stranger, se localiza en Cabo Shirreff (62° 28' S y 60° 48' O) e Islotes Telmo (a 2 km al oeste de Cabo Shirreff) y comprende aproximadamente unos 20.000 individuos. El crecimiento poblacional de estos apostaderos había sido siempre positivo, excepto en la temporada 1997/98 en que la tasa de producción de cachorros declinó en un 15% (Hucke Gaethe et al. 2004).

Específicamente para *M. leonina* Vergani y Stanganelli (1990) ya habían sugerido que las declinaciones observadas tanto en el componente hembra como macho de la población reproductiva de Punta Stranger en 1982 y 1987 estaban posiblemente asociadas a los eventos de El Niño de 1982/83 y 1987 respectivamente. Más aún, Vergani et al. (2001) llegaron a reportar que los pesos al destete de esta población eran mayores durante eventos de “La Niña” y menores durante eventos de “El Niño”. Por su parte, Piatkowski et al. (2002) analizando la variación temporal en la biomasa de los distintos cefalópodos presa de hembras de esta misma población de *M. leonina*, coincidieron en que la contribución del calamar *P. glacialis* a su

dieta era proporcionalmente menor durante eventos de “El Niño” que durante episodios de “La Niña”, atribuyendo una mayor disponibilidad de este calamar en la zona del Mar de Bellingshausen en forma concomitante con el descenso de la temperatura de la superficie del mar, asociado a la “La Niña”. Sin embargo, este postulado no se ajusta a lo observado en el presente estudio si consideramos que la menor contribución en número y en biomasa de *P. glacialis* a la dieta tanto de hembras como machos de *M. leonina* en la temporada 1999/2000 se da en concomitancia con un prolongado evento de “La Niña” que se extendió desde mediados de 1998 hasta mediados de 2000. (Smith *et al.* 2008, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.sht).

Hewitt *et al.* (2003), estimando las variaciones intra e interanuales en la densidad y dispersión de biomasa de krill, *E. superba*, inferidas a partir de sondeos acústicos en áreas vecinas a las Shetland del sur entre los meses de enero y marzo de 1991/92 al 2001/02 hallaron que en las temporadas 1991/92 y 1997/98 (coincidentes con eventos de “El Niño”) el reclutamiento de krill a partir de la puesta de huevos fue despreciable y la densidad de biomasa de krill declinó abruptamente a lo largo de esos 2 períodos al igual que en años subsecuentes. Más aún, se ha detectado una asociación entre el grado de cobertura del hielo marino y el reclutamiento per capita de krill según índices derivados de imágenes satelitales de concentraciones de hielo marino al oeste de la península Antártica y de datos de muestreo mediante redes en el área de las Shetland del sur a lo largo de casi tres décadas, lo que sugiere la existencia de mecanismos que ligan el grado de extensión del hielo marino con el éxito reproductivo de este crustáceo (Loeb *et al.* 1997, Hewitt *et al.* 2003).

Es posible que la baja disponibilidad de krill que se evidenció en el área de las Shetland del sur hacia el verano de 1997/98 haya estado relacionada a cambios oceanográficos y meteorológicos en el Océano Austral a partir de los eventos de El Niño 1997/98, tal como lo sugirieron Daneri *et al.* (2008) en relación al notable decremento de este crustáceo e incluso de peces mictófidios en la dieta de *A. gazella* en comparación con otras temporadas en la misma localidad de muestreo (Punta Stranger). Esta hipótesis no puede ser desestimada si nos basamos en White y Peterson (1996) quienes sugirieron que la circulación oceánica juega un rol fundamental en la transmisión de “señales de El Niño y La Niña” hacia latitudes más altas del Océano Austral a través de la Onda Circumpolar Antártica, la cual originándose en el

Pacífico subtropical occidental, se propagaría hacia el este y sur del Océano Austral. Reforzando esta hipótesis Turner (2004) reportó que las señales más pronunciadas del fenómeno de El Niño (ENSO) se han observado en el Pacífico sudoriental como resultado de un tren de ondas climatológicas ("Rossby") que confieren anomalías altamente positivas o negativas sobre el mar de Bellingshausen y Amundsen durante eventos de "El Niño" y "La Niña" respectivamente. Más aún, durante el período 1980 a 2004 en la región oeste de la Península Antártica, la abundancia y concentración de fitoplancton y zooplancton, el éxito reproductivo y de reclutamiento de krill así como también la extensión del hielo marino estuvieron significativamente correlacionados con el fenómeno de El Niño (ENSO) (Loebb *et al.* 2009).

Retornando al punto referente al significativo decremento de *P. glacialis* en la dieta de *M. leonina* en la temporada 1999/2000, es posible explicar este fenómeno si consideramos que la baja disponibilidad de krill de 1997/98, uno de los principales ítems presa de este calamar, afectó el reclutamiento de juveniles como así también la supervivencia de los estadíos larvales de su población haciéndose visible el impacto negativo de esa cohorte dos años más tarde a través de su mínima presencia en la dieta de los elefantes marinos. Incluso merece remarcarse que en esa misma temporada se observó el valor más bajo de talla media de *P. glacialis* en la dieta de las hembras y fue la temporada reproductiva con menor afluencia de hembras parturientas a la colonia en relación al período total de estudio (Fig. 2.3.11a y 2.4.6). El que este fenómeno sea más evidente en el componente hembra (y no en el macho) puede a su vez explicarse si tenemos en cuenta que las áreas preferenciales de alimentación de las mismas se localizan en el mar de Bellingshausen y Mar de Amundsen, al oeste de la Península Antártica, áreas probadamente conectadas en forma más directa con señales anómalas del ENSO tal como se mencionó previamente.

Finalmente, otro fenómeno claramente visible a través del tiempo ha sido, la tendencia negativa en las tallas de *P. glacialis* depredadas tanto por machos como por hembras de la población en estudio, así como también la tendencia negativa en el número máximo de hembras grávidas arribadas a tierra durante el período de 8 años de estudio.

Atribuir esta tendencia poblacional negativa de hembras de *M. leonina* a través del tiempo directamente al decremento progresivo en el porte de *P. glacialis* depredado sería muy

aventurado. Aún así es importante tener en cuenta que en las últimas décadas se han evidenciado signos de alteración de las tramas tróficas del ecosistema marino antártico, entre cuyos principales factores causales se ha mencionado el fenómeno del calentamiento global. Al respecto, Loebb *et al.* (1997) reportaron una tendencia al calentamiento en la región de la Península Antártica desde la década de 1940 y consideraron que este fenómeno estaba asociado a un descenso en la frecuencia de inviernos fríos con cobertura extensa de hielo marino y a la disminución del tamaño poblacional de krill observada desde la década de 1980. Si consideramos que el krill constituye un vínculo directo entre los productores primarios y los niveles tróficos más altos de las redes alimentarias, su reducción poblacional podría tener profundos efectos en las poblaciones de depredadores dependientes directa o indirectamente de él como recurso alimentario. Moline *et al.* (2004) indicaron que durante la década de 1990 se documentó un cambio recurrente en la comunidad fitoplanctónica, de diatomeas a criptofitas, en aguas costeras a lo largo de la Península Antártica durante varios veranos sucesivos. Este fenómeno estuvo correlacionado en tiempo y espacio con el incremento de drenaje de agua proveniente del derretimiento glaciar y la reducción de salinidad del agua superficial como resultado de temperaturas más elevadas. Esto podría llevar a una paulatina prevalencia de criptofitas y a un cambio consecuente en la distribución de tamaño de la comunidad fitoplanctónica con su repercusión simultánea en la comunidad zooplanctónica. Debido al menor tamaño de las criptofitas, éstas no serían eficientemente capturadas por el krill provocando un cambio de su distribución espacial con una concomitante proliferación de salpas, especie zooplanctónica de consistencia gelatinosa y no preferida como recurso presa de organismos pertenecientes a los niveles más altos de la cadena alimentaria. Cabe destacar que Loebb *et al.* (1997), analizando las fluctuaciones poblacionales de krill y salpas en los alrededores de isla Elefante, Islas Shetland del sur (cercana al lugar donde se desarrolló el presente estudio) durante dos décadas (1976 -1996) hallaron que ambos taxones miembros de la comunidad zooplanctónica exhibían marcadas fluctuaciones interanuales pero con la particularidad de que la densidad de krill fue mayor en las etapas tempranas del período de toma de datos mientras que aquella de las salpas lo fue hacia la etapa más tardía. Se observó además que aquellas temporadas de buen reclutamiento de krill estaban positivamente correlacionadas con la puesta de huevos en una etapa temprana (diciembre-febrero) y que, a

su vez ambos factores estaban positivamente correlacionados con coberturas de hielo extensas en el invierno precedente. En forma contrastante, la abundancia de salpas estaba correlacionada negativamente con el grado de extensión de hielo marino. Además estos autores consideraron que en aquellos períodos de floración fitoplanctónica en primavera en que la productividad primaria es baja (valores $< 50 \text{ g C/m}^2/\text{d}$) la presión de pastoreo de las salpas puede ser muy significativa sugiriendo la existencia de una fuerte competencia por el recurso alimentario que privaría al krill de suficiente alimento para cumplir con sus demandas energéticas y por lo tanto retrasando su desarrollo gonadal y período de puesta lo que a su vez, resultaría en un bajo éxito reproductivo de este eufáusido en esas temporadas. Coincidentemente (Gross 2005), también reportó una caída en la abundancia de las poblaciones de krill en relación a una menor extensión y duración de la cobertura de hielo marino invernal en los últimos 30 años sobre todo en el sector Atlántico sudoccidental junto con el aumento concomitante de salpas en la parte sur de su rango distribucional.

Particularmente en Caleta Potter, sitio muy cercano al área de muestreo del presente trabajo, se monitorearon una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos durante el período 1991-2005, esto es a lo largo de 15 años (Schloss *et al.* 2008). Los resultados obtenidos indicaron una tendencia positiva a largo plazo tanto de la temperatura de agua superficial como del aire, un decremento en la salinidad principalmente hacia la primavera como consecuencia del derretimiento que ha tendido a producirse de forma más temprana en cada temporada. A su vez la materia particulada en la columna de agua ha aumentado durante el período de estudio, lo cual podría modificar según estos autores, las condiciones lumínicas adecuadas para el desarrollo óptimo de la fotosíntesis.

De todo lo hasta acá expuesto se puede inferir que el calentamiento global esta modificando las condiciones de equilibrio del ecosistema marino antártico siendo el krill uno de los componentes del zooplancton más perjudicados. Al ser ésta una especie clave de la cual dependen la mayor parte de los organismos de la red trófica marina antártica, no sería improbable que los cambios negativos de sus poblaciones pudieran generar efectos de igual sentido en organismos de niveles tróficos superiores tales como cefalópodos, peces mictófidios y sus depredadores. Cabe resaltar que la gran mayoría de especies de cefalópodos que

conforman la dieta de *M. leonina* en el presente estudio se alimentan principalmente de krill, *E. superba* (Collins y Rodhouse 2006).

2.4.5. Sobre el componente íctico de la dieta de *M. leonina*:

Según lo indican los resultados obtenidos mediante la técnica de lavaje estomacal, este taxón fue proporcionalmente de menor relevancia que los cefalópodos, presentando una frecuencia media de ocurrencia de 17,9 % a lo largo de todo el período de estudio (rango: 5,6 - 23,5) (Tabla 2.3.1 y Fig. 2.3.1). Además, considerando el conjunto (pool) de ejemplares cuyos estómagos presentaron remanentes de peces (n=29) el análisis de su composición taxonómica indicó una notable predominancia de la Familia Myctophidae, principalmente representada por la especie *G. nicholsi*, la que presentó una frecuencia de ocurrencia superior al 80% y constituyendo casi las $\frac{3}{4}$ partes del total de peces consumidos (Tabla 2.3.13).

Cabe remarcar que la información con que se cuenta en general sobre la porción íctica de la dieta de *M. leonina* es relativamente limitada y ha sido además tema de controversia y discusión a la hora de asignar la importancia relativa de este taxón presa en su dieta general.

Laws (1956) encontró que sólo 26 de los 139 estómagos de *M. leonina* sacrificados en islas Georgias del sur e islas Orcadas, contenían remanentes alimentarios y de ellos sólo 6 presentaron restos de peces a los que identificó como pertenecientes a distintas especies de notothenídeos, especialmente *Notothenia coriiceps*. De los 6 estómagos, 5 presentaron remanentes frescos de pez (músculo) mientras que el restante sólo presentó restos traza (vértebras y espinas). En nuestro estudio, en cambio, 5 de los 29 estómagos con remanentes de peces presentaron restos musculares. Además si bien la frecuencia de ocurrencia de notothenídeos fue mayor a un 10% para el período total de estudio, la especie *N. coriiceps* estuvo ausente en la dieta (Tabla 2.3.13).

Estudios dietarios posteriores de *M. leonina* realizados por Clarke y MacLeodd (1982) y Rodhouse *et al.* (1992) en Islas Orcadas y Georgias del sur, respectivamente, indicaron la ausencia total de remanentes de peces en los estómagos analizados.

Cabe mencionar en lo que se refiere a la interacción peces - *M. leonina* en el área de Isla Georgias del sur, el reporte de Reid y Nevitt (1998) quienes a bordo de un buque oceanográfico observaron un ejemplar macho de elefante marino en la superficie del mar que

sostenía en sus fauces un pez de regular porte y que identificó como merluza negra, *Dissostichus eleginoides*, una especie de notothenido común en aguas profundas de esa región que puede alcanzar hasta 2 m de talla. El avistaje, realizado en el margen noroeste de la plataforma marítima de Georgias del sur, ha constituido la primera observación documentada de un elefante marino alimentándose en alta mar.

Finalmente, resta mencionar para el área circundante a Georgias del sur, a Brown *et al.* (1999) quienes concluyeron en base al análisis dietario de hembras reproductivas de *M. leonina*, mediante marcadores de ácidos grasos que la porción íctica de su dieta estuvo asociada al notothenido *D. eleginoides* y al mictófido *G. nicholsi*, ambas especies de distribución común en el área de estudio.

Por su parte, Green y Burton (1993) hallaron restos de peces en 43 de los 56 ejemplares de elefante marino sometidos a lavaje estomacal en isla Heard y en 24 de 71 ejemplares muestreados en isla Macquarie, de los cuales se extrajeron 145 y 79 otolitos respectivamente. Slip (1995) también en Isla Heard reportó la presencia de peces en 50 de 76 elefantes marinos muestreados con un total de 94 otolitos removidos. Más recientemente, Field *et al.* (2007) también en Isla Macquarie analizaron la dieta de 141 juveniles de esta misma especie, reportando la presencia de peces en el 75,8% de los contenidos estomacales (n=107).

En forma similar a lo hallado en el presente estudio, tanto en isla Heard como en Isla Macquarie, los peces mictófidos fueron predominantes en la porción íctica de la dieta de los elefantes marinos, si bien las proporciones relativas a nivel familia difirieron algo entre localidades (Tabla 2.4.4). Además, dichos estudios indicaron que *Electrona* spp y/o *Gymnoscopelus* spp fueron los taxones mejor representados dentro de la familia Myctophidae. En Vincennes Bay, sector Antártico oriental, Van den Hoff *et al.* (2003) analizando contenidos estomacales de 23 ejemplares macho de elefante marino hallaron en un solo estómago restos óseos de peces correspondientes a vértebras y mandíbulas cuya morfología, según los autores, se ajustaba a una especie íctica de hábitos bentónicos que no pudo identificarse.

Finalmente, el estudio dietario más reciente a la fecha basado en la técnica de isótopos estables, y realizado en la colonia de *M. leonina* de islas Kerguelen, sector Índico del Océano

Austral, indicó que las hembras se alimentarían en gran proporción de peces mictófidios, si bien no descartaron una dieta combinada de peces y cefalópodos (Cherel *et al.* 2008).

De lo hasta aquí expuesto en relación al componente peces de la dieta de *M. leonina* se puede inferir que, independientemente de las localidades de estudio, los peces mictófidios constituirían un ítem alimentario de relevancia en forma adicional al componente cefalópodos.

Si se analiza además en forma comparativa los peces presa de *M. leonina* según el sexo de los elefantes, se notan diferencias en la contribución relativa de las diferentes especies a su dieta piscívora. En el caso de las hembras la predominancia del pez mictófidio *G. nicholsi* es más que evidente, constituyéndose en la principal especie íctica presa, lo que además se refleja en su contribución porcentual al IRI total (95%). La segunda especie en importancia es *P. antarcticum*, representante de la familia Nototheniidae de hábitos netamente pelágicos. La presencia de peces channichthyidos, típicamente de hábitos bentopelágicos, es de menor relevancia, aunque considerando las tres especies identificadas de esta familia en forma conjunta, éstas contribuyen a la dieta de las hembras casi tres veces más que *P. antarcticum* en términos de biomasa. Finalmente, es de remarcar una ausencia total de especies de hábitos netamente bentónicos (Tabla 2.3.14, fig. 2.3.14).

En el caso de los machos, si bien los peces mictófidios también predominan en la dieta, la dominancia de *G. nicholsi* no es tan evidente y cobra más importancia la especie *E. antarctica* (Tabla 2.3.15, fig. 2.3.15). Otra característica notable es la mayor presencia de notothenidos bentónicos, como *G. gibberifrons*, y un menor aporte de *P. antarcticum*. Si bien no se detectó la presencia de channichthyidos en los estómagos analizados, merece mencionarse que Daneri y Carlini (2002) a partir del análisis preliminar de la dieta piscívora de ejemplares de *M. leonina*, de esta misma colonia en estudio, reportaron la presencia de representantes de esta familia (*Chionodraco* sp. y *Pagetopsis* sp.) en un ejemplar macho juvenil.

En cuanto al hábitat y distribución de las especies ícticas mejor representadas en la dieta de *M. leonina* en el presente estudio, el taxón presa dominante, *G. nicholsi* (Fig. 2.4.7) es una de las especies de mictófidios más comunes y abundantes al sur del Frente Polar Antártico y se localiza en áreas de plataforma y en aguas oceánicas abiertas, siendo capturada tanto en hábitats meso como batipelágicos (Gon y Heemstra 1990). Además, se han localizado

concentraciones importantes de esta especie a profundidades de entre 220 a 480 m en el área de las Shetland del sur (Linkowski 1985). El otro myctófido presente en la dieta, *E. antarctica*, constituye otra de las especies pelágicas más comunes en aguas oceánicas antárticas. De distribución epi a mesopelágica, usualmente se localiza en los 100 m superiores de la columna de agua aunque puede alcanzar profundidades de hasta 1000 m, siendo más común en aguas abiertas que en las de plataforma (Williams y MacEldowney 1990). En lo que se refiere a los peces notothenídeos, vale remarcar que, si bien la mayoría de ellos llevan una vida de tipo bentónica o bentopelágica, la especie más representativa de esta familia en la dieta de *M. leonina* fue *P. antarcticum* (Fig. 2.4.8). Este pez es considerado el único notothenídeo de hábitos verdaderamente pelágicos siendo además usualmente muy abundante sobre la plataforma continental antártica y en aguas oceánicas abiertas especialmente en altas latitudes del Océano Austral donde frecuentemente es la única especie capturada mediante redes (Williams y MacEldowney 1990). Las formas larvales y post larvales se distribuyen hasta 100 m de profundidad, los juveniles hasta 400 m y los adultos por debajo de esa profundidad hasta los 800 mts, ocasionalmente cerca del fondo.

El otro notothenídeo, solamente presente en la dieta de machos, *G. gibberifrons* es una típica especie de hábitos bentónicos que se distribuye en aguas de plataforma desde los 5 hasta los 750 m de profundidad, aunque las formas juveniles pueden localizarse en ambientes pelágicos en los primeros 100 m de la columna de agua desde el fondo (Fischer y Hureau 1988, Hubold 1991).

Por su parte los peces channichthyidos, sólo presentes en la dieta de hembras, son básicamente de hábitos bentopelágicos. De las tres especies identificadas en el presente estudio aquellas del género *Chionodraco* fueron las mejor representadas. Tanto *C. myersi* como *C. rastrospinosus* son especies con estadios larvales y juveniles de hábitat pelágico mientras que las formas adultas son de hábitos demerso - pelágicos. Ambas especies se distribuyen en un amplio rango de profundidades tanto en el área de la península Antártica como en las islas del Arco del Scotia desde los 200 hasta los 1000 m de profundidad (Fischer y Hureau 1988, Williams y MacEldowney 1990).

Del análisis comparativo de la dieta piscívora entre sexos de *M. leonina*, se desprende una tendencia de las hembras a depredar sobre peces de hábitos pelágicos y secundariamente

bentopelágicos y de los machos a depredar en forma alternada tanto sobre peces de hábitos pelágicos como bentónicos. Esto concuerda con el patrón de depredación de *M. leonina* sobre el componente cefalópodos (referido en la sección 2.4.3), pudiendo correlacionarse con los 2 tipos de buceo predominantes que desarrollan hembras y machos (Hindell *et al.* 1991, Slip *et al.* 1994).

En base a la distribución de frecuencias de las tallas estimadas de las dos especies ícticas presa más frecuentes y abundantes de *M. leonina* (*i.e.* *G. nicholsi* y *P. antarcticum*), se realizó un análisis de la relación entre la longitud standard y el grado de madurez sexual de los ejemplares depredados siguiendo el criterio de Hulley (1990) y de Radtke *et al.* (1993) respectivamente. De este análisis se infiere que, en el caso de *G. nicholsi*, la mayor parte de los ejemplares consumidos fueron formas juveniles inmaduras (SL < 160 mm) siendo su clase modal de tamaño depredado 140-150mm (Fig. 2.3.16).

En el caso de *P. antarcticum*, especie que se caracteriza por su gran longevidad y crecimiento lento y que alcanza su madurez a los 140 mm de longitud standard (Hubold y Tomo 1989), se consumieron tanto individuos juveniles como maduros presentando 2 clases modales de tamaño : 100 – 110mm y 170-180 mm (Fig. 2.3.17).

Es de destacar que los peces mictófididos se caracterizan por poseer un tejido muscular con alto contenido energético, que si bien es altamente variable entre especies, su valor promedio, se estima en $7,5 \text{ MJ*kg}^{-1}$ (Cherel y Ridoux 1992, Tierney *et al.* 2002). Este valor energético es sensiblemente superior al de muchas especies de notothenidos en general, de los cuales *P. antarcticum* es uno de los de más alto contenido energético (4.84 MJ*kg^{-1}) si lo comparamos con otras especies de la misma familia tales como *G. gibberifrons* o *N. coriiceps* (valores energéticos promedio de $3,5 \text{ MJ*kg}^{-1}$) e incluso superior al de peces channichthyidos y al de cefalópodos con valores promedio asumidos de entre 3,3 y $3,93 \text{ MJ*kg}^{-1}$ respectivamente (Oehlenschlager 1991, Carlini *et al.* 2005).

Por lo tanto, a partir del análisis de la porción íctica de la dieta de *M. leonina*, se puede concluir que los peces myctófididos, principalmente representados por *G. nicholsi* fueron los peces presa dominantes siguiéndole en importancia, aunque en menor proporción, el notothenido pelágico *P. antarcticum*. En este punto cabe resaltar que, luego del krill, las poblaciones de peces en el Océano Antártico constituyen el segundo elemento más importante

como recurso alimentario de los depredadores tope, en particular los myctófidos pelágicos en aguas oceánicas abiertas y el notothenídeo pelágico *P. antarcticum* en las zonas antárticas de altas latitudes (Barrera Oro 2002). Tal como se indicó previamente los mictófidos están ampliamente distribuidos en las aguas meso y batipelágicas del Océano Austral desde la zona del Frente Polar Antártico hasta el talud continental Antártico alcanzando latitudes de 65°S y en ocasiones superando ese límite latitudinal (Gon y Heemstra 1990). Más aún, un estudio sobre la estructura de la comunidad mesopelágica de peces en aguas de talud en Islas Shetland del sur indicó que la familia Myctophidae es la más importante en riqueza específica, abundancia numérica y peso húmedo y estuvo principalmente representada por las especies *E. antarctica*, *G. nicholsi*, *G. braueri*, y *P. bolini* (Pusch *et al.* 2004). Justamente las dos primeras especies mencionadas estuvieron representadas en la dieta de *M. leonina* en este estudio. Sin embargo, si consideramos el conjunto de áreas de alimentación detectadas a través de los estudios de telemetría satelital de los distintos componentes de la población de *M. leonina* de isla 25 de Mayo, notaremos que además de localizarse en áreas adyacentes al Archipiélago de las Shetland del sur, también se ubican en aguas oceánicas abiertas y libres de la cobertura de hielo (juveniles del año) aproximadamente a 65° de latitud S como así también en aguas de plataforma de la península Antártica tanto occidental (hembras adultas) como oriental (machos adultos) hasta los 75° de latitud S (Bornemann *et al.* 2000, Tosh *et al.* 2009). Estas son áreas donde el pez *P. antarcticum* ha sido reportado como muy común y localmente abundante (Dewitt y Hureau 1979, Kellerman 1986). Más aún, Hubold (1984) y Hubold y Ekau (1987) postularon que la ocupación de un nicho de baja competencia interespecífica en la zona media de la columna de agua durante la mayor parte de su ciclo de vida ha resultado en que *P. antarcticum* sea una de las especies más abundantes en las altas latitudes Antárticas. Esto se debe en parte a la existencia de un gradiente de temperatura sobre la zona externa de la plataforma Antártica, el que impide la penetración de peces de distribución más septentrional (como los mictófidos) dentro del sistema pelágico de las plataformas marinas de altas latitudes. De aquí se infiere que, mientras que los mictófidos pueden constituir el principal ítem presa dentro de la porción íctica de la dieta de *M. leonina* en áreas cercanas a la Isla 25 de Mayo, éstos son probablemente reemplazados en forma

progresiva por *P. antarcticum* a medida que los elefantes se desplazan en dirección sur hacia latitudes más altas.

Finalmente, y en relación específica a los dos componentes de la dieta de *M. leonina*, hasta aquí tratados (*i.e.*, cefalópodos y peces) merece mencionarse un estudio dietario de este fócido en la región de Isla Macquarie que se basó en el análisis de ácidos grasos a partir de muestras de grasa subcutánea de hembras adultas (Bradshaw *et al.* 2003). El nivel taxonómico más bajo que se encontró para separar las muestras de los elefantes analizadas (usando la técnica estadística de análisis de función discriminante) fue dividiendo a las presas en tres taxa: peces, calamares y krill. De los resultados obtenidos se concluyó que existió una variación tanto temporal como espacial en la dieta de *M. leonina*, registrándose una mayor proporción de ejemplares con dietas dominadas por peces durante el invierno y alrededor de la plataforma continental antártica mientras que, en contraposición, la mayoría de los ejemplares tenía una dieta con predominancia de calamares durante el verano, cuando sus áreas de alimentación eran pelágicas. Independientemente de la variación observada, los autores indicaron que, considerando el conjunto (pool) de muestras, el 89% de los elefantes se ubicaron dentro del grupo con dieta dominada por calamares, mientras que el 11% correspondió al grupo dietario dominado por peces. Ningun ejemplar de elefante marino se identificó como perteneciente al grupo de dieta dominado por krill.

2.4.6. Sobre el componente crustáceos en la dieta de *M. leonina*.

Tal como se indica en la sección Resultados, este componente estuvo presente en el 12,3% de los estómagos analizados siendo muy pocos los remanentes que pudieron ser identificados. Al respecto, todos los estudios dietarios en los que se analizaron remanentes de crustáceos coincidieron en términos generales con los taxones identificados en el presente estudio, esto es, anfípodos, euphausíidos, isópodos y decápodos. Algunos autores como Green y Burton (1993) y Van den Hoff *et al.* (2003) consideran que la ingesta de ciertos taxones de crustáceos (vg. euphausiáceos o decápodos) por parte de *M. leonina* implicaría que los mismos podrían formar parte regular de su dieta. Otros consideran que su ingesta es accidental o bien los mismos son presas secundarias, esto es, consumidos primariamente por cefalópodos y peces que a su vez, son presas de *M. leonina* (Laws 1953, Slip 1995, Cherel *et al.* 2008). Los

resultados del presente estudio sostendrían esta segunda hipótesis, especialmente si tenemos en cuenta que los taxones presa dominantes en la dieta de *M. leonina* (las diversas especies de cefalópodos y peces identificadas) se alimentan en gran proporción de crustáceos euphausiáceos y anfípodos.

2.4.7. Sobre los remanentes hallados en muestras de materia fecal.

Solamente existe como antecedente, un análisis dietario de *M. leonina* a través de esta metodología y el mismo fue realizado en el área de Vestfold Hills, en cercanías de la base australiana Davies (68° 30'S, 78°E) (Green y Williams 1986). Este estudio se basó en un total de 25 muestras de materia fecal colectadas, de las cuales 12 correspondieron al verano y 13 al invierno. Sólo dos ítems presentaron una frecuencia media de ocurrencia relevante, a saber, nematodos (F: 68,8%) y restos de pelaje (33,3%). Los restantes ítems identificados correspondieron a fragmentos de crustáceos (15,5%), vértebras de peces (8,3%) y restos de cefalópodos (4,1%) (sin aclarar para este taxón qué tipo de estructuras se hallaron). Estos autores resaltaron como conclusión la notoria escasez de remanentes identificables en las fecas de *M. leonina*.

En el presente estudio se halló e identificó un número mayor de ítems (10) en las fecas colectadas (n=85) (Fig. 2.3.20). No obstante ello, no fue mucha la información que se pudo extraer desde el punto de vista dietario. Los fragmentos de algas y crustáceos como así también de moluscos no cefalópodos (bivalvos o gasterópodos) seguramente corresponden, tal como se mencionó en la sección anterior, a ingestas accidentales o bien a presas secundarias. Los remanentes de peces estuvieron representados por fragmentos óseos o cristalinos y los de cefalópodos, hallados en un sola muestra, por dos cristalinos y dos picos (uno superior y otro inferior) identificados como *S. circumantartica*. Por lo tanto, los dos taxones de mayor contribución en la dieta de *M. leonina*, estuvieron mínimamente representados en este tipo de muestras.

Con respecto a los ítems restantes, algunos de ellos merecen un comentario aparte.

En el caso de pelos o restos de epidermis con pelos, cabe remarcar que la frecuencia de ocurrencia promedio de este ítem en las fecas considerando las tres temporadas de análisis es del 40%. Más aún, para las temporadas 2001/2002 y 2002/2003 en las que se puede comparar

el período reproductivo con respecto al de muda, se observa un aumento en la ocurrencia de este ítem hacia el período de muda (Tabla 2.3.20; Fig. 2.3.21). La presencia de este ítem seguramente responde al comportamiento de los animales durante su estancia en tierra. En la época reproductiva es común observar encuentros agonísticos entre los individuos de la colonia, ya sea por la posesión del harén (entre machos), por el intento de apareamiento, e incluso las hembras pueden morderse entre ellas o a sus cachorros en situaciones de stress dentro de los harenes. En la muda, en cambio, los individuos, a veces en gran número, se disponen en grupos compactos, sobre todo en días de baja temperatura y viento intenso. En esta situación se pueden observar también en ocasiones a los individuos mordiéndose esporádicamente entre sí, probablemente ante la falta de espacio. Dado que durante el proceso de muda los animales se desprenden de porciones o “tiras” de epidermis con su viejo pelaje adherido, la probabilidad de ingesta accidental es mayor, de ahí la mayor frecuencia de ocurrencia de este ítem en esta época.

En cuanto a la presencia de guijarros, es de destacar que este ítem no sólo ha sido extraído de fecas (Green y Williams 1986) sino que también se halló en contenidos estomacales de ejemplares previamente sacrificados en Georgias del sur y Orcadas del sur (Laws 1956). Al respecto cabe aclarar que este fenómeno ha sido reportado para numerosas especies de pinnipedios. Entre los otáridos se pueden mencionar al león marino australiano (*Neophoca cinerea*), al lobo de un pelo sudamericano (*Otaria flavescens*), al león marino de Nueva Zelanda (*Phocartos hookeri*) y al león marino de Steller (*Eumetopias jubatus*) además del lobo fino sudafricano (*Arctocephalus pusillus pusillus*). Entre los fócidos, podemos mencionar además de *M. leonina*, a *M. angustirostris*. Además se ha observado este fenómeno también en odobénidos (King 1983, Riedmann 1990).

Si bien no se descarta que en algunos casos la ingesta de guijarros sea de tipo accidental, en gran parte se considera que la misma es deliberada, existiendo diversas hipótesis que intentan explicar este fenómeno. Algunos investigadores sostienen que la presencia de gastrolitos tiene un efecto estabilizador, al proveer “lastre” que ayuda al individuo a regular su flotabilidad mientras nada y/o bucea. Otros investigadores consideran que este comportamiento se da primariamente durante los períodos de ayuno (como en el caso de *M. leonina*, tanto en la época reproductiva como en la de muda) proveyendo un volumen sólido sobre el cual se

contraerían los músculos gástricos sirviendo para “aliviar” los accesos de hambre que podrían experimentar los individuos frente a la sensación de vaciedad de su estómago. Una hipótesis adicional sostiene que los gastrolitos ayudan en el proceso de desmenuzamiento del alimento, el cual es ingerido en general entero o en grandes trozos aunque no hay clara evidencia de esta función. Incluso King (1983) ha sugerido que los gastrolitos proveen peso adicional, asistiendo a los músculos del estómago en eyectar oralmente masas de restos óseos de peces o remanentes de cefalópodos (picos), basándose en observaciones realizadas en ciertos otaridos como *P. hookeri*. Una última hipótesis establece que los gastrolitos tendrían una función de molienda y destrucción de endoparásitos, básicamente nematodos, que se fijan a la mucosa estomacal. Sin embargo, tampoco existe una evidencia concreta de que esta sea la verdadera función. Respecto de esta última explicación, cabe mencionar que Laws (1956) reportó que en algunos ejemplares de *M. leonina* a los que observó regurgitando masas de piedra junto con nematodos y sacrificó con fines de estudio, halló grandes cantidades de estos endoparásitos aún fijados a la mucosa intestinal.

De todas las hipótesis enumeradas, este mismo autor considera que aquella que sugiere la función de disminuir la sensación de hambre en los individuos en ayuno en tierra sería la más admisible y en lo personal concuerdo con esta posición.

En cuanto al ítem pingüinos, el mismo estuvo representado básicamente por plumas, salvo en una muestra en la que, adicionalmente, se observaron restos de un tarso-metatarso. La ocurrencia media para las tres temporadas de recolección de fecas fue de 17,1% (Tabla 2.3.20). Más aún, en aquellas temporadas en que, la recolección de muestras, abarcó tanto el período reproductivo como el de muda, sólo se hallaron restos de este ítem en aquellas correspondientes al de muda (Fig 2.3.21).

Tal como se especificó en el Capítulo 2. Sección 2.2 (Materiales y Métodos), el sitio de estudio se localiza dentro de un área Antártica especialmente protegida (ZAEP N° 132) donde se asientan colonias reproductivas de tres especies de pingüinos, *Pygoscelis adeliae* (pingüino de adelia), *Pygoscelis papua* (pingüino de vincha o papúa) y *Pygoscelis antarctica* (pingüino barbijo), representados respectivamente por 7.741, 2191 y 75 parejas reproductivas hacia la temporada de 1996/97 (Daneri *et al.* 2008, Carlini *et al.* 2009). Los eventos reproductivos de las 3 especies arriba mencionadas, si bien con cierto desfasaje, comienzan hacia mediados de

la primavera con el arribo de los primeros individuos a tierra, alcanzando las colonias una mayor densidad poblacional durante la primavera tardía y comienzo del verano a medida que se van sucediendo la puesta e incubación de huevos y posterior nacimiento y cría de los polluelos. Existe por lo tanto la posibilidad de que el hallazgo de plumas en las fecas simplemente sea el resultado del accionar del viento que desplaza a las mismas a zonas adyacentes a las colonias pudiendo quedar atrapadas en la masa de materia fecal depuesta por los elefantes. Sin embargo esto no explicaría el hallazgo del tarso-metatarso en una de las muestras analizadas. La posible ingesta o matanza de pingüinos no podría descartarse si tomamos en cuenta un reporte proveniente de Punta Tombo, provincia de Chubut, Argentina, el que indica que, durante tres primaveras consecutivas entre 1997 y 1999 se observaron ejemplares macho de *M. leonina* atacar a decenas de ejemplares de *Spheniscus magellanicus* (pingüino magallánico) en tierra, y a pocos metros de la línea de agua (Clarke y Dee Boersma 2006). Los autores remarcaron que, si bien los elefantes mataron y desmembraron varias decenas de pingüinos, en muy pocas ocasiones se los observó ingiriéndolos, razón por la cual concluyeron que probablemente este comportamiento pudo haber sido una extensión de las actividades de juego o bien una respuesta agresiva a un factor de irritación externo dado que en la mayoría de los casos las aves atacadas merodeaban previamente al animal, aparentemente perturbándolo. En el área donde se desarrolló el presente estudio, no se han reportado a la fecha ataques de esta índole aunque no puede descartarse que en ciertas circunstancias éstos puedan ocurrir.

Por ultimo, y en relación a los endoparásitos hallados en las fecas analizadas, éstos estuvieron representados por dos taxones, nematodos y acantocéfalos, los que presentaron una frecuencia media de ocurrencia del 60,5% y 75,8% respectivamente (Tabla 2.3.20). Green y Williams (1986) hallaron también nematodos en el 68,9% de las fecas de *M. leonina* analizadas, valor relativamente similar al del presente estudio. Sin embargo no reportaron la presencia de acantocéfalos.

Cabe destacar que los dos géneros de nematodos identificados (*Contracaecum* y *Pseudoterranova*) al igual que la mayoría de los representantes de la familia Anisakidae, son parásitos asociados a organismos marinos, principalmente peces, mamíferos y aves. La transmisión de especies de esta familia involucra comúnmente a invertebrados acuáticos y

peces como hospedadores intermediarios o paraténicos. Los miembros del género *Contracaecum* tienen como hospedador definitivo a aves piscívoras y a pinnípedios, habitando en el estómago del hospedador, donde consumen el alimento ingerido por éste. Cuando no se alimentan de la ingesta, se fijan a la mucosa gástrica, generando áreas inflamadas y ulcerosas. Entre los hospedadores intermediarios de larvas de miembros de este género existen numerosos crustáceos (vg. eufáusidos, anfípodos, copépodos), moluscos (cefalópodos, gasterópodos) y peces. En cuanto al género *Pseudoterranova*, sus miembros son parásitos comunes en el estómago de pinnípedios y de cetáceos, siendo los peces sus hospedadores intermediarios más frecuentes (King 1983, Anderson 2000).

Finalmente y con respecto a los acantocéfalos hallados e identificados como pertenecientes al género *Corynosoma*, éstos son parásitos frecuentes de mamíferos y aves marinas, siendo sus hospedadores intermediarios los anfípodos y principalmente los peces teleósteos (Aznar 1999, Braicovich 2005).

Dado que la dieta de *M. leonina*, esta principalmente representada por cefalópodos y en menor proporción por peces, la alta frecuencia de ocurrencia de ambos taxones de endoparásitos no sólo en las fecas sino en los contenidos estomacales analizados es esperable.

2.4.8. Interacción trófica con otras especies de pinnípedios en el área de estudio.

Dentro del área de Punta Stranger, Isla 25 de Mayo (ZAEP 132), la única especie de pinnípedio que alcanza un número considerable y cohabita con los elefantes marinos durante gran parte del verano austral, es el lobo fino antártico, *Arctocephalus gazella*. Cada año, aproximadamente desde mediados de enero en adelante, se produce un influjo de individuos machos, mayoritariamente subadultos, que suelen alcanzar su pico máximo hacia el otoño temprano, principalmente en el mes de abril, siendo su número poblacional variable entre años (Daneri *et al.* 2008). Como se mencionó ya en la Sección 2.4.4 la colonia reproductiva de *A. gazella* más cercana a Punta Stranger se localiza en cabo Shirreff (62° 28'S, 60° 48'O) e islotes Telmo (2 km al O de Cabo Shirreff; ZAEP 148) isla Livingston la que comprende aproximadamente unos 22.000 individuos (Hucke Gaethe *et al.* 2004).

Otra especie de pinnípedio que suele hallarse en la zona de estudio, aunque en escaso número y generalmente en forma dispersa y ocasional, es la foca de Weddell, *Leptonychotes*

weddellii. No obstante ello, en Caleta Armonía (ZAEP 133; 62° 18'S, 59° 14'O), Isla Nelson, lugar próximo al área de muestreo del presente estudio, se ha reportado la presencia de más de 500 individuos de esta especie. En esta localidad además *L. weddellii* usualmente se reproduce durante la primavera, habiéndose registrado hasta 60 hembras reproductivas con sus cachorros en una sola temporada (ATCM 2005).

En lo referente a la ecología alimentaria de *A. gazella*, varios estudios han abordado esta temática en la última década y media en el área de las Shetland del sur y oeste de península Antártica (Daneri 1996, Daneri y Carlini 1999, Casaux et al. 2003, Daneri et al. 2008). En general, los mismos indican que *A. gazella* se alimenta básicamente de krill y de peces, siendo los cefalópodos y los pingüinos ítems presa de poca relevancia aunque, eventualmente, su contribución puede incrementarse en épocas de baja disponibilidad de krill y/o peces.

Los peces presa están mayoritariamente representados por la Familia Myctophidae y dentro de esta familia, las especies ícticas dominantes son *G. nicholsi* y *E. antarctica*, las que, en forma conjunta representan más del 80% de los peces depredados por los lobos (Daneri et al. 2008). No obstante ello, en ciertas temporadas y localidades el notothénido pelágico *P. antarcticum* también constituye un ítem presa de relativa importancia en la porción íctica de su dieta (Daneri y Carlini 1999, Casaux et al. 2003).

Por su parte los estudios dietarios de *L. weddellii*, en el área de las Shetland del sur y oeste de península Antártica indican que este fócido se alimenta principalmente de peces y cefalópodos y en menor grado de crustáceos. Dentro de los cefalópodos, los octópodos adquieren una mayor preponderancia en la dieta en relación a los teuthoideos (Lipinski y Woyciechoiski 1981, Clarke y Mac Leodd 1982b, Casaux et al. 1997, Daneri et al. 2008). Por su parte los peces están representados tanto por mictófidios pelágicos, principalmente *G. nicholsi*, como por notothénidos de hábitos tanto demersales o bentopelágicos (vg. *Lepidonotothen nudifrons*, *G. gibberifrons*, *Pagothenia/Trematomus spp*) como pelágicos (*P. antarcticum*) (Casaux et al. 1997, Daneri et al. 2007).

En las tablas 2.4.5 y 2.4.6 se indican en forma comparativa las tallas de distintas especies de cefalópodos y peces presa en común y de presencia relevante en la dieta de estas tres especies de pinnipedios.

De lo hasta aquí expuesto se puede inferir la posible existencia de solapamiento al menos parcial por ciertos recursos presa entre *L. weddellii*, *A. gazella* y *M. leonina* por lo menos en el área circundante a la Isla 25 de Mayo. Además, si bien los rangos de tamaño de las diversas especies presa en común de estos tres pinnípedios se superponen en cierto grado, cabe destacar cierta particularidad que se da al analizar el componente cefalópodos, cuyas únicas 2 especies presa en común son los teuthoideos *S. circumantarctica* y *P. glacialis*. La coincidente presencia de *S. circumantarctica* tanto en la dieta de *A. gazella* como en las de *M. leonina* y *L. weddellii* no es sorprendente dado que se trata de una especie muy común en aguas antárticas, que se distribuye a pocos metros de profundidad en la columna de agua o bien en forma cercana a la superficie, por lo que se encuentra ampliamente disponible dentro del rango vertical de forrajeo de estos tres depredadores (Rodhouse et al. 1992, Daneri et al. 1999). Existe además, otro fenómeno muy peculiar que se observa al comparar las tallas de *P. glacialis* depredado por estas tres especies de pinnípedios. Los especímenes de este calamar depredados por *L. weddellii* y *M. leonina* son de tamaño relativamente similar entre sí pero notoriamente mayor que el de aquellos ingeridos por *A. gazella* (Tabla 2.4.5). Esto se puede explicar si correlacionamos el comportamiento de buceo de estas especies de pinnípedios con la distribución batimétrica de *P. glacialis*.

Ambas especies de fócidos bucean comúnmente a profundidades que exceden los 300 m mientras que *A. gazella* realiza buceos relativamente poco profundos, que raramente superan los 50 m de la columna de agua (Kooyman 1981, MacConnell et al. 1992, Gentry y Kooyman 1986).

Por su parte el calamar *P. glacialis*, tal como se mencionara previamente en esta misma sección, se caracteriza por presentar un marcado descenso ontogenético, esto es, con formas juveniles, y por ende de menor porte, que se concentran en los primeros 100 m de la columna de agua y formas subadultas y adultas que habitan a mayores profundidades, incluso hasta relativamente cerca del lecho marino (Filipova y Pakhomov 1994, Lu y Williams 1994).

De esto se infiere que los especímenes de mayor porte de esta especie de calamar difícilmente se hallen disponibles dentro del rango vertical de buceo de *A. gazella* (Daneri et al. 1999)

2.4.9. Interacción de *M. leonina* con las pesquerías comerciales en el área de las Shetland del sur:

Las interacciones entre mamíferos marinos y las pesquerías pueden ser operacionales, las que comprenden daños a la captura, a las artes de pesca y a los mamíferos marinos involucrados (mortalidad incidental), como así también derivadas de relaciones ecológicas que vinculan a ambas partes entre sí, esto es, solapamiento y/o eventual competencia por el recurso presa disponible en el océano, constituyendo en ambos casos un tema de preocupación dentro de la comunidad científica (Kaschner y Pauly 2005). Esto es comprensible si consideramos que muchas especies de mamíferos marinos “operan” en común con el hombre, cerca del o en el mismo ápice de la cadena alimentaria marina (Pauly *et al.* 1998). Desde un punto de vista ecológico, la competencia es una situación donde la presencia simultánea de dos consumidores por un recurso presa en común es mutuamente desventajosa (Plagányi y Butterworth 2002). Harwood y Croxall (1988), establecieron que los datos biológicos necesarios para evaluar la competencia entre los pinnípedios y las pesquerías son los mismos que se requieren para evaluar la magnitud de cualquier otra interacción ecológica competitiva. Por lo tanto se necesita información sobre la distribución y abundancia en tiempo y espacio del recurso objeto de competencia como así también el esfuerzo de alimentación o captura del recurso por parte de ambos competidores. En la práctica el recurso presa debe ser dividido en especies y éstas en clases de tamaño y el consumo de cada una de esas clases estimado para cada competidor. Esto dará una síntesis de las propiedades estáticas de la competencia, pero, en forma adicional, se necesitan conocer sus propiedades dinámicas para poder hacer predicciones y adoptar medidas de manejo. Para esto será necesario conocer cómo los componentes del recurso responderán a cambios en la tasa de depredación y cómo los competidores responderán a los cambios en la abundancia de esos componentes. En el caso de los pinnípedios, esto requerirá información sobre los efectos de la disponibilidad de alimento sobre su dinámica poblacional. Por su parte la respuesta de las pesquerías dependerá de restricciones económicas y operacionales y de la acción de los diferentes cuerpos regulatorios. Gran parte de la información necesaria sobre la actividad de la pesquería es colectada en forma estadística por organismos gubernamentales nacionales o internacionales.

En lo que se refiere específicamente al Océano Austral, éste ha experimentado notables colapsos de especies marinas luego de ser sometidas a explotación. Hacia fines de la década de 1970, esto es, dos siglos después del descubrimiento de los recursos en la región, la actividad de explotación había llevado casi a la extinción de poblaciones de lobo fino Antártico, *A. gazella*, de grandes cetáceos (vg. *Baleaenoptera* sp, *Physeter catodon*, *Megaptera novaengliae*) y de especies ícticas de la Familia Nototheniidae, principalmente *Notothenia rossii*, además de *G. gibberifrons* y *Lepidonotothen squamifrons*. Las siguientes especies ícticas blanco fueron el channiichtyido *Champscephalus gunnari*, ya sobreexplotado hacia 1980 y hacia la segunda mitad de esa misma década *Dissostichus eleginoides* (bacalao de profundidad o austromerluza negra). La explotación pesquera exhibió una conducta similar a la explotación de focas y ballenas, vale decir, descubrimiento, explotación en gran escala y rápida disminución de las poblaciones, seguida del cambio de una especie objetivo a otra.

La pesca de krill, *Euphausia superba*, comenzó a principios de la década de 1970, a pesar de la profunda preocupación de que esta actividad pudiese afectar negativamente al ecosistema marino antártico, puesto que este crustáceo, como ya se mencionó anteriormente, constituye el alimento principal de muchas especies de depredadores tope de la cadena alimentaria del Océano Austral. *E. superba* contribuye también a que el campo de hielo estacional sea la zona de mayor productividad de toda la Antártida. Su captura alcanzó un máximo, en la temporada 1981/82, de 500.000 toneladas siendo la mayor parte de ella convertida en alimento para animales. Actualmente, el krill extraído se utiliza como alimento en la acuicultura, como carnada y para el consumo humano. Cuando la numerosa flota soviética cesó de pescar a principios de los 90, la captura de krill disminuyó marcadamente. No obstante, se estima que la extracción total de krill a la fecha es de aproximadamente 5,5 millones de toneladas y su captura actual excede las 100 000 toneladas por año (Croxall. y Nichol 2004).

En cuanto a los cefalópodos, en las últimas décadas hubo un reconocimiento creciente de su importancia en la estructura trófica del ecosistema Antártico. Si bien ocupan hábitats tanto bentónicos como pelágicos, se considera que las formas pelágicas, representadas por los teuthoideos constituyen un potencial mayor para el desarrollo de la pesca por su mayor diversidad y biomasa que los octopódos (Fischer y Hureau, 1988). La explotación de este

recurso aún no está desarrollada en Antártida en relación a otras regiones del planeta. En el Atlántico sudoccidental, a lo largo de la plataforma marítima patagónica las pesquerías de calamar están basadas principalmente en la captura de especies de la Familia Ommastrephidae (vg *Illex argentinus*) y Loliginidae (vg. *Loligo* spp.). En el Océano Austral en cambio, las únicas dos especies que han sido objeto de interés comercial son los ommastréfidos *Martialia hyadesi* y *Todarodes filippovae*, siendo la primera de ellas, la única especie de cefalópodo objetivo de las pesquerías en el límite norte del área de la Convención de la CCRVMA. *T. filippovae*, si bien puede ofrecer algún potencial pesquero no ha sido sometida a la fecha a ninguna explotación directa (Fischer y Hureau 1988, Collins y Rodhouse 2006). El límite de captura que la CCRVMA ha impuesto para la explotación de calamar es de 2.500 toneladas por año (Ccamlr <http://www.ccamlr.org/pu/s/pubs/am/p2.htm>).

Tal como se indicó previamente en el Capítulo 1 Sección Introducción, en el manejo de los recursos marinos del Océano Austral, especialmente las pesquerías, la CCRVMA fue la primera convención internacional que, con el objetivo primario de prevenir la sobreexplotación del krill antártico, adoptó principios de conservación que apuntaron a:

- a) Establecer un equilibrio entre la cosecha y la conservación (utilización racional) de los recursos
- b) Proteger las necesidades de las especies dependientes.
- c) Evitar o minimizar el riesgo de cambios en el ecosistema marino que no sean potencialmente reversibles en el lapso de dos a tres décadas.

A partir de estos principios se han desarrollado dos conceptos centrales respecto de la manera en que la CCRVMA ha enfocado su responsabilidad de manejo:

1. Enfoque “precautorio”. Esto significa que la CCRVMA recopila la mayor cantidad de datos posible, y a continuación realiza una ponderación de la magnitud y efecto de la incertidumbre y de la falta de datos antes de tomar decisiones de ordenación. El objetivo del enfoque es reducir al mínimo el riesgo de efectos nocivos a largo plazo, y no demorar la toma de decisiones hasta disponer de todos los datos necesarios.
2. Enfoque “ecosistémico”: éste toma en cuenta, en lo posible, todas las delicadas y complejas relaciones entre los organismos y los procesos físicos que conforman el ecosistema marino Antártico. El enfoque ecosistémico no sólo se concentra en la reglamentación de la pesca de

ciertas especies, sino que también tiene como objetivo asegurar que la pesca no tenga efectos adversos en otras especies relacionadas o dependientes. Por ejemplo, al mismo tiempo que controla y reglamenta directamente la explotación de krill, la CCRVMA se esfuerza por realizar el seguimiento de los posibles efectos de la explotación sobre las especies que se alimentan de krill, o son presa de los depredadores de krill.

La CCRVMA por lo tanto busca preservar el 'equilibrio' del ecosistema mediante el establecimiento de límites de captura razonables o precautorios de krill, que a su vez toman en cuenta las necesidades de las especies relacionadas para preservar la sostenibilidad ecológica de todas las especies involucradas (Constable *et al.* 2000).

Por último, las medidas de conservación adoptadas por la CCRVMA se basan en el asesoramiento científico de mayor calidad disponible y su cumplimiento determina el grado de su eficacia. La secretaría general de la CCRVMA produce diversas publicaciones anuales en los 4 idiomas oficiales (español, inglés, francés y ruso) en apoyo del trabajo de la comisión y del comité científico, a saber:

- Informe de la reunión anual de la comisión incluidos los informes de sus subcomités.
- Informe de la reunión anual del comité científico, incluidos los informes de sus grupos de trabajo.
- Lista de medidas de conservación en vigor.
- Boletín estadístico que resume los datos de pesca enviados al Centro de Datos de la CCRVMA.
- Publicación de la revista CCAMLR Science la que contiene artículos relacionados con la conservación y utilización racional de los recursos vivos marinos antárticos y cubren numerosas disciplinas, como ecología de especies marinas, dinámica poblacional, interacciones ecológicas y diversos temas de economía y manejo pesqueros.

El Boletín estadístico contiene datos sobre todos los reportes de capturas de peces e invertebrados en el área de la convención agrupados en períodos de 10 años con cada período anual dividido desde el 1ro. de julio al 30 de junio. En la Tabla 2.4.7 se transcriben los datos de captura correspondientes al período (1995/96 – 2002/3) y al área de estudio (48.1; en forma adicional se agrega el área 48.2) dentro de la cual se halla el sitio ZAEP 132 en que se realizó el presente estudio. Si cotejamos los mismos con las principales especies presa

identificadas en la dieta de la población de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo, se observa que las principales especies objetivo de las pesquerías no coinciden con los taxones presa dominantes de esta población, lo cual indicaría que no existe un solapamiento, al menos en el área circundante a las Islas Shetland del sur, entre *M. leonina* y las pesquerías.

A diferencia de esta situación, el análisis dietario de las poblaciones de elefante marino del sur de otras localidades del Océano Austral sí indicaría la posibilidad de un solapamiento o potencial competencia por el recurso presa con las pesquerías de esa zona.

Si consideramos el recurso peces, esto se da puntualmente para las poblaciones de *M. leonina* de Islas Heard donde *D. eleginoides* (bacalao austral o austromerluza negra) es un taxón presa, si bien no dominante, de ocurrencia y número relativamente variable en el componente íctico de su dieta (Slip 1995, Constable *et al.* 1997, Goldsworthy *et al.* 2001).

Por otro lado, Brown *et al.* (1999) sugirieron también a *D. eleginoides* como componente de la dieta piscívora de *M. leonina* en Islas Georgias del sur en base al análisis dietario por marcadores de ácidos grasos. Dado que esta especie íctica, tal como se mencionó previamente, es a la vez una especie blanco de importancia para las pesquerías del Océano Austral, es esperable cierto grado de interacción entre las mismas y *M. leonina*.

Si consideramos en cambio el recurso cefalópodos, el calamar ommastreídeo *M. hyadesi* constituye un ítem presa de relativa importancia en la dieta de las poblaciones de elefante marino de Isla Macquarie, aunque su contribución es variable (según los grupos de sexo/edad de los elefantes; Green y Burton 1993, Slip 1995, Van den Hoff 2004, Field *et al.* 2007). Este calamar es, a su vez, especie blanco de las pesquerías de esa zona, por lo que se da la potencialidad de interacción de *M. leonina* con las mismas en esa zona (58, 88 de la CCRVMA). Cabe remarcar que Goldsworthy *et al.* (2001), analizando las interacciones tróficas entre *D. eleginoides*, su pesquería y los pinnípedos y aves del área circundante a Isla Macquarie concluyeron que la misma era de carácter débil. También podría darse una situación similar en las poblaciones de *M. leonina* del sector Atlántico del Océano Austral. Específicamente en las Islas Georgias del sur, Rodhouse *et al.* (1992) reportaron también al calamar *M. hyadesi* como uno de los ítems presa de esa población, si bien su contribución relativa a la dieta de los elefantes no fue de relevancia, al menos para las temporadas estudiadas.

En el caso de la población de *M. leonina* en estudio, podríamos resumir que, el componente íctico está representado mayoritariamente por los peces mictófidos, principalmente *G. nicholsi* y en menor proporción por el nototénido pelágico *P. antarcticum* mientras que el componente cefalópodos esta mayoritariamente representado por el calamar glacial antártico *P. glacialis*. Ninguna de estas especies constituye un objetivo central de explotación pesquera en el área de las Shetland del sur (CCAMLR 2008). No obstante ello, existen numerosas especies de cefalópodos del Océano Austral que han sido catalogadas como potenciales recursos explotables en el futuro por la calidad de su carne (Fischer y Hureau 1988, Rodhouse 1990). *P. glacialis* es una de ellas, por lo que el establecimiento de una pesquería centrada en la captura de esta especie podría generar un impacto negativo en la población de elefantes marinos de las islas Shetland del sur.

Por último cabe resaltar que el krill es el recurso vivo marino más explotado en el Océano Austral, lo cual incluye al área 48.1 dentro de la cual se halla la colonia de *M. leonina* en estudio. Si consideramos que tanto los peces como los cefalópodos presa de este fócido identificados en el presente estudio se alimentan en mayor o menor proporción de este crustáceo, es altamente probable que se dé una competencia indirecta por el recurso entre los elefantes de las islas Shetland del sur y las pesquerías del área.

CAPITULO 3

MORFOLOGÍA CRÁNEO DENTARIA

3.1 INTRODUCCION:

a) Morfología cráneo dentaria de pinnipedios. Aspectos generales:

El cráneo de los pinnipedios, si bien varía ampliamente en forma y proporciones de género a género, se caracteriza en general por presentar un región craneana propiamente dicha grande y redondeada, abruptamente delimitada en dirección anterior por una región interorbital comprimida lateralmente, grandes órbitas, una región preorbital relativamente corta y un espacio no osificado en la pared orbital profunda en la que los palatinos no contactan con el frontal (King 1983). Existen numerosos caracteres^v cráneo dentarios empleados para la separación de las dos grandes superfamilias de Pinnipedios, esto es, Phocoidea (focas verdaderas) y Otarioidea, esta última incluyendo las Familias Otariidae (lobos finos, leones marinos) y Odobenidae (morsas), los que se detallan en la tabla 3.1.1 y se indican en la figura 3.1.1 (A y B).

La Familia Phocidae originalmente estuvo subdividida en 3 subfamilias: Phocinae, Monachinae y Cystophorinae basándose principalmente en la fórmula dentaria de los incisivos (3/2, 2/2 y 2/1 respectivamente) y el hecho particular de la presencia de una proboscis inflable en las 2 especies del género *Mirounga* (elefante marino) y en *Cystophora cristata* (foca de capucha). Sin embargo estudios ulteriores sobre morfología craneana y esqueletaria comparada de estas especies llevaron a la conclusión de que las mismas debían ser reubicadas sistemáticamente, por lo que *Mirounga* quedó incluida en la Subfamilia Monachinae y *Cystophora* en la Subfamilia Phocinae (King 1966, Burns y Fay 1970, King 1983). Se pueden mencionar 3 caracteres diagnósticos distintivos a nivel craneano que, en términos generales, diferencian a las 2 subfamilias mencionadas, los que se detallan en la tabla 3.1.2 y se indican en la figura 3.1.2.

La Subfamilia Monachinae comprende actualmente tres tribus: Monachini que incluye a las focas monje del género *Monachus*, Miroungini, incluye al género *Mirounga* y Lobodontini, incluye a las focas de distribución típicamente antártica correspondientes al género *Lobodon*, *Leptonychotes*, *Hydrurga* y *Ommatophoca*.

En forma adicional, y específicamente para los cuatro géneros de lobodontinos, Muizon y Hendey (1980) realizaron un análisis comparativo de caracteres craneanos y dentarios,

llegando a una división informal de los mismos en dos grupos los que se detallan en la tabla 3.1.3 y se indican en la figura 3. 1. 3.

b) Morfología cráneo dentaria de *M. leonina*.

El género *Mirounga* se caracteriza por presentar un cráneo de aspecto macizo, anchos arcos zigomáticos, un área interorbital extensa como así también una región preorbital muy ancha (Ling y Bryden 1992).

King (1972) realizó un estudio detallado sobre los cambios experimentados en la morfología craneana de esta especie, desde su nacimiento hasta la madurez, en base a una colección de cráneos de ejemplares de edad conocida provenientes de Islas Georgias del sur y depositados en la colección del British Museum of Natural History. Dicho estudio reveló una serie de particularidades en relación al desarrollo ontogenético craneano de *M. leonina*.

Mientras que la caja craneana de un cachorro es grande y globosa en apariencia y con una región facial relativamente pequeña, en el macho o hembra adultos la proporción relativa de estas dos regiones se revierte. Para ser más precisos, al momento del nacimiento, la caja craneana representa más de la mitad de la longitud total del cráneo mientras que en el adulto sólo representa poco más de un tercio de la misma (Fig. 3.1.4). La variación de las proporciones relativas de estas 2 regiones en función de la edad se ilustra en la figura 3.1.5.

Otra característica importante esta relacionada con el patrón diferencial de crecimiento del cráneo en función del sexo. La longitud del cráneo de las hembras presenta un período inicial de crecimiento rápido hasta una edad comprendida entre los 30 y 40 meses, seguido de otro período de crecimiento mucho más lento, el que se prolonga hasta aproximadamente los 15 años de edad, existiendo un rango amplio de variación de longitudes condilobasales durante esta segunda fase. En forma concomitante, las regiones interorbital y preorbital del cráneo también se incrementan rápidamente tanto en ancho, longitud y alto hasta el límite de edad anteriormente mencionado (30 - 40 meses). De ahí en más continúa la fase de crecimiento lento por el resto de su ciclo vital pero sólo en longitud. Es de destacar que, el momento en que cesa la fase de crecimiento rápido coincide con el inicio del período de gestación del primer cachorro.

Por su parte el crecimiento en longitud del cráneo de los machos en cambio es firme y sostenido por lo menos hasta los 11 años de edad estimándose que, el inicio de la fase lenta de crecimiento se da aproximadamente entre los 18 y 20 años de edad (Fig. 3.1.6).

En cuanto a las regiones interorbital y preorbital, ambas experimentan un crecimiento sostenido en longitud, ancho y alto durante toda la vida del animal.

En forma adicional, King (1972) calculó las tasas de crecimiento de las diferentes regiones craneanas en relación al crecimiento total del cráneo (tanto en machos como en hembras), concluyendo que la caja craneana crece más lentamente que la región facial y que, a su vez dentro de esta última, la región preorbital crece más rápidamente que la región interorbital. En los machos el rápido crecimiento de la región preorbital no sólo se produce en longitud y alto sino también en ancho, en asociación con el crecimiento de las raíces de los caninos y de la musculatura de la proboscis en desarrollo.

Con respecto a la mandíbula sólo cabe mencionar que los cóndilos articulares crecen en sentido posterior de modo tal que se proyectan progresivamente más allá del nivel del proceso coronoideo.

A continuación se enumeran aquellas características más distintivas en la morfología craneo dentaria de *M. leonina* en base a King (1972, 1983), Briggs y Morejohn (1976) y Ling y Bryden (1992) las que se pueden observar en las diferentes vistas del cráneo y mandíbula (Fig. 3.1.7).

A tal efecto se ha dividido arbitrariamente la descripción craneo dentaria en las siguientes regiones:

- A) Occipito esfeno parietal ótica *1
- B) Fronto orbital o interorbital *2
- C) Naso etmoidal o preorbital *3
- D) Región Palatal
- E) Mandíbula
- F) Dentición

*1 corresponde a la caja craneana (cranium) según King (1972).

*2 y 3 corresponden a las zonas interorbital y preorbital respectivamente de la región facial (face) según King (1972).

A) Región Occipito esfeno parietal ótica:

La zona occipital es típicamente mamaliana conformada por la fusión de los diferentes centros de osificación supra, basi y exoccipitales. En los cachorros suelen aparecer comúnmente en esta región (también puede darse entre parietales y frontales) formaciones óseas supernumerarias, huesos wormianos, los que gradualmente se van fusionando y se incorporan definitivamente al complejo occipital para el momento en que el juvenil cumple aproximadamente un año de edad. Estos huesos son de origen condral y según Morejohn y Briggs (1976) probablemente sirvan para permitir un rápido crecimiento de la caja craneana en los estadios tempranos de desarrollo. En el momento de alcanzar la madurez sexual, en los machos, el complejo occipital se expande notoriamente en sentido lateral y posterior alcanzando la cresta occipital un grosor y tamaño considerables, proveyendo una mayor superficie de inserción para los músculos del cuello. Por otra parte esta región se caracteriza por la presencia de procesos yugulares (paraoccipitales) del exoccipital rudimentarios, cuyo desarrollo es variable en los fócidos, aunque siempre menor en relación a los otáridos tal como se indicó en la tabla 3.1.1. Es en esta zona donde se localiza el punto de inserción del músculo digástrico. A nivel ventral, entre ambas bullas timpánicas la región del basioccipital-basiesfenoides de los fócidos presenta una cresta o saliencia longitudinal de desarrollo variable que separa la inserción de los dos músculos *longus capitis*, (con función flexora de la cabeza). La fosa de inserción de este músculo puede estar más o menos marcada según las especies, siendo poco profunda en *M. leonina*. Por otra parte los márgenes laterales de esta región se extienden ventralmente a lo largo del borde medial de las bullas, existiendo además una tendencia asociada del foramen posterior del canal carotídeo a orientarse bien hacia atrás, fenómeno bien marcado en *M. leonina*, a diferencia de otros fócidos en los que la salida de este canal se orienta medialmente a las bullas.

B) Región fronto orbital:

M. leonina se caracteriza por presentar órbitas muy desarrolladas. En la mayoría de los cráneos de fócidos el margen inferior de las órbitas forma un suave arco que se extiende desde el proceso preorbital del maxilar hasta el extremo anterior del proceso postorbital del yugal. En ambas especies del género *Mirounga* (y entre los Phocinae también *Cystophora*) una notable proyección lateroexterna del maxilar en su unión con el yugal tiene el efecto de

empujar, en ese mismo sentido, a las órbitas. Según King (1972, 1983) este fenómeno estaría íntimamente asociado al gran desarrollo de la cuenca narial que aloja a la proboscis y por ende esta extrema posición lateral de los ojos les permite una mejor visión alrededor del apéndice nasal. Es de destacar además el carácter macizo del arco zigomático en esta especie, especialmente dado en el grosor de su raíz maxilar (Briggs y Morejohn 1976).

C) Región Nasoetmoidal:

Esta región se incrementa en ancho, longitud y alto en forma directamente proporcional al aumento en tamaño del cráneo tal como se especificó anteriormente y, en los machos, este crecimiento es sostenido durante toda la vida. Constituye un área particularmente elevada y sólo equiparable entre los Phocinae a la que presenta *C. cristata*. Su punto de mayor altura se localiza en el extremo más posterior de la sutura fronto nasal. Los nasales sin embargo, se disponen de forma abruptamente inclinada hacia adelante y hacia abajo de modo tal que, a pesar de la altura de los frontales, la abertura nasal no es tan alta, en comparación con *Cystophora*, si bien su ancho es considerable.

Por otra parte la cuenca narial de *M. leonina*, comprendida entre el extremo anterior de los premaxilares hasta la unión de los maxilares con los nasales, se incrementa en longitud por una reducción del hueso maxilar en el espacio comprendido entre la órbita y la cuenca misma. Su gran desarrollo proporciona amplias áreas de inserción para la musculatura responsable de los movimientos de la proboscis, entre ellos el *elevador nasolabialis* y el *caninus* (Bryden 1971).

D) Región Palatal:

Es destacable el desarrollo marcado del paladar, tanto en ancho como en largo, cubriendo la repisa palatina casi completamente al septo nasal posterior. Además, los extremos posteriores de los palatinos se contactan ampliamente con los pterigoides lo que constituye un amplio margen para el soporte del paladar blando (Briggs y Morejohn 1976). King (1972) sugirió que, una medida más apropiada de aquella porción de paladar no influenciado por la longitud de la región preorbital era considerar el largo desde el nivel del margen anterior del arco zigomático hasta el extremo posterior de la sutura interpalatina a lo largo de su línea media. Esta medida, expresada como proporción de la longitud cóndilo basal indica que *Mirounga* figura entre las especies de fócidos con paladar más elongado. Más aún, los procesos o

hamulis de los pterigoides, que en la mayoría de los fócidos suelen posicionarse aproximadamente en forma equidistante al margen anterior del arco zigomático por un lado y al borde anterior de las bullas timpánicas por el otro, en *Mirounga* (al igual que en los géneros *Cystophora* y *Lobodon*) se ubican mucho más cerca de las bullas, fenómeno posiblemente relacionado con la considerable longitud alcanzada por el paladar según King (1972).

E) Mandíbula: Es de forma robusta con la serie dentaria relativamente corta y proceso coronoides de posición relativamente baja. Según Briggs y Morejohn (1976), la sínfisis mandibular de *M. leonina* adquiere el aspecto de una amplia pala que se asemeja a la condición descrita para *Erignathus* (foca barbada), *Lobodon* y *Odobenus* por King (1972). Además, el aspecto sólido de las raíces de los caninos se refleja en el alto valor promedio del cociente ancho sínfisis mandibular / longitud mandibular en ambos sexos (Briggs y Morejohn 1976).

F) Dentición: En los fócidos la fórmula dentaria varía según se trate de representantes de la subfamilia "Phocinae" I: 3/2 C: 1/1 PC: 5/5 (con la excepción de *Cystophora cristata* I: 2/1) o "Monachinae" I: 2/2 C:1/1 PC:5/5 (con la excepción del género *Mirounga* I:2/1).

Si bien los pinnipedios poseen una dentición de tipo heterodonta, esto es, presentan diferentes tipos de dientes especializados en distintas funciones, los dientes yugales son de condición casi homodonte por lo que no se suelen discriminar en premolares y molares sino que se los designa en conjunto como postcaninos. Específicamente en *M. leonina*, el patrón morfológico de la corona dentaria de los dientes poscaninos o yugales indica que los mismos son unicuspidados, con forma de clavija (eventualmente se observan tipos más complejos de corona dentaria en *M. angustirostris*). No existe una tendencia a tener doble raíz, esto es, son monoradiculados (a diferencia de *M. angustirostris* quien puede presentar doble raíz completa o incipiente en dientes bi o tricuspidados). Los cocientes ancho / longitud de los yugales superiores e inferiores son relativamente similares. Las raíces de los caninos de *M. leonina* macho son de sección circular y en esto se distinguen de las hembras que presentan cuatro surcos longitudinales bien marcados.

Por último, Briggs y Morejohn (1976) analizando comparativamente la morfología craneana de las dos especies del género *Mirounga* establecieron que las mismas diferían entre sí en el grado de dimorfismo sexual que presentaban en algunos de sus componentes craneanos. En

base a valores promedio de 6 variables consideradas, a saber: ancho rostral, ancho zigomático, longitud y ancho palatal, ancho interorbital y ancho de la sínfisis mandibular, observaron que las mismas eran proporcionalmente mayores en los machos que en las hembras de ambas especies. Específicamente para *M. leonina* los valores promedio de los machos eran superiores, según la variable medida entre un 54% y un 116% (Tabla 3.1.4.). Además concluyeron que, en general, donde existen diferencias en el grado de dimorfismo sexual entre ambas especies para las variables consideradas, es en *M. leonina* donde ese dimorfismo es más marcado. Finalmente resaltaron que, el desarrollo de los caninos parecería ser la fuerza primaria en la remodelación de la región facial del cráneo y, como consecuencia, los incisivos se reducen en número, la sínfisis mandibular se alarga y profundiza, y la región preorbital se ensancha para constituir la plataforma nasal (o cuenca nasal). En forma adicional, establecieron que, el hecho de que el tejido blando de la proboscis de los machos de *M. leonina*, es menos desarrollado que el de *M. angustirostris* y aún así la porción ósea de su plataforma nasal es más amplia y desarrollada, apoya el argumento de que el crecimiento de los caninos, y no el desarrollo en sí de la proboscis, ha sido el factor selectivo de mayor consideración en el remodelamiento de la región preorbital.

c) Morfología cráneo dentaria adaptativa en fócidos y su relación al hábito trófico. Antecedentes.

En relación a los hábitos alimentarios, King (1961, 1969, 1972, 1983), sugirió que la morfología cráneo dentaria de varias especies de fócidos, presenta en muchos casos modificaciones directamente asociadas a su tipo particular de dieta. Esta autora explicó, a modo de ejemplo, que especies con mandíbulas cuyo extremo anterior presenta forma de pala, formado ya sea por una sínfisis o por los bordes ventrales de la mandíbula curvados hacia adentro, estaría ligado a la disposición de músculos asociados al mecanismo de ingestión de tipo succión, citando entre otras, a *Erignathus barbatus* (foca barbuda), *Phoca groenlandica* (foca arpa del ártico) y *L. carcinophagus*. Otros autores como Hamilton (1939) y Bonner (1982) hicieron referencia a la morfología dentaria de *Hydrurga leptonyx* (leopardo marino) y de *L. carcinophagus* destacando la gran similitud que poseen estas dos especies entre sí en lo que hace a la presencia de dientes yugales multicuspidados, lo que estaría destinado a facilitar

el mecanismo de filtrado de zooplancton, más precisamente de krill. No obstante Riedmann (1990) destaca que, *H. leptonix* se diferencia de *L. carcinophagus* por la presencia de caninos muy elongados e incisivos robustos, caracteres asociados a la ingesta de presas homeotermas de porte considerable. Por otra parte, King (1969) y Bryden y Felts (1974) analizaron la musculatura del cuello y la dentición de la foca de Ross, *Ommatophoca rossi* y, a partir de sus resultados, Riedman (1990) sugirió que las mismas están modificadas y adaptadas para la captura de cefalópodos, uno de los principales taxones presa de esta especie. Específicamente para *M. leonina*, no existen análisis que evalúen la relación entre su morfología craneo dentaria y sus hábitos alimentarios a excepción de un breve comentario de Laws (1956) en el que sugiere que su dentición esta adaptada para aprehender presas de consistencia blanda pero no para masticarlas.

King (1972) concluyó finalmente, sobre la base de las observaciones de cráneos de distintas especies de fócidos, que las modificaciones craneanas más obvias estaban conectadas, en ciertas especies, con la alimentación (vg. *Erignathus*, *Lobodon*, *Hydrurga* y *Ommatophoca*) y en otras con la posesión de una proboscis como es el caso de *C. cristata* y de *M. leonina*.

Más recientemente, autores como Werth (2000), Adam y Berta (2002) y Berta *et al.* (2006) realizaron análisis exhaustivos de dietas y de morfologías craneo dentarias asociadas con diferentes mecanismos de captura e ingestión de presas en pinnipedios, tanto vivientes como fósiles, a efectos de determinar la diversidad e historia evolutiva en las estrategias de alimentación. Al respecto, Werth (2000) consideró que los mamíferos marinos podían categorizarse en 4 tipos básicos:

1. Filtradores 2. Succionadores 3. Rapaces y 4. Pacedores siendo la ultima categoría exclusiva de los Sirenios mientras que, dentro de las tres primeras, incluía a diversas especies de cetáceos y pinnipedios.

Por su parte, Adam y Berta (2002), establecieron, específicamente para los pinnipedios, los siguientes 4 tipos de comportamiento de alimentación:

- A) Perforación o “Pierce feeding”**
- B) Succión**
- C) Filtración**
- D) Prehensión y desgarró (“grip and tear”)**

Asimismo, estos autores asociaron determinados caracteres morfológicos craneo dentarios con cada una de estas 4 categorías, algunas de las cuales ya habían sido puntualizadas en forma previa por King (1972) en su ya mencionado estudio pionero sobre morfología cráneana adaptativa en fócidos. Cabe destacar que las categorías A y B) de Adam y Berta (2002) se corresponden con el Tipo 3 sensu Werth (2000).

A) Perforación (pierce feeding): Este tipo de mecanismo involucra el uso de la dentición sólo para la captura y retención temporal de la presa en la cavidad bucal para su posterior deglución en forma casi entera. Adam y Berta (2002) postularon que este tipo de alimentación se da en la gran mayoría de los pinnipedios vivos. Entre los caracteres morfológicos asociados al mismo, y coincidiendo con Werth (2000), resaltan la correspondencia entre este mecanismo y la condición homodonte de los dientes yugales o postcaninos de los pinnipedios los que, al carecer de dientes carnasiales, sólo cumplen la función de retención temporal de la presa. Destacan además el débil grado de oclusión dentaria, lo que se evidencia por la ausencia de superficies de desgaste distintivas entre los dientes yugales. Otra característica asociada a este tipo de alimentación lo constituye la posición del primer molar inferior (M_1 ó PC_5). Greaves (2000) postuló que el estado más beneficioso entre máxima fuerza de mordedura y máxima apertura bucal a nivel del sistema carnasial ocurre cuando el M_1 se localiza aproximadamente a la mitad de la distancia entre cóndilo articular y el extremo anterior del dentario (o ligeramente más desplazado hacia el cóndilo articular). Una migración más anterior (<50%; Fig. 3.1.8.) disminuye la habilidad masticatoria de la dentición carnasial, fenómeno que se observa en los pinnipedios en general.

Otro carácter distintivo es el mayor tamaño de las órbitas de los pinnipedios comparativamente con los carnívoros terrestres, lo que se asocia a los niveles más bajos de luz en el ambiente marino. Al respecto Adam y Berta (2002) indicaron que, los máximos tamaños de las órbitas expresados como cociente de las longitudes cóndilobasales oscilan entre el 13 y 18 % en los carnívoros terrestres y del 21 al 33% en los pinnipedios. Finalmente, estos autores sugieren que, el mayor desarrollo del foramen infraorbital de los pinnipedios en relación a los carnívoros terrestres, está a su vez relacionado con un mayor desarrollo de la rama maxilar del nervio trigémino, la que inerva las vibrisas mistaciales. Estas estructuras relacionadas con el

sentido del tacto, son muy sensibles a cambios de densidad en el fluido circundante cumpliendo un importante rol en el movimiento y detección de presas.

Todos los caracteres aquí enunciados y asociados al tipo A se presentan en la mayoría de las especies de pinnipedios tanto fósiles como vivientes. Sin embargo se excluyen de esta categoría a los fócidos monachinos *L. carcinophagus* y *H leptonix* y al focino *E. barbatus* como así también al Otárido *Otaria flavescens*, a todos los odobénidos vivientes (*Odobenus* sp.) y a algunos fósiles (Berta *et al.* 2006).

B) Succión: Entre los caracteres morfológicos asociados a este mecanismo de alimentación, Adam y Berta (2002) destacan la elongación y arqueamiento del paladar duro, expansión de los procesos pterigoideos, los que adquieren el aspecto de una palanca, y la fusión de la sínfisis mandibular. Otra característica no determinante pero que facilita el proceso de succión es la reducción o pérdida de incisivos (inferiores y/o superiores) al permitir la entrada de las partes blandas del alimento hacia la cavidad oral relativamente libre de obstrucciones. Todos estos caracteres mencionados se dan exclusivamente en los odobénidos y el uso directo de la succión como medio para obtener el alimento ha sido claramente demostrado en la morsa del Pacífico *Odobenus rosmarus divergens* por Kastelein y Musterd (1989). Entre los fócidos, la foca barbuda *E. barbatus* y entre los otáridos, el lobo marino de un pelo *O. flavescens* presentan parte de estos caracteres compatibles con el mecanismo de succión, en particular aquellos relacionados al paladar.

C) Filtración: Adam y Berta (2002) resaltan como caracteres asociados a este tipo de estrategia de alimentación, la presencia de dientes yugales de corona alta y multicuspidados que, en vista lateral presentan un aspecto enrejado. Este carácter, combinado con una interdigitación muy precisa entre yugales superiores e inferiores, conforman un aparato de filtrado muy eficiente. En forma adicional, la presencia de protuberancias óseas postdentales sobre el maxilar y el dentario reforzarían el sistema de filtrado evitando la fuga de alimento en aquellos ángulos edéntulos de la boca. Este último carácter se observa exclusivamente en *L. carcinophagus*. Este mecanismo de alimentación se considera más especializado y

evolutivamente más reciente dado que se encuentra sólo en formas vivientes y no se ha podido aún confirmar en formas fósiles.

D) Prehensión y desgarró: este mecanismo consiste en asir presas de porte considerable con la dentición anterior (incisivos y caninos), retención mediante los yugales multicuspidados y posterior desmembramiento de la misma en trozos deglutibles acompañado de sacudimientos laterales de la cabeza. Adam y Berta (2002) destacan particularmente dos caracteres morfológicos asociados a este tipo, a saber, presencia de incisivos ensanchados, robustos y caniniformes y de caninos elongados como así también de yugales tricuspidados, con cada cúspide notoriamente elongada y aguda. *H. leptomyx* sería la especie típicamente representante de esta categoría aunque ciertos caracteres craneodontarios también se encuadran dentro del mecanismo de filtración, fenómeno también remarcado por Riedmann 1990.

Adam y Berta (2006) consideran que el mecanismo tipo A (pierce feeding) sería plesiomórfico para todos los pinnipedios y constituiría la primera estrategia de captura que éstos desarrollaron cuando evolucionaron a partir de carnívoros arctoideos hacia fines del Oligoceno. Es un tipo de estrategia generalista y asociada a una dieta piscívora o teutófaga. Las restantes estrategias se desarrollaron en forma secundaria, y asociadas a una dieta de invertebrados bentónicos (tipo B), zooplanctónica (tipo C) y de presas homeotermas además de vertebrados y/o invertebrados de gran porte (tipo D).

Por lo hasta aquí expuesto, y en base al tipo de dieta predominante de *M. leonina*, analizada en los capítulos previos, se evaluaron en forma complementaria, los aspectos de su morfología cráneo-dentaria, que podrían estar asociados a su hábito alimentario.

En forma adicional, se intentó establecer la existencia o no de “grupos morfoecológicos” definidos dentro de los fócidos monachinos del Océano Austral, al correlacionar hábito alimentario predominante y morfología cráneo-dentaria específica.

La hipótesis nula a comprobar fue:

Dentro de los fócidos monachinos se distinguen “grupos morfoecológicos” definidos a través de la correlación morfología cráneo-dentaria - hábito trófico.

3.2. MATERIALES Y METODOS

a. Análisis morfológico cráneo-dentario:

Se consultó material craneano de fócidos (monachinos y focinos) y otáridos depositado en las colecciones científicas nacionales del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (MACN-Ma) y Museo de La Plata (MLP) correspondientes a los siguientes taxones: *Mirounga leonina*, *Leptonychotes weddelli*, *Lobodon carcinophagus*, *Hydrurga leptonyx*, *Ommatophoca rossi*, *Phoca* sp., *Arctocephalus gazella* y *Arctocephalus australis*.

El material consultado, ya sea para la descripción morfológica como para el análisis morfogeométrico se detalla a continuación:

Mirounga leonina:

MACN-Ma 24.91: macho adulto, islas Georgias del sur.

MACN-Ma 20434: hembra adulta, isla 25 de Mayo, Shetland del sur. *

MACN-Ma 22612: hembra adulta, isla 25 de Mayo, Shetland del sur. *

MACN-Ma 22613: hembra adulta, isla 25 de Mayo, Shetland del sur. *

MACN-Ma 22615: cría, isla 25 de Mayo, Shetland del sur.

MLP 947: macho adulto, sin datos procedencia. *

MLP 14-IV-48-13: macho juvenil, sin datos procedencia.

Leptonychotes weddelli:

MACN-Ma 20626: hembra adulta, isla 25 de Mayo, Shetland del sur. *

MACN-Ma 20628: hembra adulta, isla 25 de Mayo, Shetland del sur. *

MACN-Ma 49.252: adulto, sin procedencia. *

MACN-Ma 4.226: adulto, Argentina. *

MACN-Ma 4.234: adulto, costa atlántica sur. *

MLP 14-IV-48-12: subadulto, sin procedencia

Lobodon carcinophagus:

MACN-Ma 19.20: hembra juvenil, islas Orcadas del Sur.

MLP 161: hembra adulta, sin procedencia. *

MLP 22-III- 99-10: adulto, sin procedencia. *

Hydrurga leptoxi:

MACN-Ma 20435: hembra adulta, isla 25 de Mayo, Shetland del sur. *

MACN-Ma 49.250: hembra adulta. sin procedencia. *

MACN-Ma 21.29: adulto, Mar del Plata, Pcia Bs. As. *

MLP 1059: adulto, Isla de Los Estados. *

MLP 14-IV-48-11: adulto, sin procedencia.

Ommatophoca rossi

MACN-Ma 48.259: hembra adulta, Antártida. *

Phoca sp.

MACN-Ma 318: adulto, Océano Glacial Ártico.

MLP 105: adulto, Océano Ártico

Arctocephalus gazella:

MACN-Ma 21859: macho adulto, islas Orcadas del sur.

Arctocephalus australis:

MACN-Ma 21863: macho adulto, islas Malvinas

Se consideró para el análisis morfométrico comparativo material craneano correspondiente a ejemplares adultos (machos y/o hembras). Dada la escasez de material disponible en las colecciones científicas en condiciones óptimas para la selección y posterior digitalización de landmarks, el número de ejemplares analizados fue bajo. En el caso de *O. rossi* sólo se contó con un solo ejemplar, mientras que en las especies restantes se obtuvo el individuo promedio a partir de un número de especímenes comprendido entre dos y cinco. Los mismos se indican con asterisco en la lista de material.

Se tomaron fotografías digitales de los cráneos en vista ventral (Fig. 3.2.1) y lateral (Fig. 3.2.2) con sus correspondientes hemimandíbulas en vista lateral interna (Fig. 3.2.3) de ejemplares de cada una de las cinco especies de monachinos mencionadas.

Luego de seleccionar los landmarks para el ulterior análisis comparativo, se procedió a colocarlos sobre las imágenes mediante el programa de digitalización (TPS DIG). Se aplicaron programas específicos de morfometría geométrica, a saber: RFTRA (Resistant Fit Theta-Rho Analysis) y el LSTRA (Least Squares Theta-Rho Analysis) los que están

encuadrados dentro del Análisis de Superposición de Procrustes, el que permite el análisis morfológico a través de la superposición de una morfología sobre otra comparando la posición de los landmarks o puntos topográficos. Esta técnica se basa en un ajuste que, siguiendo un algoritmo, reduce la distancia entre pares de landmarks (preferentemente puntos homólogos, aunque pueden ser también geométricos o funcionales). Este algoritmo minimiza la rotación, traslación y escalado necesarios para llegar a ese ajuste. El promedio de la longitud de los residuos vectoriales entre landmarks homólogos constituye una distancia morfológica entre las formas analizadas y a su vez puede ser empleada para efectuar ulteriormente agrupaciones que se visualizan en dendrogramas resultantes de análisis de clusters empleando el método de agrupamiento por pares no ponderados usando la media aritmética (UPGMA) (Chapman 1990a y b).

El algoritmo LSTRA efectúa un ajuste global, se basa en la media y tiende a ajustar los residuos entre landmarks de modo que haya la mínima varianza posible, por lo que es más adecuado cuando las diferencias entre las morfologías son extensivas y uniformemente distribuidas (Rohlf y Slice 1990). El RFTRA en cambio busca regiones de mayor ajuste, se basa en la mediana y es más adecuada cuando las diferencias entre las formas superpuestas están más concentradas en ciertas regiones que en otras (Benson et al. 1982). En resumen, estos métodos permiten elucidar de qué manera dos o más morfologías difieren y pueden utilizarse dentro de una gran variedad de contextos, a saber, morfológico funcional, ecológico, ontogenético y/o sistemático (Rohlf & Marcus 1993, Monteiro y dos Reis 1999).

El software utilizado fue desarrollado originalmente por Chapman (1990) y se halla disponible para su descarga gratuita en <http://life.bio.sunysb.edu/ee/rohlf/software.html>.

Los landmarks seleccionados fueron los que se detallan a continuación:

Vista Palatal: (11 landmarks) (Fig 3.2.4a)

1. Punto medio entre los alvéolos correspondientes a los incisivos medios superiores (I^1).
2. Punto medio del borde medial del alvéolo correspondiente al canino superior.
3. Punto intermedio entre primero y segundo postcanino superior (PC^1 y PC^2).
4. Punto intermedio entre PC^3 y PC^4 .
5. Punto medio del borde posterior del alvéolo del PC^5 .

6. Extremo más posterior de la sutura maxilo palatina.
7. Extremo posterolateral del proceso pterigoideo
8. Punto de contacto entre sutura basioccipital-basisfenoides y bullas timpánicas.
9. Foramen carotídeo posterior.
10. Borde medio ventral del foramen mágnum.
11. Extremo posterior de la sutura interpalatina.

Vista Lateral (12 landmarks) (Fig 3.2.4 b)

1. Extremo anterior del premaxilar.
2. PC¹.
3. PC³.
4. Apófisis preorbital del maxilar.
5. Extremo superior de la apófisis postorbital del yugal.
6. Extremo posteroinferior de la sutura yugal escamoso.
7. Borde inferior de la apófisis postglenoidea.
8. Extremo inferior proceso mastoideo.
9. Borde más posterior del cóndilo occipital.
10. Punto más alto de la cresta lambdoidea.
11. Punto más alto del cráneo a nivel de la apófisis postorbital del yugal.
12. Extremo más anterior de los nasales.

Mandíbula: vista lateral interna (10 landmarks) (Fig 3.2.4 c):

1. Extremo anterior de la mandíbula.
2. Borde anterior del alvéolo correspondiente al primer postcanino inferior (PC₁).
3. Borde posterior del alvéolo correspondiente al PC₅.
4. Borde dorsal a nivel del punto medio de la distancia entre los landmarks 8 y 9.
5. Punto más alto del proceso coronoideo.
6. Extremo medio posterior del cóndilo articular.
7. Extremo posterior del proceso angular
8. Borde ventral de la mandíbula a nivel del foramen mandibular interno.

9. Borde ventral de la mandíbula a nivel borde posterior del alvéolo correspondiente al PC₅.

10. Extremo posteroinferior de la sínfisis mandibular.

En forma adicional a los resultados del análisis dietario de *M. leonina* de la presente tesis, y a efectos de correlacionar la morfología cráneo dentaria con el hábito trófico predominante de las otras cuatro especies de fócidos monachinos analizados, se consultó bibliografía de base relacionada a la dieta de cada una de ellas (Oritsland 1977, King 1983, Lowry *et al.* 1988, Riedmann 1990, Skinner y Klages 1994, Pauly *et al.* 1998, Lake *et al.* 2003, Hall Aspland y Rogers 2004, Daneri *et al.* 2008)

3.3 RESULTADOS:

Las comparaciones entre mandíbulas y entre vistas palatales y laterales de los cráneos de las 5 especies de fócidos monachinos se realizaron a través del análisis de RFTRA y/o LSTRA.

Cabe aclarar que los dendrogramas resultantes del análisis de cluster, no difirieron según que, a) las distancias morfológicas empleadas provinieran de uno u otro de los algoritmos mencionados (RFTRA o LSTRA) y b) la mandíbula o las vistas laterales y palatales del cráneo de *M. leonina* correspondieran a machos o a hembras por lo que se consideró arbitrariamente como espécimen base para el ulterior análisis morfológico interespecífico al cráneo (promedio) correspondiente a *M. leonina* hembra en las 3 vistas.

1. Mandíbula: Se seleccionaron los 10 landmarks ya detallados en la sección 3.2. los que comprendieron puntos homólogos, funcionales y geométricos. Los resultados gráficos del análisis de forma se indican en la figura 3.3.1 y el dendrograma resultante del análisis de clusters se puede observar en la figura 3.3.2. A partir de ellos se observa que la mandíbula de *M. leonina* tiene una mayor similitud morfológica con aquellas de *O. rossi*, *H. leptonyx* y en menor grado con *L. weddelli* constituyendo en conjunto un solo cluster. En contraste, la mandíbula de *L. carcinophagus* es la que se diferencia morfológicamente en mayor grado del resto de las especies constituyendo un unico cluster. El análisis comparativo entre *M. leonina* y *L. carcinophagus* indica que la rama horizontal de la mandíbula es más estilizada y alargada

en esta última, la que además presenta un mayor desarrollo en longitud tanto de la serie dentaria de poscaninos como de la sínfisis mandibular. La mayor robustez de la mandíbula de *M. leonina* también se hace notoria en relación a la de *L. weddelli* cuya rama horizontal es proporcionalmente mucho más delgada y ligeramente más larga mientras que la vertical es más corta. Respecto de las dos especies restantes, esto es, *O. rossi* y *H. leptonix*, sus ramas horizontales son de menor robustez aunque de longitud proporcionalmente similar y sus sínfisis mandibulares son de menor desarrollo respecto de *M. leonina* siendo la rama vertical ligeramente más desarrollada en *O. rossi*.

2. Cráneo en vista palatal: Se seleccionaron para el análisis morfológico en este caso un total de 11 landmarks. Los resultados se indican en las figura 3.3.3 y el dendrograma resultante del análisis de clusters se puede observar en la figura 3.3.4. El análisis de cluster indica que, en vista palatal *O. rossi* es la especie que más difiere morfológicamente con respecto al resto de las especies lo que se debe básicamente a la presencia de un paladar duro extremadamente corto. En el otro cluster, que incluye a las cuatro especies restantes, *L. carcinophagus* y *H. leptonix* son las que mayor similitud morfológica presentan entre sí, si bien la primera presenta un paladar ligeramente más desarrollado. Específicamente *M. leonina* se diferencia de *O. rossi* por presentar un paladar duro más desarrollado en longitud y un paladar membranoso marcadamente más angosto lo que se evidencia por la posición relativamente más interna de los procesos pterigoideos. Además, la región basisfenoides-basioccipital de *O. rossi* es proporcionalmente más desarrollada. En relación a las otras tres especies *M. leonina* difiere en rasgos generales por presentar un paladar tanto duro como membranoso proporcionalmente más desarrollado tanto en longitud como en ancho.

3. Cráneo en vista lateral: En esta vista se seleccionaron 12 landmarks. Los resultados se indican en las figura 3.3.5. y el dendrograma resultante del análisis de clusters se puede observar en la figura 3.3.6. Este último indicó la presencia de dos agrupamientos bien definidos. El primero está constituido por *O. rossi* y *M. leonina* y el segundo por *H. leptonix*, *L. weddelli* y *L. carcinophagus*, siendo las últimas dos especies las de mayor similitud morfológica. *M. leonina* presenta una región fronto orbital, en mayor o menor grado, más alta

que en todas las demás especies. Por otro lado, y al igual que *O. rossi*, se caracteriza por un gran desarrollo de la región orbital lo que se traduce en la considerable longitud existente entre el proceso preorbital del maxilar y el proceso postorbital del yugal. Además en ambas especies la arcada zigomática alcanza una posición claramente más baja con respecto a la de los integrantes del otro cluster. Finalmente se puede observar que, proporcionalmente, el cráneo de *M. leonina* es más corto y más alto que el de los demás fócidos monachinos .

3.4. DISCUSION

De todo lo expuesto en la Sección Introducción 3.1 subsección c., se infiere que, de las 5 especies de fócidos monachinos analizadas, *M. leonina*, *L. weddelli* y *O. rossi* quedarían incluidas en el tipo A sensu Adam y Berta (2002), mientras que las restantes, *L. carcinophagus* e *H. leptonix* y estarían asociadas, cada una, a dos tipos de mecanismo de alimentación: B, C y C, D respectivamente.

Sin embargo, el dendrograma resultante del análisis de cluster realizado por el método UPGMA en el presente estudio indicó diferentes agrupamientos de los monachinos analizados según se considerara la mandíbula o el cráneo. Incluso a nivel de este último, los mismos difirieron según se tratara de la vista lateral o palatal.

En relación a la morfología mandibular, *L. carcinophagus* se distingue del resto de las especies analizadas constituyendo un único cluster (Fig. 3.3.2). Se observan dos caracteres que son distintivos y diferenciales entre esta especie y las demás, a saber: 1. Mayor desarrollo de la sínfisis mandibular y 2) Mayor longitud de la serie dentaria yugal. Al respecto es de destacar que King (1961, 1972) fue quien originalmente resaltó estos 2 caracteres morfológicos en *L. carcinophagus*. En forma adicional, esta autora destacó el grado de desarrollo complejo de las cúspides dentarias yugales, el grado de oclusión dentaria y la presencia de protuberancias óseas postdentarias, las que en conjunto contribuirían a maximizar la eficiencia del mecanismo de filtración. Por otra parte, además del gran desarrollo de la sínfisis mandibular remarcó la singular “forma de pala” de la porción anterior del dentario lo que facilitaría el mecanismo de succión. Cabe destacar que, para esta especie

se ha comprobado fehacientemente su capacidad de capturar e ingerir presas mediante el empleo combinado del mecanismo de succión y filtración en ejemplares en cautiverio (Klages y Cockcroft 1990). Tal como se puntualizó en la Sección 3.3 la mandíbula de *M. leonina* es en líneas generales más robusta en comparación con la de las demás especies y la segunda en desarrollo de la sínfisis mandibular después de *L. carcinophagus*. Este carácter podría asociar a *M. leonina* a un mecanismo de ingesta por succión según Werth (2000).

En lo referente al cráneo en su vista palatal, *O. rossi* es la especie que más se diferencia morfológicamente con respecto a las demás constituyendo un único cluster (Fig. 3.3.4). Esto se debe a la singular presencia de un paladar duro extremadamente corto en esta especie. Según King (1964, 1972), esta característica junto con la presencia de un área postpalatal membranosa muy profunda y amplia, limitada lateralmente por las expansiones ventrales de los palatinos y pterigoideos, contribuirían a aumentar su capacidad oral lo que, asociado a la posición ventral de los anillos traqueales ayudaría a la expansión esofágica y por ende a la ingestión de presas voluminosas. Pierard & Bisailon (1978) arribaron a conclusiones similares en relación a la morfología palatal de esta especie agregando que su dentición caracterizada por incisivos y caninos en forma de gancho curvado hacia atrás y poscaninos débilmente unicuspidados y flojamente insertados en alvéolos poco profundos estaría asociada a la captura de presas resbaladizas y de movimientos ondulantes. Por su parte Bryden y Felts (1974) consideraron que el gran desarrollo de la musculatura faringeal, lingual y suprahiodea de *O. rossii* también contribuiría a retener y deglutir presas resbaladizas del tipo cefalópodos.

Dentro del segundo cluster, las especies *H. leptonyx* y *L. carcinophagus* son las que presentan una mayor similitud morfológica, si bien el paladar duro es ligeramente más elongado y el membranoso más ancho en la segunda especie (Fig. 3.3.4).

Por su parte *M. leonina* se caracteriza por presentar un paladar duro más desarrollado tanto en longitud como en ancho en relación a las demás especies analizadas, si bien la diferencia en longitud es proporcionalmente menor en comparación con el de *L. carcinophagus*. Además y en relación a *O. rossi* su paladar membranoso es notoriamente más angosto (Fig. 3.3.3).

El desarrollo considerable del paladar duro es un carácter distintivo de *M. leonina* destacado por King (1972) y Briggs y Morejohn (1976). Más aún, la longitud palatal expresada como cociente o porcentaje de la longitud condilobasal craneal, indica que de las 5 especies de monachinos aquí analizadas es la de mayor valor, siguiéndole en importancia *L. carcinophagus* (Adam y Berta 2002). Si bien uno de los caracteres morfológicos asociados al mecanismo tipo B de alimentación (succión) es la presencia de un paladar marcadamente elongado, el mismo debe presentar además un arqueamiento o abovedamiento ya sea longitudinal, transversal o en ambas dimensiones, que contribuya a incrementar la presión de vacío de la cavidad oral. Sin embargo, esto no se observa en *M. leonina* cuyo paladar es notoriamente achatado.

En relación a la morfología craneana en vista lateral, el análisis de cluster indicó la presencia de dos agrupamientos definidos, en uno de los cuales se ubican *M. leonina* y *O. rossi*, mientras que en el otro se agrupan *H. leptonyx*, *L. carcinophagus* y *L. weddelli* siendo las 2 últimas especies las de mayor similitud morfológica (Fig. 3.3.6). Tanto *O. rossi* como *M. leonina* se caracterizan por el desarrollo considerable de sus órbitas lo que se evidencia por la gran distancia (proporcionalmente equivalente en ambas especies) entre el proceso preorbital del maxilar y el proceso postorbital del yugal (fig. 3.3.5 d). Como ya se mencionó anteriormente, es característica de los pinnipedios en general la presencia de grandes ojos alojados en grandes cavidades orbitarias para lograr una buena agudeza visual en el medio acuático cuyo nivel de luminosidad es altamente variable (King 1983, Riedman 1990). No obstante el grado de desarrollo de las órbitas varía en las diferentes especies. King (1969) y Pierard & Bisailon (1978) resaltaron el gran desarrollo de las órbitas de *O. rossii*, lo que está asociado al considerable ancho del arco zigomático, el que, a su vez está fuertemente curvado hacia abajo al punto que su margen ventral alcanza un nivel inferior al de los huesos palatinos (Fig. 3.2.2d). En forma similar *M. leonina* también se caracteriza por el gran desarrollo de sus órbitas y un notable ancho del arco zigomático y con margen ventral también relativamente bajo (King 1972, 1983). Más aún, el tamaño de las órbitas de estas dos especies, expresadas como porcentaje o cociente de sus longitudes cóndilo basales, es máximo dentro de los fócidos monachinos mientras que, en forma contrastante los valores mínimos corresponden a

L. carcinophagus y *H. leptonyx* (Adam y Berta 2002) siendo intermedio el de *L. weddelli*. King (1972) sugirió que el gran desarrollo de la órbitas en *O. rossi* estaba probablemente asociado a su necesidad de detectar presas de gran movilidad, particularmente cefalópodos mientras que, y como contraparte *L. carcinophagus* no requeriría de tanta agudeza visual para capturar los enjambres densos de krill. Desde este punto de vista se podría homologar este mismo patrón morfológico en *M. leonina* y en *H. leptonyx* en cuyas dietas es común la presencia de cefalópodos y krill respectivamente.

Es de destacar además que la región fronto orbital y preorbital de *M. leonina* es más alta con respecto a las demás especies de monachinos aquí analizadas (fig.3.3.5a-d). Al respecto King (1972) resaltó la presencia de esta área nasofrontal elevada en *M. leonina*, comparable sólo a la de *C. cristata*, postulando que, este atributo, junto con el gran desarrollo de la cuenca narial en ambas especies estaban en íntima asociación a la posesión de una proboscis con grado variable de movilidad.

De todo lo hasta aquí expuesto y del análisis morfológico craneano realizado mediante el análisis de superposición de Procrustes se infiere que no existen agrupamientos claramente definidos de las cinco especies de monachinos analizadas. Más aún, no se observa una clara correlación entre morfología craneana y hábito trófico. Además, los agrupamientos resultantes varían según se tome en cuenta la morfología de la mandíbula o del cráneo e incluso a nivel craneano los resultados son diferentes según la vista tomada.

Si tomamos en cuenta la clasificación de los tipos de alimentación según Adam y Berta (2002), podríamos considerar a *O. rossii*, *M. leonina* y *L. weddellii* como pertenecientes al tipo A (pierce feeding) y de hecho todas las especies aquí analizadas presentan al menos parte de los caracteres asociados a este tipo de alimentación, considerada como plesiomórfica y generalista dentro de los Pinnipedios. No obstante *L. carcinophagus* y *H. leptonyx* estarían incluidas en el tipo B y C y en el C y D respectivamente, mecanismos de ingestión más especializados y que evolucionaron en forma relativamente más reciente.

En el caso particular de *M. leonina* además de presentar todos los caracteres morfológicos asociados al tipo A, el análisis de Procrustes remarcó la presencia de una sínfisis mandibular relativamente bien desarrollada, mientras que a nivel craneano, resaltó un mayor desarrollo palatal en relación a las demás especies de monachinos analizadas. Finalmente, en vista lateral

destacó el notable desarrollo de la órbita de *M. leonina*, sólo comparable al de *O. rossi* y de hecho ambos taxones conformaron un único cluster en esta vista.

Si bien un gran desarrollo de la sínfisis como también del paladar fueron asociados al mecanismo de ingesta tipo B por autores como King (1972), Werth (2000), Adam y Berta (2002), estos dos caracteres por sí solos no constituyen evidencia de que *M. leonina* practique este tipo de ingesta. Su sínfisis no está fusionada como en *Odobenus rosmarus*, ni alcanza el grado de desarrollo de *L. carcinophagus* y por otra parte su paladar es chato, esto es, no presenta el típico abovedamiento necesario para generar la presión de vacío de succión.

En forma contrastante, el máximo grado de desarrollo de las órbitas que alcanza *M. leonina*, refuerza su asociación al tipo “*pierce feeding*”, dado que una gran agudeza visual es una condición indispensable para la detección y captura de presas de gran movilidad como peces y calamares (King 1972, Pierard y Bisailon 1978) y justamente entre los pinnipedios vivientes el tipo A está mayormente asociado a dietas teutófagas o ictiófagas (Berta et al. 2006).

Finalmente, los escasos reportes basados en observaciones de ejemplares de *M. leonina* alimentándose en el medio natural (Laws 1956, Reid y Nevitt 1998) o en cautiverio (Bullier 1954), o de *M. angustirostris* en cautiverio (Huey 1930), sugieren también que su estrategia de captura e ingestión se podría encuadrar dentro del tipo A.

Adam y Berta (2002) concluyeron que existe una débil correlación entre la anatomía funcional y la dieta observada en los diferentes taxa de pinnipedios vivientes. A modo de ejemplo indicaron que el mecanismo tipo B es empleado principalmente por los odobénidos para el consumo de moluscos bentónicos y sus caracteres morfológicos craneanos están íntimamente asociados a este tipo de alimentación. Sin embargo, cráneos con evolución convergente de caracteres asociados a la succión, a su vez están bien diseñados para el consumo de peces y cefalópodos, tal es el caso de *O. flavescens*.

A partir del análisis de Procrustes realizado en esta tesis se reafirma en gran parte esta conclusión. Sin embargo, se han identificado según las vistas y la región analizada, aquellas morfologías que difieren marcadamente de las demás, o bien aquellas muy similares entre sí, las que pueden o no estar asociadas al hábito trófico.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES FINALES

4.1 Ecología trófica.

A lo largo del período total de estudio, esto es, 8 años consecutivos, la población de elefante marino del sur (*Mirounga leonina*) de isla 25 de Mayo, archipiélago de las Shetland del sur, se caracterizó por presentar una dieta dominada por moluscos cefalópodos y secundariamente por peces, siendo la presencia de crustáceos de poca relevancia. El componente cefalópodos a su vez, estuvo mayormente representado por teuthoideos, y en menor proporción por octópodos. Dentro de los teuthoideos, el calamar glacial antártico, *Psychroteuthis glacialis* fue la especie presa dominante de modo casi uniforme a través del tiempo tanto en términos de ocurrencia como de abundancia numérica y biomasa. Esta predominancia se observó para todas las categorías de sexo-edad analizadas.

En relación a otros apostaderos de *M. leonina* de otras localidades del Océano Austral, la dieta de cefalópodos de la población en estudio se distinguió por:

1. La clara predominancia de *P. glacialis*.
2. Una diversidad específica de presas relativamente bajo.
3. Todos los taxones presa identificados se distribuyen al sur del Frente Polar Antártico.

Esto concuerda con estudios previos de telemetría satelital realizados en los distintos componentes de esta población que indican desplazamientos durante la fase acuática de su ciclo de vida hacia áreas localizadas tanto al Este (Mar de Weddell) como al Oeste (Mar de Bellingshausen y Mar de Amundsen) de la Península Antártica alcanzando como límite norte a las Islas Georgias del sur. Por lo tanto, las zonas de alimentación de la población en estudio son de carácter distintivo respecto de las de aquellas poblaciones de localización más nórdica las que alternan sus áreas de alimentación tanto al sur como al norte del Frente Polar Antártico por lo que la gama de taxones presa disponibles pueden ser tanto de distribución antártica como subantártica. Adicionalmente, cabe resaltar que *P. glacialis*, es una especie endémica y una de las más abundante en aguas circumpolares próximas al continente Antártico.

Se observó una correlación positiva y significativa entre la talla de los diferentes cefalópodos presa, en forma combinada, y el porte de los elefantes marinos analizados. Una asociación del mismo tipo se observó particularmente entre la talla de *P. glacialis*, (especie distintiva por

su característico descenso ontogenético) y la de los ejemplares de *M. leonina*. Además la diversidad específica en la dieta fue menor en las formas más juveniles que en las maduras. Ambos fenómenos se explican por un progresivo desarrollo de las capacidades fisiológicas y las habilidades de buceo desde el estado juvenil al estado adulto de los elefantes, lo que les confiere un mayor rango vertical de desplazamiento y mayores intervalos de permanencia subacuática con la edad aumentando por lo tanto la gama de presas potenciales y disponibles en el océano.

El componente íctico se caracterizó por estar representado mayoritariamente por el mictófido *Gymnoscopelus nicholsi* y secundariamente por el notothenido *Pleuragramma antarcticum*, ambas especies de hábitos predominantemente pelágicos. Los peces channicthyidos y notothenidos de hábitos bentónicos o bentopelágicos fueron de menor relevancia. En base a los desplazamientos oceánicos reportados para la población de elefantes marinos de isla 25 de Mayo, así como también a la distribución y hábitat de las especies ícticas presa dominantes en su dieta se infiere que, mientras que los myctófididos pueden constituir el principal ítem presa en la dieta piscívora de *M. leonina* en áreas cercanas a la Shetland del sur, éstos son probablemente reemplazados en forma progresiva por *P. antarcticum* a medida que los elefantes se desplazan en dirección sur hacia latitudes más altas, sobre la plataforma marina Antártica, donde esta especie es muy abundante y donde un gradiente térmico en el borde externo de la misma impide que peces más nórdicos como los mictófididos puedan penetrar.

Al evaluar en forma conjunta peces y cefalópodos y su asociación con las diferentes categorías sexo-edad de los elefantes marinos a través del análisis de correspondencia se observó que:

1. Las hembras maduras son las que tienen una dieta más variada en relación a las demás categorías de elefante, la que está representada mayoritariamente por diversas especies de cefalópodos teuthoideos y peces.
2. Los juveniles inmaduros (≤ 2 años) no están asociados con algún tipo particular de presa.
3. Los machos juveniles (3-6) y, más notablemente los machos adultos / subadultos (≥ 7 años de edad), están asociados con los octópodos.

Esto coincide con los patrones de buceo diferenciales entre géneros que indican buceos de alimentación predominantemente pelágicos en hembras y buceos alternativos pelágicos y

bénticos en machos no sólo en *M. leonina* sino también en *M. angustirostris*, los que comienzan a desarrollarse de los 2 años en adelante en ambas especies.

La variación temporal en la composición taxonómica de los cefalópodos presa de la población de *M. leonina* en estudio indicó que, si bien fue notoria la dominancia de *P. glacialis* a través del período total de estudio, durante el lapso comprendido entre las temporadas 1998 a 2000 hubo un decremento notable en su contribución a la dieta de cefalópodos de ambos sexos alcanzando un mínimo en la temporada 2000, siendo más notoria en las hembras que en los machos. El inicio de esta disminución en la presencia de *P. glacialis* en la dieta de los elefantes coincidió con uno de los fenómenos de El Niño más marcados del siglo XX que se extendió desde mediados de 1997 a mediados de 1998, y como consecuencia del cual se produjeron alteraciones importantes en las diferentes comunidades del ecosistema marino Antártico, entre ellas la de krill, especie presa de suma importancia en la dieta de *P. glacialis*. Asimismo, en las hembras de la población de *M. leonina* en estudio se observó que la variación de su índice promedio de condición nutricional a través de las temporadas sucesivas siguió un patrón muy similar al de la talla media de *P. glacialis* depredado. Es remarcable el hecho de que, en la temporada 1999/2000, la talla media de esta especie de calamar depredada por las hembras es la de más bajo valor a lo largo de todo el período de estudio. Esto coincidió a su vez con uno de los valores promedio más bajos en el índice de condición nutricional de las hembras las que además en esa temporada reproductiva tuvieron mínima presencia numérica en la colonia. Todos estos factores sugieren una estrecha interacción entre *P. glacialis* y la colonia de *M. leonina* en estudio.

En referencia a la interacción con otras especies de pinnípedios del área, tales como *L. weddelli* y *A. gazella*, los reportes dietarios de dichas especies en el área circundante a las Shetland del sur sugieren un cierto solapamiento por el recurso presa aunque los distintos comportamientos de buceo probablemente minimicen la interacción debido a rangos horizontales y verticales de desplazamiento diferentes.

Por último y en relación a la interacción con las pesquerías comerciales la mayor parte de las especies presa identificadas en este trabajo no son objetivo de explotación comercial a gran escala. Sin embargo es de fundamental importancia resaltar que la pesca comercial de muchas especies de calamar en el Océano Austral aún están en fase de exploración. Por otra parte y

para el caso particular de *P. glacialis*, cabe remarcar que ésta ha sido ya catalogada como una especie poseedora de carne de buena calidad por lo que el establecimiento a futuro de una pesquería comercial basada en la explotación de este calamar podría impactar de modo sensiblemente negativo en la población de *M. leonina* de isla 25 de Mayo.

Finalmente el análisis de las muestras de materia fecal indicó que las mismas no aportaron información importante en cuanto a la dieta de la especie coincidiendo con el único reporte previo basado en esta misma metodología proveniente del Sector Antártico Oriental. Los dos taxones presa principales según la técnica de lavaje gástrico, estuvieron muy escasamente representados. En forma contrastante, los taxones mejor representados en las fecas fueron endoparásitos Nematodos y Acantocéfalos. Sin embargo su identificación a nivel genérico sólo pudo realizarse a partir de aquellos especímenes extraídos de los contenidos estomacales, los que correspondieron a los géneros *Contracecum* y *Pseudoterranova* (Nematoda) y a *Corynosoma* (Acantocephala), indicando de modo indirecto la ingesta de peces y cefalópodos teuthoideos, que son sus principales hospedadores intermediarios.

4.2 Morfología cráneo dentaria adaptativa:

Tomando como base la clasificación de los diferentes tipos de mecanismos de alimentación en los pinnípedios según Adam y Berta (2002), y a partir del análisis morfológico craneano y dentario de las 5 especies de fócidos monachinos aquí tratadas, se pueden considerar como pertenecientes al tipo “*pierce feeding*”, a *M. leonina*, *L. weddelli* y *O. rossii*. Este tipo de mecanismo de ingesta involucra el uso de la dentición sólo para la captura y retención temporaria de la presa en la cavidad bucal para su posterior deglución en forma entera y es considerada como plesiomórfica y generalista dentro de los Pinnípedios. Las dos especies restantes, (i.e., *L. carcinophagus* y *H. leptonix*) quedarían incluidas, cada una de ellas, en los tipos succión y filtración la primera y en los tipos filtración y prehensión y desgarró la segunda, mecanismos de ingestión más especializados y que evolucionaron en forma relativamente más reciente. En el caso particular de *M. leonina* además de presentar todos los caracteres morfológicos asociados al tipo “*pierce feeding*”, el análisis de Procrustes remarcó la presencia de una sínfisis mandibular relativamente bien desarrollada, mientras que a nivel

craneano, resaltó un mayor desarrollo palatal en relación a las demás especies de monachinos analizadas. Finalmente, en vista lateral destacó el notable desarrollo de la órbita de *M. leonina*, sólo comparable al de *O. rossi* y de hecho ambos taxones conformaron un único cluster en esta vista. Si bien un gran desarrollo de la sínfisis como también del paladar fueron asociados al mecanismo de ingesta tipo succión por varios autores como King (1972), Werth (2000), Adam y Berta (2002), estos dos caracteres por sí solos no constituyen evidencia de que *M. leonina* practique este mecanismo de ingestión. Su sínfisis no está fusionada como en *Odobenus rosmarus*, ni alcanza el grado de desarrollo de *L. carcinophagus* y por otra parte su paladar chato no presenta el típico ahuecamiento necesario para generar la presión de vacío de succión. En forma contrastante, el máximo grado de desarrollo de las órbitas que alcanza *M. leonina* (al igual que *O. rossi*), refuerza su asociación al tipo pierce feeding, dado que una gran agudeza visual es una condición indispensable para la detección y captura de presas de gran movilidad como peces y calamares y es justamente, entre los pinnipedios vivientes el tipo “pierce feeding” el que está mayormente asociado a dietas teutófagas o ictiófagas. Cabe destacar que en base a los escasos reportes basados en observaciones de ejemplares de *M. leonina* alimentándose en el medio natural o de *M. angustirrostris* en cautiverio apoyan la hipótesis de una estrategia de captura e ingestión del tipo “pierce feeding”.

Adam y Berta (2002) concluyeron que existe una débil correlación entre la anatomía funcional craneana y la dieta observada en los diferentes taxones de pinnipedios vivientes. A partir del análisis de Procrustes realizado en esta tesis se reafirma en gran parte esta conclusión no habiéndose detectado además agrupamientos claramente definidos a partir de la correlación entre dieta y morfología craneana. Sin embargo, se han identificado según las vistas y la región analizada, aquellas morfologías que difieren marcadamente de las demás, o bien aquellas muy similares entre sí, las que pueden o no estar asociadas al hábito trófico.

CAPITULO 5

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Adam, P.J., y A. Berta. 2002. Evolution of Prey Capture Strategies and Diet in the Pinnipedimorpha (Mammalia, Carnivora). *Oryctos* 4: 83–107.
- Ainley, D.G. y D.P. DeMaster. 1990. The upper trophic levels in polar marine ecosystems. En: *Polar Oceanography Part B. Chemistry Biology and Geology* .Ed. W.O. Smith, Jr. Academic Press, New York, pp. 599-630.
- Anderson, R.C. 2000. Nematode Parasites of Vertebrates: Their Development and Transmission. 2nd Edition. CAB international, UK 672 pp.
- Antonelis, G.A., Lowry, M.S., DeMaster, D.P. y C.H. Fiscus. 1987. Assessing Northern elephant seal feeding habits by stomach lavage. *Marine Mammal Science*, 3, 308 - 322.
- Antonelis, G.A., Lowry, M.S., Fiscus, C.H., Stewart, B.S. y R.L. DeLong. 1994. Diet of the northern elephant seal. En *Elephant seals: Population Ecology, Behavior and Physiology*. Eds. Leboeuf, B.J. y R.M. Laws. University of California Press, Los Angeles, pp. 211-223.
- Arnason, U., Gullberg, A., Janke, A., Kullberg, M., Lehman, N., Petrov, E.A. y R. Vainola. 2006. Pinniped phylogeny and a new hypothesis for their origin and dispersal. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 41: 345–354.
- Arnbom, T.A., Lunn, N.J., Boyd, I.L. y T. Barton. 1992. Aging live Antarctic fur seals and southern elephant seals. *Marine Mammal Science*, 8, 37 - 43.
- Antarctic Treaty Consultative Meeting *Final Report of the Twenty-Eighth Meeting* Stockholm, Sweden, 6 – 17 June 2005.
- Aznar, F.J., Pérez-Ponce de León, G. y J.A. Raga. 2006. Status of *Corynosoma* (acanthocephala: polymorphidae) based on anatomical, ecological, and phylogenetic evidence, with the erection of *pseudocorynosoma* n. gen. *Journal of Parasitology* 92 (3): 548–564.
- Barrera-Oro E. 2002. The role of fish in the Antarctic marine food web: differences between inshore and offshore waters in the southern Scotia Arc and west Antarctic Peninsula. *Antarctic Science* 14: 293-309.
- Benson, R.H., Chapman, R.E. y A.F. Siegel. 1982. On the measurement of Morphology and its Change. *Paleobiology*. 8 (4):328-329.
- Berta, A., Sumich, J.L., Kovacs, K.M., Folkens, P.A y P.J. Adam (2006) *Marine mammals: evolutionary biology*. Academic Press, 547 pp.

- Best N.J., Bradshaw C.J.A., Hindell, M.A. y P.D. Nichols 2003. Vertical stratification of fatty acids in the blubber of southern elephant seals (*Mirounga leonina*): implications for diet analysis. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 134 (2003) 253–263.
- Bester M.N. 1988. Marking and monitoring studies of the Kerguelen stock of southern elephant seals *Mirounga leonina* and their bearing on biological research in the Vestfold Hills. *Hydrobiologia* 165: 269-277.
- Bigg, M.A. y I. Fawcett. 1985. Two biases in diet determination of northern fur seal (*Callorhinus ursinus*). En *Marine mammals and fisheries*, eds. Beddington J.R., Beverton, R.J.H. y D.M. Lavigne, 284-291: George, Allen y Unwin, London.
- Bininda-Emonds O., J.L. Gittleman y A. Purvis. 1999. Building large trees by combining phylogenetic information: a complete phylogeny of the extant Carnivora (Mammalia). *Biological Reviews* 74: 143-175.
- Bonner, W.N. 1982. Seals and man: A study of interactions. Washington Sea Grant Publication. Seattle: University of Washington Press. 170 pp.
- Bornemann H, Kreyscher S, Ramdohr S, Martin T, Carlini A, Sellmann L y J. Plotz. 2000. Southern elephant seal movements and Antarctic sea ice. *Antarctic Science* 12: 3-15.
- Borobia M., Gearing P.J., Simard Y., Gearing J.N. y P. Beland. 1995. Blubber fatty acids of finback and humpback whales from the Gulf of St. Lawrence. *Marine Biology*, 122: 341-353.
- Boyd, I.L. y T. Arnborn. 1991. Diving behaviour in relation to water temperature in the Southern elephant seal: foraging implications. *Polar Biology*, 11: 259 - 266.
- Boyd, I.L., Arnborn, T.A. y M.A. Fedak. 1993. Water flux, body composition, and metabolic rate during molt in female southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Physiological Zoology*, 66: 43 - 60.
- Boyd I.L., Walker T.R. y J. Poncet. 1996. Status of southern elephant seals in South Georgia. *Antarctic Science*, 8: 237-244.
- Bradshaw C.J.A., Hindell M.A., Best N.J., Phillips K.L., Wilson G. y P.D. Nichols. 2003. You are what you eat: describing the foraging ecology of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) using blubber fatty acids. *Proceedings Royal Society London B*, 270: 1283–1292.

- Braicovich, P.E, González R.A. y R.D. Tanzola. 2005. First record of *Corynosoma australe* (Acanthocephala, Polymorphidae) parasitizing seahorse, *Hippocampus* sp. (Pisces, Syngnathidae) in Patagonia (Argentina). *Acta Parasitologica*, 50 (2): 145–149.
- Briggs, K.T. y G.V. Morejohn. 1976. Dentition, cranial morphology and evolution in elephant seals. *Mammalia*, 40: 199 -222.
- Brown D.J., Boyd I.L., Cripps G.C. y P.J. Butler. 1999. Fatty acid signature analysis from the milk of Antarctic fur seals and Southern elephant seals from South Georgia: Implications for diet determination. *Marine Ecology Progress Series*, 187: 251-263.
- Bryden, M.M. 1969. Growth of the Southern elephant seal, *Mirounga leonina*. *Growth*, 33: 69-82
- Bryden M.M. 1971. Miology of the southern elephant seals, *Mirounga leonina*. Antarctic Pinnipedia. *American Geophysical Union. Antarctic Research Series*, 18: 109 -140.
- Bryden, M.M. y W.J.L. Felts. 1974. Quantitative anatomical observations on the skeletal and muscular systems of four species of antarctic seals. *Journal of Anatomy* 118: 589-600.
- Bullier P. 1954. Alimentation et acclimatement d'elephant de mer (*Mirounga leonina* L.) en captivité, au parc zoologique du bois de Vincennes. *Mammalia* 18: 272-276.
- Burns J.J. y F.H. Fay. 1970. Comparative morphology of the skull of the ribbon seal, *Histiophoca fasciata* with remarks on systematics of Phocidae. *Journal of Zoology*, London, 161: 363 -394.
- Burton, H.R., Arnbohm, T.A., Boyd, I.L., Bester, M., Vergani, D.F. y I. Wilkinson. 1997. Significant differences in weaning mass of Southern elephant seal from five subantarctic islands in relation to populaton declines. En: *Antarctic Communities: Species, structure and survival*. Eds. Battaglia B., Valencia J. y D.W.H. Walton. United Kigdom University Press, pp. 335-338.
- Burton E.K. y P.L. Koch 1999. Isotopic tracking of foraging and long-distance migration in northeastern Pacific pinnipeds. *Oecologia* 119: 578-585.
- Campagna, C. y M. Lewis 1992. Growth and distribution of a southern elephant seal colony. *Marine Mammal Science*, 8: 387-396.
- Campagna, C., Lewis, M. y R. Baldi. 1993. Breeding biology of southern elephant seals in Patagonia. *Marine Mammal Science*, 9: 34-47.

- Campagna, C., Quintana, F. Le Boeuf, B.J. Blackwell, S. y D.E. Crocker. 1998. Diving behaviour and foraging ecology of female southern elephant seals from Patagonia. *Aquatic Mammals*, 24 (1): 1-11.
- Carlini A.R., Daneri G.A., Marquez M.E.I., Soave G.E. y S. Poljak. 1997. Mass Transfer from mothers to pups and mass recovery by mothers during the post-breeding foraging period in southern elephant seals (*Mirounga leonina*) at King George Island. *Polar Biology*, 18: 305 - 310.
- Carlini A.R., Marquez M.E.I., Daneri G.A. y S. Poljak. 1999. Mass changes during their annual cycle in females of southern elephant seals at King George Island. *Polar Biology*, 21: 234-239.
- Carlini A.R., Daneri G.A., Marquez M.E.I., Bornemann H., Panarello H., Casaux R., Ramdohr, S. y J. Plotz. 2005. Food consumption estimates of southern elephant seal females during their post-breeding aquatic phase at King George Island. *Polar Biology*, 28: 769-775
- Carlini, A.R., Poljak, S., Daneri, G.A., Márquez, M.E.I. y J. Negrete. 2006. The dynamics of male harem dominance in southern elephant seals (*Mirounga leonina*) at the South Shetland Islands. *Polar Biology*, 29: 796-805.
- Carlini, A.R., Coria, N.R., Santos M.M., Negrete J., Juarez M.A. y G. A. Daneri. 2009. Responses of *Pygoscelis adeliae* and *P. papua* populations to environmental changes at Isla 25 de Mayo (King George Island). *Polar Biology*, 32: 1427–1433.
- Casaux R, Baroni, A. y A. Carlini. 1997. The diet of the Weddell Seal *Leptonychotes weddellii* at Harmony Point, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 18: 371–375.
- Casaux R, Baroni A, Arrighetti F, Ramón A y A.R. Carlini. 2003. Geographical variation in the diet of the Antarctic fur seal *Arctocephalus gazella*. *Polar Biology*, 26:753–758.
- Casper, R.M, Jarman, S.N, Deagle, B.E, Gales, N.J. y M.A. Hindell. 2007. Detecting prey from DNA in predator scats: A comparison with morphological analysis, using *Arctocephalus* seals fed a known diet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 347: 144-154.
- CCAMLR. 2008. *Statistical Bulletin* vol. 20 (1998-2007). Hobart, Australia.
- Chapman, R.E. 1990a. Conventional procrustes approaches. En *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*, eds. Rohlf, F.J. y F.L. Bookstein, 251-267. University of Michigan Museum of Zoology Special publication 2.

- Chapman, R.E. 1990b. Shape Analysis in the study of dinosaur morphology. En: *Dinosaur systematics: perspectives and approaches*, eds. Carpenter K. y P.J.Currie, 21-42. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cherel, Y. y V. Ridoux. 1992. Prey species and nutritive value of food fed during summer to king penguins *Aptenodytes patagonica* chicks at Possession Island, Crozet Archipelago. *Ibis*, 134: 118-127.
- Cherel Y., Ducatez S., Fontaine C., Richard P. y C. Guinet. 2008. Stable isotopes reveal the trophic position and mesopelagic fish diet of female southern elephant seals breeding on Kerguelen Islands. *Marine Ecology Progress Series*, 370: 239-247.
- Clark, J.A. y P. Dee Boersma. 2006. Southern elephant seal, *Mirounga leonina*, kills magellanic penguins, *spheniscus magellanicus*, on land. *Marine Mammal Science*, 22: 222-225.
- Clarke, M.R. y N. MacLeod. 1982a. Cephalopods in the diets of elephant seals at Signy Island, South Orkney Islands. *British Antarctic Survey Bulletin*, 57: 27 - 31.
- Clarke, M.R. y N. MacLeod. 1982b. Cephalopod remains in the stomachs of eight Weddell seals. *British Antarctic Survey Bulletin*.57: 33 - 40.
- Clarke, M.R. 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Oxford: Clarendon Press, 273pp.
- Collins, M.A. y P.G. Rodhouse 2006. Southern ocean cephalopods. *Advances in Marine Biology*, 50: 191- 265.
- Constable, A., Williams R., de la Mare, W.K. y D. Slip. 1997. Escapement of Elephant Seal prey in the Heard island fishery for *Dissostichus eleginoides*. *CCAMLR Working Group on Ecosystem Monitoring & Management paper WG-EGMM-97/42*.
- Constable, A.J., de la Mare, W.K., Agnew, D.J., Everson, I. y D. Miller. 2000. Managing fisheries to conserve the Antarctic marine ecosystem: practical implementation of the Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR). *ICES Journal of Marine Science*, 57: 778-791.
- Costa, D.P. y D.E. Crocker. 1996. Marine Mammals of the Southern Ocean. Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula. *Antarctic Research Series*, 70: 287-301.

- Croxall, J.P., Prince, P.A. y C. Ricketts. 1985. Relationships between prey life-cycles and the extent, nature and timing of seal and seabird predation in the Scotia Sea. En: *Antarctic Nutrient Cycles and Food webs*. Eds. Siegfried, W.R., Condy, P. y R.M. Laws., Berlin: Springer Verlag, pp. 516-533.
- Croxall J.P., McCann T.S., Prince P.A. y P. Rothery. 1988. Reproductive performance of seabirds and seals at South Georgia and Signy Island, South Orkneys Islands, 1976–1987: implications for Southern Ocean Monitoring Studies. En: *Antarctic Ocean and resources variability*. Ed. D. Sahrhage Springer, Heidelberg, pp. 261–285.
- Croxall, J. P. 1993. Diet. En: *Antarctic seals: Research methods and techniques*. Ed. R. M. Laws. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 268-290.
- Croxall, J.P. y S. Nicol. 2004. Management of Southern Ocean Fisheries: global forces and future sustainability. *Antarctic Science* 16 (4): 569-584.
- Daneri, G.A. 1996. Fish diet of the Antarctic fur seal, *Arctocephalus gazella*, in summer, at Stranger Point, King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biology* 16: 353-355
- Daneri, G.A. y A.R. Carlini. 1996. Stomach flushing: An adequate non lethal method for the study of elephant seal's diet. *Contribución del Instituto Antártico Argentino N° 452: 7 pp*
- Daneri G.A. y A. R. Carlini. 1999. Spring and summer predation on fish by the Antarctic fur seal, *Arctocephalus gazella*, at King George Island, South Shetland Islands. *Canadian Journal Zoology* 77: 1157–1160.
- Daneri G.A., Piatkowski U., Coria N.R. y A.R. Carlini .1999. Predation on cephalopods by Antarctic fur seals, *Arctocephalus gazella*, at two localities of the Scotia Arc, Antarctica. *Polar Biology* 21:59–63.
- Daneri G.A., Carlini A.R. y P.G.K. Rodhouse 2000. Cephalopod diet of the southern elephant seal, *Mirounga leonina*, at King George Island, South Shetland Islands. *Antarctic Science* 12: 16-19.
- Daneri G. A. y A. R. Carlini 2002. Fish prey of southern elephant seals, *Mirounga leonina*, at King George Island. *Polar Biology* 25: 739-743.
- Daneri G. A., Carlini A. R. y A. Harrington. 2005. The feeding habits of male Southern elephant seals, *Mirounga leonina*, at Isla 25 de Mayo / King George, South Shetland Islands.

Proceedings IX SCAR International Biology Symposium. Scientific Committee on Antarctic research (SCAR). Curitiba, Brasil. p. 124

Daneri, G.A., Negri, A., Carlini, A.R. y A. Corbalán 2007. Estudio interanual del componente ictico de la dieta de *Leptonychotes weddellii* en caleta choza, Península Antártica. *Actas del VI Simposio Argentino y III Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas*. Buenos Aires, Argentina.

Daneri G.A., Carlini A.R., Harrington A., Balboni, L. y C.M. Hernandez. 2008. Interannual variation in the diet of non-breeding male Antarctic fur seals, *Arctocephalus gazella*, at Isla 25 de Mayo/King George Island. *Polar Biology* 31: 1365–1372.

Daneri, G.A., Negri, A., Carlini A.R., Allcock, L. y A. Corbalán. 2008. Variación temporal en la dieta de cefalópodos de la foca de weddell, *Leptonychotes weddelli*, en Caleta Choza, Península antártica. *Actas del IV Simposio Latinoamericano sobre investigaciones antárticas y VII Reunión chilena de investigación antártica*. pp 287-288.

Deagle, B.E., Tollit, D.J., Jarman, S.N., Hindell, M.A., Trites, A.W. y N.J. Gales. 2005. Molecular scatology as a tool to study diet: analysis of prey DNA in scats from captive Steller sea lions. *Molecular Ecology* 14: 1831–1842.

Deméré, T.A., Berta, A. y P.J. Adam. 2003. Pinnipedimorph evolutionary biogeography. *Bulletin American Museum of Natural History* 279: 32-76.

DeNiro, M.J. y S. Epstein. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42:495-506.

DeWitt, H.H. y J.C. Hureau. 1979. Fishes collected during Hero cruise 72-2 in the Palmer Archipelago, Antarctica, with the description of two genera and three new species. *Bulletin Museum Natural History Nat Ser 4 Sec A* 3:775-820.

Ducatez, S., Dalloyau, S., Richard, P., Guinet, C. y Y. Cherel. 2008. Stable isotopes document winter trophic ecology and maternal investment of adult female southern elephant seals (*Mirounga leonina*) breeding at the Kerguelen Islands. *Marine Biology* 155: 413–420.

Duhamel, G. y J.C. Hureau. 1990. Changes in fish populations and fisheries around the Kerguelen Islands during the last decade. En: *Antarctic Ecosystems: ecological change and conservation*. Eds. Kerry K. R. y G. Hempel. Berlin: Springer-Verlag, pp. 323-333.

- Everson, I, y C. Goss. 1991. Krill fishing in the Southwest Atlantic. *Antarctic Science*, 3: 351-358.
- Fedak M.A., T. Arnborn y I.L. Boyd. 1996. The relationship between the size of Southern elephant seal mothers, the growth of their pups, and the use of maternal energy, fat and protein during lactation. *Physiological Zoology* 69 (4): 887-911.
- Field, I., Hindell, M.A., Slip, D.J., y K.J. Michael. 2001. Foraging strategies of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) in relation to frontal zones and water masses. *Antarctic Science* 13:371-379.
- Field, I.C., Bradshaw, C.J.A, Burton, H.R., Sumner, M.D. y M.A. Hindell. 2005. Resource partitioning through oceanic segregation of foraging juvenile southern elephant seals. *Oecologia* 142: 127-135.
- Field, I.A., Bradshaw, C.J.A., van den Hoff, J., Burton, H.R., y M.A. Hindell. 2007. Age-related shifts in the diet composition of southern elephant seals expand overall trophic niche. *Marine Biology* 150: 1441-1452.
- Filippova, J.A. y E.A. Pakhomov. 1994. Young squid in the plankton of Prydz Bay, Antarctica. *Antarctic Science* 6 (2): 171-173.
- Fischer, W. y J.C. Hureau (eds) 1988. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Océano Austral (áreas de pesca 48, 58 y 88, área de la Convención (CCAMLR). Publicación preparada y publicada con el apoyo de la Comisión para la conservación de los recursos vivos marinos antárticos, Roma, FAO, Vol 1 y 2, 470 pp.
- Forcada, J, Tratham P.N., Reid K y E.J. Murphy. 2005. The effects of global climate variability in pup production of Antarctic fur seals. *Ecology* 89: 2408-2417.
- Fyler, C.A., Reeder, T.W., Berta, A., Antonelis, G., Aguilar, A., y E. Androukaki. 2005. Historical biogeography and phylogeny of monachine seals (Pinnipedia: Phocidae) based on mitochondrial and nuclear DNA data. *Journal of Biogeography* 32: 1267-1279.
- Gales, N.J. y H.R. Burton. 1989. The past and present status of the southern elephant seal (*Mirounga leonina*) in Greater Antarctica. *Mammalia* 53: 35-47.
- Goldsworthy, S.D., He, X., Tuck, G.N., Lewis, M. y R. Williams R. 2001. Trophic interactions between the Patagonian Toothfish its fishery and seals and seabirds around Macquarie Island. *Marine Ecology Progress Series* 218: 283-302.

- Gon O. y P.C. Heemstra 1990. Fishes of the Southern Ocean. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, South Africa, 462 pp.
- Grahl-Nielsen, O., Hammill, M.O., Lydersen, C. y S. Wahlstrom. 2000. Transfer of fatty acids from female seal blubber via milk to pup blubber. *Journal of Comparative Physiology Part B*, 170: 277-283.
- Greaves, W. S. 2000. Location of the vector of jaw muscle force in mammals. *Journal of Morphology*, 243: 293-299.
- Green, K. y R. Williams. 1986. Observations on food remains in faeces of elephant, leopard and crabeater seals. *Polar Biology* 6: 43-45.
- Green, K. y H. R. Burton 1993. Comparison of the stomach contents of the Southern elephant seal, *Mirounga leonina*, at Macquarie and Heard Islands. *Marine Mammal Science*, 9: 10 - 22.
- Green, K., Slip, D.J. y G.J. Moore. 1998. The take of fish species by seabirds and marine mammals in the Australian Fisheries Zone around Heard Island - the potential for competition with a commercial fishery. *Polar Biology*, 20: 273-280.
- Greenacre, M.J. 1984. Theory and applications of correspondence analysis. Londres: Academic Press.
- Groger, J., Piatkowski, U. y H. Heinemann. 2000. Beak length analysis of the Southern Ocean squid *Psychroteuthis glacialis* (Cephalopoda: Psychroteuthidae) and its use for size and biomass estimation. *Polar Biology*, 23: 70-74.
- Gross, L. 2005. As the Antarctic ice pack recedes, a fragile ecosystem hangs in the balance. *Plos Biology* 3(4): e127.
- Guinet, C., Jouventin, P. y H. Weimerskirch 1999. Recent population change of the southern elephant seal at Iles Crozet and Iles Kerguelen: the end of the decrease? *Antarctic Science* 11 (2): 193-197.
- Hall-Aspland, S. y T. Rogers. 2004. Summer diet of leopard seals (*Hydrurga leptonyx*) in Prydz Bay, Eastern Antarctica. *Polar Biology* 27: 729-734.
- Hamilton, J. E. 1939. The leopard seal, *Hydrurga leptonyx* (de Blainville). *Discovery Reports* 18: 239-264.

- Harvey, J.T. y G.A. Antonelis. 1994. Biases associated with non-lethal methods of determining the diet of northern elephant seals. *Marine Mammal Science* 10 (2): 178-187.
- Harwood, J. y J.P. Croxall. 1988. The assessment of competition between seals and commercial fisheries in the North Sea and the Antarctic. *Marine Mammal Science* 4: 13–33.
- Harwood, J. 1999. A risk assessment framework for the reduction of cetacean by-catches. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 593-599.
- Hecht, T. 1987. A guide to the otoliths of Southern Ocean fishes. *South African Journal Antarctic Research*, 17: 1-87.
- Helm, R.C. 1984. Rate of digestion in three species of pinnipeds. *Canadian Journal of Zoology* 62: 1751-1756.
- Hewitt, R. P., Demer, D. A. y J. H. Emery. 2003. An 8-year cycle in krill biomass density inferred from acoustic surveys conducted in the vicinity of the South Shetland Islands during the austral summers of 1991/92 through 2001/2002. *Aquatic Living Resources*. 16, 205–213.
- Hindell, M.A. y H.R. Burton. 1987. Past and present status of the southern elephant seal, (*Mirounga leonina*) at Macquarie Island. *Journal of Zoology of London*, 213: 365-380.
- Hindell, M. A., Slip, D.J. y H.R. Burton. 1991. The diving behavior of adult male and female southern elephant seals, *Mirounga leonina* (Pinnipedia: Phocidae). *Australian Journal of Zoology*, 39: 595-619.
- Hobson, K.A., Sease, J.L. y J.F. Piatt. 1997. Investigating trophic relationships of pinnipeds in Alaska and Washington using stable isotope ratios of nitrogen and carbon. *Marine Mammal Science*, 13 (1): 114-13.
- Hodum, P.J. y K.A. Hobson 2000. Trophic relationships among Antarctic fulmarine petrels: insights into dietary overlap and chick provisioning strategies inferred from stable-isotope ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 198: 273-281.
- Hubold, G. 1984. Spatial distribution of *Pleuragramma antarcticum* (Pisces: Nototheniidae) near the Filchner and Larson Ice Shelves (Weddell Sea/Antarctica). *Polar Biology* 3:231-236.
- Hubold G y W. Ekau. 1987. Midwater fish fauna of the Weddell Sea, Antarctica. En: *Midwater fish fauna of the Weddell Sea, Antarctica*. Eds. Kullander, S.O. y B. Fernholm. Proceedings of the Fifth Congress of European Ichthyologists, Stockholm, 1985. Swedish Museum of Natural History, Stockholm, pp 391-396.

Hubold, G. y A. Tomo. 1989. Age and growth of Antarctic silverfish, *Pleuragramma antarcticum* Boulenger 1902, from the southern Weddell sea and Antarctic Peninsula. *Polar Biology* 9: 205-212.

Hubold G. 1991 Ecology of notothenioid fishes in the Weddell Sea. En: *Biology of Antarctic fishes*. Eds. Prisco, G di, Maresca, B. y B. Tota. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 3-22.

Hucke-Gaete, R., Osman, L.P., Moreno, C.A. y D. Torres. 2004. Examining natural population growth from near extinction: the case of the Antarctic fur seal at the South Shetlands, Antarctica. *Polar Biology* 27: 304–311.

Huey, L.M. 1930. Capture of an elephant seal off San Diego, California, with notes on stomach contents. *Journal of Mammalogy* 11: 229 – 231.

Hulley, PA .1990. Family Myctophidae. En: *Fishes of the Southern Ocean*. Eds. Gon, O. y P.C. Heemstra PC. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, pp 146–178.

Ingham, S.E. 1967. Branding elephant seals for life-history studies. *Polar Records* 13: 447-449.

Irvine, L.G., Hindell, M.A., Van den Hoff, J. y H.R. Burton. 2000. The influence of body size on dive duration of underyearling southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Journal Zoology London*. 251:463–471.

Iverson, S.J. 1993. Milk secretion in marine mammals in relations to foraging: can milk fatty acids predict diet? *Symposium Zoological Society London*, 66: 263-291.

Iverson, S.J., Arnould, P.J.Y. y I.L. Boyd. 1997. Milk fatty acid signatures indicate both major and minor shifts in the diet of lactating Antarctic fur seals. *Canadian Journal of Zoology*, 75: 188-197.

Jarman, S.N., Deagle, B.E. y N.J. Gales. 2004. Group-specific polymerase chain reaction for DNA-based analysis of species diversity and identity in dietary samples. *Molecular Ecology*, 13, 1313–1322.

Jobling, M. 1987. Marine mammal faeces samples as indicators of prey importance - a source of error in bioenergetics studies. *Sarsia*, 72: 255-260.

Johnson, D.W. 1990. A southern elephant seal (*Mirounga leonina* Linn.) in the northern hemisphere (Sultanate of Oman). *Marine Mammal Science* 6: 242-243.

- Jonker, F.C. y M.N. Bester. 1994. The diving behaviour of adult southern elephant seal, *Mirounga leonina*, cows from Marion Island. *South African Journal of Antarctic Research* 24: 75-93.
- Jonker, F.C. y M.N. Bester. 1998. Seasonal movements and foraging areas of adult southern elephant seals, *Mirounga leonina*, from Marion Island. *Antarctic Science* 10 (1): 21-30.
- Kaschner, K. y D. Pauly. 2005. Competition between marine mammals and fisheries – food for thought? En: *The state of the animals III*. Eds. D.J. Salem y A.N. Rowan. Humane Society of the United States Press, Gaithersburg, MD, p p. 95–117.
- Kakela, R., Hyvarinen, H., y P. Vainiotalo. 1993. Fatty acid composition in liver and blubber of the saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) compared with that of the ringed seal (*Phoca hispida botnica*) and grey seal (*Halichoerus grypus*) from the Baltic. *Comparative Biochemistry Physiology B* 105: 553–565.
- Kastelein, R. A., y P. Mosterd. 1989. The excavation technique for molluscs of Pacific walrusses (*Odobenus rosmarus divergens*) under controlled conditions. *Aquatic Mammals* 15 (1): 3-5.
- Kellerman, A. 1986. Geographical distribution and abundance of postlarval and juvenile *Pleuragramma antarcticum* (Pisces, Notothenioidei) off the Antarctic Peninsula. *Polar Biology*, 6: 111-119.
- Kelly, J.F. 2000. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. *Canadian Journal of Zoology* 78: 1-27.
- King, J.E. 1961. The feeding mechanism and jaws of the crabeater seal (*Lobodon carcinophagus*). *Mammalia*, 25: 462-466.
- King, J.E. 1964. Swallowing modifications in the Ross seal. *Journal of Anatomy (London)* 99: 206-207.
- King, J.E. 1966. Relationships of the hooded and elephant seals (genera *Cystophora* and *Mirounga*). *Journal of Zoology. London*, 148: 385-398.
- King, J.E. 1969. Some aspects of the anatomy of the Ross seal, *Ommatophoca rossi* (Pinnipedia: Phocidae). *British Antarctic Survey Scientific Reports*. 63: 1-54.
- King, J. 1972. Observations on phocid skulls. En: *Functional anatomy of marine mammals*. Ed. R. J. Harrison. Academic Press, London, pp 81-115.

- King, J.E. 1983. *Seals of the world*. 2da ed. British Museum Natural History. Cornell University. Press, Ithaca, New York. 240 pp.
- Kirkman, S.P., Bester, M.N., Pistorius, P.A., Hofmeyr, G.J.G., Owen, R. y S. Mecenero. 2001. Participation in the winter haulout by southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Antarctic Science* 13:380–384.
- Klages, N. y V. Cockcroft. 1990. Feeding behaviour of a captive crabeater seal. *Polar Biology*, 10: 403–404.
- Koopman, H.N., Iverson, S.J. y D.E. Gaskin. 1996. Stratification and age-related differences in blubber fatty acids of male harbor porpoise (*Phocoena phocoena*). *Journal of Comparative Physiology Part B*, 165: 628–639.
- Kooyman, G.L. 1981. Weddell seal *Leptonychotes weddellii*. En: *Handbook of marine mammals vol. 2. Seals*. Eds. Ridgway, S.H. y R.J. Harrison. Academic Press, London, pp 275–296.
- Kooyman, G.L., Castellini, M.A., Davis, R.W. y R.A. Maue. 1983. Aerobic dive limits in immature Weddell seals. *Journal of Comparative Physiology* 151: 171–174.
- Kooyman, G.L., Davis, R.W. y J.P. Croxall. 1986. Diving Behavior of Antarctic fur seals. En: *Fur seals: maternal strategies on land and at sea*. Eds. Gentry, R.L. y G.L. Kooyman. Princeton University Press, Princeton, p 115–125.
- Krockenberger, M.B. y M.M. Bryden. 1994. Rate of passage of digesta through the alimentary tract of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) (Carnivora: Phocidae). *Journal of Zoology of London* 234: 229–237.
- Lake, S., Burton, H. y J. van den Hoff. 2003. Regional, temporal and fine scale spatial variation in Weddell seal diet at four coastal locations in east Antarctica. *Marine Ecology Progress Series* 254: 293–305.
- Laws, R.M. 1953. The elephant seal (*Mirounga leonina*). I. Growth and age. Falkland Island Dependencies Survey Scientific Report, 8: 1–62.
- Laws, R.M. 1956. The elephant seal (*Mirounga leonina*). II. General, social and reproductive behaviour. Falkland Island Dependencies Survey Scientific Report, 13: 1–88.
- Laws, R.M. 1984. Seals. En: *Antarctic Ecology. Vol. 2*. Ed. R.M. Laws. London: Academic Press, pp. 621–715.

- Laws, R.M. 1985. The Ecology of the Southern Ocean. *American Scientist*. 73: 26-40.
- Laws, R.M. 1994. History and present status of southern elephant seal populations. En: *Elephant seals: Population Ecology, Behavior and Physiology*. Eds. Leboeuf, B. J. y R. M. Laws. University of California Press, Los Angeles, pp. 49-65.
- Le Boeuf, B.J., Crocker, D.E., Blackwell, S.B., Morris, P.A. y P.H. Thorson. 1993. Sex differences in diving and foraging behavior of northern elephant seals. En *Marine mammals: advances in behavioural and population biology*. Ed. I. Boyd. *Symposium Zoological Society of London* 66: 149 - 178.
- Le Boeuf B.J. 1994. Variation in the diving pattern of northern elephant seals with age, mass, sex and reproductive condition. En: *Elephant seals: Population Ecology, Behavior and Physiology*. Eds. Leboeuf, B. J. y R. M. Laws. University of California Press, Berkeley, pp. 237-252.
- Le Boeuf, B. J y R.M. Laws. 1994. Elephant seals: An introduction to the genus. En *Elephant seals: Population Ecology, Behavior and Physiology*. Eds. B. J. Leboeuf y R. M. Laws, University of California Press, Los Angeles, pp. 49-65.
- Le Boeuf, B.J., Morris, P.A., Blackwell, S.B, Crocker, D.E. y D.P. Costa. 1996. Diving behavior of juvenile northern elephant seals. *Canadian Journal of Zoology* 74: 1632 - 1644.
- Lesage, V., Hammill, M.O. y K.M. Kovacs. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada: evidence from stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 203-221.
- Lewis, M., Campagna, C. y J. Zavatti. 2004. Annual cycle and inter-annual variation in the haul-out pattern of a growing southern elephant seal colony. *Antarctic Science*, 16: 219-226.
- Lewis, M., Campagna, C., Marin, M.R. y T. Fernandez. 2006. Southern elephant seals north of the Antarctic Polar Front. *Antarctic Science* 18: 213-221.
- Ling, J.K. y M.M. Bryden 1992. *Mirounga leonina*. *Mammalian Species* 391, 8pp.
- Linkowski, T.B. 1985. Population biology of the myctophid fish *Gymnoscopelus nicholsi* (Gilbert, 1911) from the western South Atlantic. *Journal of Fish Biology* 27:683-698.
- Lipinski, M. y M. Woyciechowski. 1981. Cephalopods in the food of Weddell seals from Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands). *Polish Polar Research* 2: 163 - 167.

- Loeb, V., Siegel, V., Holm-Hansen, O., Hewitt, R., Fraser, W.R., Trivelpiece, W.Z. y S.G.Trivelpiece 1997. Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature*, 387: 897–900.
- Loeb, V.J., Hofmann, E.E., Klinck, J.M., Holm-Hansen, O. y W.B.White. 2009. ENSO and variability of the Antarctic Peninsula pelagic marine ecosystem *Antarctic Science*, 21 (2): 135–148.
- Lowry, J.F., Testa, J.W. y W.T. Calver. 1988. Notes on winter feeding of crabeater and leopard seals near the Antarctic Peninsula. *Polar Biology*, 8: 475-478.
- Lozares, C., Lopez, P. y V. Borrás 1998. La complementariedad del log-lineal y del análisis de correspondencias en la elaboración y el análisis de tipologías. *Revista Sociología U.A.B Papers*, 55: 79-93
- Lu, C.C. y R. Williams. 1994. Contribution to the biology of squid in the Prydz Bay region, Antarctica. *Antarctic Science* 6: 223-229.
- McCann, T.S. 1985. Size, status and demography of southern elephant seal (*Mirounga leonina*) populations. En: *Sea mammals of south latitudes*. Eds. Ling, J.K. y M.M. Bryden. *Proceedings Symposium ANZAAS Congress*, 52: 1-17.
- Mc Connell, B.J., Chambers, J.C. y M.A. Fedak. 1992. Foraging ecology of southern elephant seals in relation to the oceanography of the Southern Ocean. *Antarctic Science*, 4 (4): 393-398.
- Mc Connell, B.J. y M.A. Fedak. 1996. Movements of southern elephant seals. *Canadian Journal Zoology* 74: 1485-1496.
- McPhaden, M.J. 1999. Genesis and evolution of the 1997–98. El Niño. *Science* 283: 950–954.
- Moline, M.A., Claustre, H., Frazer, T.K., Schofield, O. y M. Vernet. 2004. Alteration of the food web along the Antarctic Peninsula in response to a regional warming trend. *Global Change Biology* 10: 1973–1980.
- Monteiro, L.R. y S.F. dos Reis. 1999. *Princípios de Morfometria Geométrica*. Holos Editora. Ribeirao Preto. 188 pp.
- Moore, J.K., Abbott, M.R. y J.G. Richman. 1999. Location and dynamics of the Antarctic Polar Front from satellite sea surface temperature data. *Journal of Geophysical Research*, 104: 3059 –3073.

- Muizon de, C. 1982. Phocid phylogeny and dispersal. *Annals of the South African Museum*, 89: 175–213.
- Oehlenschläger, J. 1991. Chemical composition of the flesh and other tissues of Antarctic fish species of the families Channichthyidae and Notothenidae. *Food Chemistry*, 40: 159–167.
- Okutani, T. y M. Clarke. 1985. Identification key and species description for Antarctic squids. *BIOMASS Handbook* No 21, pp 57.
- Oritsland, T., 1977. Food consumption of seals in the Antarctic pack ice. En: *Adaptations within Antarctic Ecosystems*. Ed. G. A. Llano. Proceedings of the third SCAR Symposium on Antarctic Biology. Washington, DC. Smithsonian Institution, pp. 749 – 768.
- Owens, N.J.P. 1987. Natural variations in ¹⁵N in the marine environment. *Advances Marine Biology* 24: 389-451.
- Pauly, D., Trites, A.W., Capuli, E. y V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science*, 55: 467–481.
- Piatkowski, U., Vergani, D.F y Z.B. Stanganelli. 2002. Changes in the cephalopod diet of southern elephant seal females at King George Island, during El Niño-La Niña events. *Journal Marine Biological Association*. United Kingdom 82 (5): 913-916.
- Piatkowski, U. 2008. Psychroteuthidae Thiele 1920. *Psychroteuthis glacialis* Thiele 1920. http://tolweb.org/Psychroteuthis_glacialis/19783/2008.04.28. En The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>
- Pierard, J. y A. Bisailon. 1978. Osteology of the Ross seal, *Ommatophoca rossii*, Gray 1844. *Biology of Antarctic seas IX. Antarctic Research Series* 31: 1-24.
- Pinkas, L., Oliphant, M.S. y I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *U.S. Department of Fish and Game, Fishery Bulletin* 152: 1–105.
- Plagányi, É.E., y D.S. Butterworth. 2002. Competition with fisheries. En: *Encyclopedia of marine mammals*. Eds. Perrin, W.F., Wursig, B. y H.G.M. Thewiss. San Diego: Academic Press, pp. 268–273.
- Priddle, J., Smetacek, V. y U. Bathmann. 1992. Antarctic primary production, biogeochemical carbon cycles and climatic change. *Philosophical Transactions Royal Society London, B* 338: 289-297.

- Pusch, C., Hulley, P.A., y K.H. Kock. 2004. Community structure and feeding ecology of mesopelagic fishes in the slope waters of King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Deep-Sea Research I* 51: 1685–1708.
- Radtke, R.L., Hubold, G., Folsom, S.D. y P. Lenz. 1993. Otolith structural and chemical analyses: the key to resolving age and growth of the Antarctic silverfish, *Pleuragramma antarcticum*. *Antarctic Science* 5 (1): 51-62.
- Ray, C. E. 1976. Geography of phocid evolution. *Systematic Zoology* 25: 391-406.
- Reeves, R.R., Stewart B.S. y S. Leatherwood. 1992. The Sierra Club Handbook of Seals and Sirenians. Sierra Club Books. San Francisco. 359 pp.
- Reid, K. 1995. The diet of Antarctic fur seals, *Arctocephalus gazella*, during winter at South Georgia. *Antarct. Sci.* 7 (3): 241-249.
- Reid, K. 1996. A guide to the use of otoliths in the study of predators at South Georgia. *British Antarctic Survey, Cambridge*. 40 pp.
- Reid, K. y G.A. Nevitt. 1998. Observation of Southern elephant seal, *Mirounga leonina*, feeding at sea near South Georgia. *Marine Mammal Science* 14: 637-640.
- Riedman, M. 1990. *The Pinnipeds. Seals, Sea Lions and Walruses*. University of California Press, Berkeley / Los Angeles and London, England. 439 pp.
- Rodhouse, G. 1990. Cephalopod fauna of the Scotia Sea at South Georgia: potential for commercial exploitation and possible consequences. En: *Ecological change and the conservation of Antarctic ecosystems*. Eds. Kerry K. y G. Hempel. Berlin: Springer-Verlag, 289-298.
- Rodhouse, P.G.K, Prince, P.A., Clarke, M.R. y A.W.A Murray. 1990. Cephalopod prey of the grey-headed albatross *Diomedea chrysostoma*. *Marine Biology*, 104: 353-362.
- Rodhouse, P.G., Arnbohm, T.R., Fedak, M.A., Yeatman, J. y A.W.A. Murray. 1992. Cephalopod prey of the southern elephant seal, *Mirounga leonina* L. *Canadian Journal of Zoology* 70:1007-1015.
- Rohlf, J. F. y L. F. Marcus. 1990. A Revolution in Morphometrics. *TREE* 8 (4): 129-132.
- Rohlf, J.F. y D. Slice. 1990. Extensions of the Procrustes Method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology*. 39: 40- 59.

- Romer, A.S. y T. Parsons 1981. Anatomía comparada. Vertebrados. Ed. Interamericana. 428 pp.
- Roper, C.F.E., Sweeney, M.J. y C.E. Nauen. 1984. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fisheries Synopsis* 125 (3): 1-277.
- Ryding, F.N. 1982. ketamine immobilization of southern elephant seals by a remote injection method. *British Antarctic Survey Bulletin*, 57: 21-26.
- Ryg, M, Smith, T.G., y N.A. Oritsland. 1990. Seasonal changes in body mass and body composition of ringed seals (*Phoca hispida*) on Svalbard. *Canadian Journal of Zoology*, 68: 470-475.
- S.C.A.R. 2002. Reporte de la 27ª Reunión del Comité Científico sobre Investigaciones Antárticas. Shangai, China.
- S.C.A.R. 2006. Reporte de la 29ª Reunión del Comité Científico sobre Investigaciones Antárticas. Hobart, Tasmania, Australia.
- Schloss, I.R., Ferreyra, G.A., González, O., Atencio, A., Fuentes, V., Tosonotto, G., Mercuri, G., Sahade, R., Tatián, M. y D. Abele. 2008. Long term hydrographic conditions and climate trends in Potter Cove. En: *Synopsis of research performed at the Dallmann-Laboratory and Jubany Station (Antarctica)*. Eds. Wiencke, C., Ferreyra, G.A., Abele, D. y S. Marensi. *Reports on Polar Research* 571: 382-389.
- Sergeant, D.E. 1973. Feeding, growth, and productivity of northwest Atlantic harp seals (*Pagophilus groenlandicus*). *Journal Fisheries Research Board Canada* 30: 17-29.
- Skinner, J.D. y N.T.W. Klages. 1994. On some aspects of the biology of the Ross seal *Ommatophoca rossi* from King Haakon VII Sea, Antarctica. *Polar Biology* 14: 467 – 472.
- Slip, D.J., Hindell, M.A. y H.R. Burton. 1994. Diving behaviour of southern elephant seals from Macquarie Island. En: *Elephant Seals: Population Ecology, Behaviour, and Physiology*. Eds. B.J. Le Boeuf y R.M. Laws. University of California Press, Berkeley, pp. 253-270.
- Slip, D.J. 1995. The diet of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) from Heard Island. *Canadian Journal of Zoology*, 73: 1519-1528.
- Smirnov, N. 1924. On the eastern harp seal. *Tromso Mus Aarsh* 47 (2): 89.

- Smith, S.J., Iverson, S.J. y W.D. Bowen. 1997. Fatty acid signatures and classification trees: new tools for investigating the foraging ecology of seals. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Science*, **54**: 1377-1386.
- Smith, T.M., Reynolds, R.W., Peterson, T.C. y J. Lawrimore. 2008. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006). *Journal of Climate* **21**: 2283-2296.
- Smith, S.C. y H. Whitehead. 2000. The diet of Galapagos sperm whales *Physeter macrocephalus* as indicated by fecal sample analysis. *Marine Mammal Science*, **16**: 315-325.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1995. *Biometry*. 3rd Ed. W. H. Freeman, New York.
- Tierney, M., Hindell, M., y S.D. Goldsworthy. 2002. Energy content of mesopelagic fish from Macquarie Island. *Antarctic Science* **14** (3): 225-230.
- Tollit, D.J., Steward, M., Thompson, P.M., Pierce, G.J., Santos, M.B. y S. Hughes. 1997. Species and size differences in the digestion of otoliths and beaks; implications for estimates of pinniped diet composition. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **54**:105-119.
- Tosh, C.A., Bornemann, H., Ramdohr, S., Schroder, M., Martin, T., Carlini, A., Plotz, J. y M.N. Bester. 2009. Adult male southern elephant seals from King George Island utilize the Weddell Sea. *Antarctic Science*, **21**(2): 113-121.
- Turner, J. 2004. The El Niño—Southern Oscillation and Antarctica. *International journal of Climatology* **24**: 1–31.
- Van den Hoff, J., Burton, H.R., Hindell, M.A., Sumner, M.D. y C.R. Mc Mahon. 2002. Migrations and foraging of juvenile southern elephant seals from Macquarie Island within CCAMLR managed areas. *Antarctic Science*, **14**: 134–145.
- Van Den Hoff, J. Burton, H. y R. Davies. 2003. Diet of male southern elephant seals (*Mirounga leonina* L.) hauled out at Vincennes Bay, East Antarctica. *Polar Biology* **26**: 27-31.
- Van den Hoff J. 2004. A comparative study of the cephalopod prey of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) and southern elephant seals (*Mirounga leonina*) near Macquarie Island. *Polar Biology* **27**: 604–612.

Vergani, D.F. y H.J. Spairani. 1980. elefante marino I. Estudio del crecimiento durante la lactancia del elefante marino del sur, *Mirounga leonina*. *Ccontribución del Instituto Antártico Argentino* 270: 93 -118.

Vergani, D.F. y Z. B. Stanganelli. 1990. Fluctuations in breeding populations of elephant seals, *Mirounga leonina*, at Stranger Point, King George Island, 1980-1988. En: *Antarctic Ecosystems, Ecological Change and Conservation*. Eds. Kerry, K. y G. Hempel. Springer Verlag: Berlin, pp. 241-245.

Vergani, D.F., Stanganelli, Z.B. y D. Bilenca. 2001. Weaning mass variation of southern elephant seals at King George Island and its possible relationship with "El Niño" and "La Niña" events. *Antarctic Science*, 13 (1): 37-40.

Wada, E., Mizutani, H. y M. Minagawa. 1991. The use of stable isotopes for food web analysis. *Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition*, 30: 361-371.

Wada, E., Caballa, Y. y Y. Kurihara. 1993. Stable isotopic structure of aquatic ecosystems. *Journal of Biosciences* 18: 483-499.

Walker, J.L. y S. A. Macko 1999. Dietary studies of marine mammals using stable carbon and nitrogen isotopic ratios of teeth. *Marine Mammal Science*, 15: 314-334

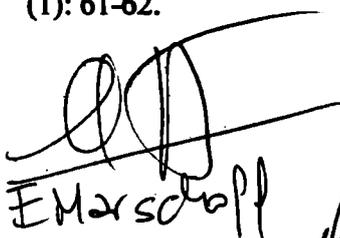
Werth, A. J. 2000. *Marine Mammals*. En *Feeding: Form, Function and Evolution in Tetrapod Vertebrates*. Ed. K. Schwenk. New York: Academic Press, pp. 475 -514.

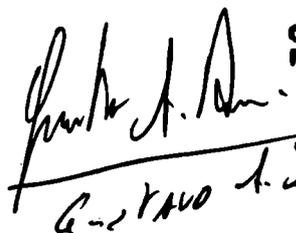
White, W.B. y R.G. Peterson. 1996. An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea-ice extent. *Nature* 380 :699-702.

Williams, R. y A. McEldowney. 1990. A guide to the fish otoliths from waters off the Australian Antarctic Territory, Heard and Macquarie Island. *ANARE Research*, notes 75, pp. 173.

Wilson, D.E. y D.M. Reeder. 1993. *Mammal species of the world*, Second edition. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Xavier, J.C., Rodhouse, P.G., Trathan P.N. y A.G.Wood 1999. A Geographical Information System (GIS) atlas of cephalopod distribution in the Southern Ocean. *Antarctic Science*, 11 (1): 61-62.


E. Marschall


Juan Carlos Xavier


Dr. LUCIANO J.M. DE SANTOS
Profesor Titular
Cátedra de Anatomía Comparada
Fac. Cs. Naturales y Museo U.N.L.P.

APENDICES

APENDICE 1

INTRODUCCION GENERAL Y

ECOLOGIA TROFICA

Núcleo	Localidad	Año de censo	Producción estimada crías	Porcentaje anual de la tasa de cambio	Período de cambio	Tendencias poblacionales
Georgias del Sur	Georgias del Sur	1995	113.444	0	1985-1995 -2008	Estable En aumento?
	Islas Orcadas del Sur	1985	<100	?	1948-1985	Incierto
	Bouvetoya	1998	89	?	—	Incierto
	Islas Malvinas	1960	aprox. 1000	?	—	Incierto
	Islas Sea Lion (Islas Malvinas)	2001	522	0	1989-2001	Estable
		2003	501	-10,9	2002-2003	Declinando?
	2007	532		1989-2007	Estable	
	Islas Gough	1998	18	-3,3	1975-1998	Declinando
	Isia Nelson (sólo Punta Duthoit)	1995	476	-5,7	1980-1995	Declinando
		1999	301	-6,0	1995-1999	Declinando
		2003	290-400	?	1999-2003	Fluctuante
		1985	106	?	—	Incierto
	Península Valdés	2003	50-135	?	1985-2003	Fluctuante
		1982	6.737	-5,1	1975-1982	En aumento
1988		13.655	-3,6	1982-1989	En aumento	
2001		14.510	-3,5	1982-2001	En aumento	
2003		3-84	?	1998-2005	Fluctuante	
1994		423	-4,3	1986-1994	Declinando	
1997		423	-2,5	1991-1997	Declinando	
Islas Kerguelen	2001	434	0	1984-2001	Estable	
	2005	453	-0,6	1984-2005	Estable	
	2007	516	-6,1	2005-2007	En aumento?	
	2004	130	-4,0	1977-2004	Declinando	
	1985	16.300	~-1,8	1949-1985	Declinando	
	1992	17.000 a 18.000	?	1985-1992	En aumento?	
	1977	45.000	-4,1	1970-1977	Declinando	
	1992	43.000	0	1984-1992	Estable?	
	1997	43.782	-1,1	1987-1997	Estable/En aumento?	
	1976	apox. 3000	-5,8	1966-1976	Declinando	
Islas Macquarie	1992	575	?	1980-1992	Decreciendo	
	1997	570	0	1990-1997	Estable	
	1985	24.000	-2,1	1949-1985	Declinando	
	1997	19.300	-1,4	1988-1997	Declinando	
	2003	22.200	-1,6	1997-2003	En aumento	
Islas Campbell	2004	20.374			Estable a en aumento	
	1986	5	-6,6	1947-1986	Declinando	
	1978	113	?	—	Incierto	

Tabla 1. Tamaño y tendencia poblacional estimados de los 3 stocks principales de *M. georgina*

Taxón	F.O.	%F.O.
Cefalópodos		
Octópodos	29	17,9
Teuthoideos	149	92,0
Peces	29	17,9
Gasterópodos	2	1,2
Bivalvos	4	2,5
Crustáceos	20	12,3
Briozoos	3	1,9
Ascidias	2	1,2
Poliquetos	1	0,6
Endoparásitos		
Nematodes	162	100,0
Acantocéfalos	2	1,2
Algas	15	9,3

TABLA 2.3.1. Frecuencia de ocurrencia absoluta (F.O.) y porcentual (%F.O.) de los diferentes taxones hallados en contenidos estomacales de *M. leonina* en Isla 25 de Mayo.

TAXON PRESA	F	% F	N	% N	M	% M	IRI	% IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	132	83,0	992	57,2	85690,5	61,4	9844,9	82,0
<i>Gonatus antarcticus</i>	13	8,2	28	1,6	4818,9	3,5	41,4	0,3
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	5	3,1	8	0,5	2926,6	2,1	8,0	0,1
<i>Kondakovia longimana</i>	13	8,2	28	1,6	12769,1	9,1	88,0	0,7
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	32	20,1	67	3,9	22865,6	16,4	407,4	3,4
<i>Chiroteuthis veranyi</i>	1	0,6	1	0,1	114,9	0,1	0,1	0,0
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	72	45,3	541	31,2	3737,3	2,7	1534,0	12,8
<i>Gaiteuthis glacialis</i>	11	6,9	19	1,1	1123,6	0,8	13,1	0,1
<i>Pareledone charcoti</i>	18	11,3	22	1,3	1923,3	1,4	30,0	0,2
<i>Pareledone turqueti</i>	17	10,7	26	1,5	3545,1	2,5	43,2	0,4
<i>Adelieledone polymorpha</i>	2	1,3	2	0,1	97,5	0,1	0,2	0,0
TOTAL	159		1734	100	139612,4	100	12010,4	100,0

Tabla 2.3.2. Composición taxonómica de los cefalópodos presa de *M. leonina*, sin distinción de categorías sexo-edad, expresada en términos de frecuencia de ocurrencia (F, %F), abundancia numérica (N,%N), biomasa (M gramos, %M) é índice de importancia relativa (IRI, %IRI) en valores absolutos y porcentuales.

TAXON	F	% F	N	% N	M	%M	IRI	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	12	63,2	30	57,7	1493,5	72,5	8224,3	80,6
<i>Gonatus antarcticus</i>	1	5,3	2	3,8	208,5	10,1	73,5	0,7
<i>Siosarctykovia circumantarctica</i>	9	47,4	16	30,8	101,6	4,9	1691,2	16,6
<i>Pareledone charcoti</i>	3	15,8	3	5,8	105,3	5,1	171,8	1,7
<i>Pareledone turqueti</i>	1	5,3	1	1,9	150,3	7,3	48,5	0,5
TOTAL			52	100,0	2059,2	100,0	10209,4	100,0

TABLA 2.3.3. Composición taxonómica de los cefalópodos presa de juveniles (≤ 2 años) de *M. leonina* expresada en términos de frecuencia de ocurrencia, (F, %F), abundancia numérica (N, %N), biomasa (M gramos, %M) e índice de importancia relativa (IRI) en valores absolutos y porcentuales.

TAXON	F	% F	N	% N	M	% M	IRI	% IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	82	88,2	807	56,9	69095,9	64,0	10658,5	80,7
<i>Gonatus antarcticus</i>	10	10,8	22	1,6	4059,3	3,8	57,1	0,4
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	3	3,2	5	0,4	2009,7	1,9	7,1	0,1
<i>Kondakovia longimana</i>	11	11,8	26	1,8	9808,3	9,1	129,1	1,0
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	19	20,4	53	3,7	17114,8	15,8	400,1	3,0
<i>Chiroteuthis veranyi</i>	1	1,1	1	0,1	114,9	0,1	0,2	0,0
<i>Siosarczykovia circumantarctica</i>	49	52,7	473	33,4	3278,9	3,0	1917,5	14,5
<i>Geliteuthis glacialis</i>	8	8,6	15	1,1	885,7	0,8	16,2	0,1
<i>Pareledone charcoti</i>	5	5,4	6	0,4	375,3	0,3	4,1	0,0
<i>Pareledone turqueti</i>	7	7,5	10	0,7	1268,2	1,2	14,1	0,1
TOTAL			1418	100	108010,9	100	13204,0	100,0

TABLA 2.3.4. Composición taxonómica de los cefalópodos presa de hembras de *M. leonina* expresada en términos de frecuencia de ocurrencia, (F, %F), abundancia numérica (N,%N), biomasa (M gramos, %M) e índice de importancia relativa (IRI) en valores absolutos y porcentuales.

TAXON	F	% F	N	% N	M	% M	IRI	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	29	78,4	137	59,8	11979,7	55,5	9035,2	84,8
<i>Gonatus antarcticus</i>	2	5,4	4	1,7	532,3	2,5	22,8	0,2
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	1	2,7	2	0,9	557,6	2,6	9,3	0,1
<i>Kondakovia longimana</i>	1	2,7	1	0,4	73,5	0,3	2,1	0,0
<i>Allioteuthis antarcticus</i>	7	18,9	13	5,7	5519,1	25,5	590,7	5,5
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	10	27,0	44	19,2	309,2	1,4	558,0	5,2
<i>Galiteuthis glacialis</i>	3	8,1	4	1,7	237,8	1,1	23,1	0,2
<i>Pareledone charcoti</i>	8	21,6	11	4,8	1682,4	7,8	272,2	2,6
<i>Pareledone turqueti</i>	6	16,2	12	5,2	642,6	3,0	133,2	1,3
<i>Adelleledone polymorpha</i>	1	2,7	1	0,4	69,8	0,3	2,1	0,0
TOTAL			229	100	21604,0	100,0	10648,7	100,0

TABLA 2.3.5. Composición taxonómica de los cefalópodos presa de machos juveniles (3-6 años) de *M. leonina* expresada en términos de frecuencia de ocurrencia (F, %F), abundancia numérica (N,%N), biomasa (M gramos, %M) e índice de importancia relativa (IRI, %IRI) en valores absolutos y porcentuales.

TAXON	F	% F	N	% N	M	% M	IRI	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	9	75,0	20	50,0	3195,8	39,1	6683,7	80,4
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	1	8,3	1	2,5	359,2	4,4	57,5	0,7
<i>Kondakovia longimana</i>	1	8,3	1	2,5	2887,3	35,3	315,3	3,8
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	1	8,3	1	2,5	231,7	2,8	44,5	0,5
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	1	8,3	8	20,0	47,8	0,6	171,5	2,1
<i>Galiteuthis glacialis</i>	1	8,3	1	2,5	58,2	0,7	26,8	0,3
<i>Pareledone charcoti</i>	3	25,0	3	7,5	827,7	10,1	440,8	5,3
<i>Pareledone turqueti</i>	4	33,3	4	10,0	534,9	6,5	551,6	6,6
<i>Adelleledone polymorpha</i>	1	8,3	1	2,5	27,7	0,3	23,7	0,3
TOTAL		22,2	40	100	8170,2	100,0	8315	100,0

TABLA 2.3.6. Composición taxonómica de los cefalópodos presa de machos subadultos/adultos (≥ 7 años) de *M. leonina* expresada en términos de frecuencia de ocurrencia (F, %F), abundancia numérica (N, %N), biomasa (M gramos, %M) e índice de importancia relativa (IRI, %IRI) en valores absolutos y porcentuales.

TAXON	A (Juv s/sex <3)				B (Hembras ≥3)				C (Machos Juv 3 - 6)				D (Machos subad/ad ≥ 7 años)			
	N	M±DS	Med	Rango	N	M±DS	Med	Rango	N	M±DS	md	Rango	N	M±DS	md	Rango
<i>P. glacialis</i>	30	122,6 ± 22,5	129,0	68,4 - 157,4	806	142,8 ± 41,8	135,0	61,0 - 368,0	135	136,7 ± 60,1	119,1	65,8 - 345,3	20	170,2 ± 77,4	131,9	81,2 - 329,0
<i>G. antarcticus</i>	2	166,7 ± 18,2		153,8 - 179,6	22	200,4 ± 39,3		110,9 - 261,0	4	177,5 ± 39,8		132,8 - 226,7				
<i>M. knipovitchi</i>					5	224,9 ± 39,4		179,2 - 261,3	2	163,4 ± 65,6		117,0 - 209,7	1	206,6		
<i>K. longimana</i>					26	287,5 ± 96,2		142,0 - 522,9	1	230,9			1	531,7		
<i>A. antarcticus</i>					53	139,5 ± 32,3	144,1	64,3 - 196,5	13	153,6 ± 24,2	149,9	123,9 - 202,6	1	126,5		
<i>C. veranyi</i>					1	141,0										
<i>S. circumantarctica</i>	16	66,8 ± 6,1	66,6	57,1 - 76,4	473	70,0 ± 7,4	71,603	50,6 - 91,8	44	70,5 ± 8,6	70,696	56,7 - 89,0	8	64,6 ± 4,2	64,238	58,3 - 71,6
<i>G. glacialis</i>					15	182,4 ± 11,6		167,2 - 202,2	3	163,6 ± 11,1		170,8 - 191,2	1	161,6		
<i>P. charcoti</i>	3	30,4 ± 2,1	29,6	28,9 - 32,8	6	38,9 ± 3,9	40,599	32,7 - 42,7	10	37,8 ± 9,2	36,205	27,4 - 50,5	3	43,1 ± 17,6	39,5	27,7 - 62,2
<i>P. turqueti</i>	1	59,9			10	53,5 ± 9,9	62,613	37,3 - 70,8	11	57,2 ± 10,0	56,823	34,3 - 72,5	4	54,6 ± 13,2	49,0	46,3 - 74,4
<i>A. polymorpha</i>									1	45,07			1	33,0		

TABLA 2.3.7. Cuadro comparativo de las tallas de los distintas especies de cefalopodos depredados por *M. leonina* según la categoría de sexo / edad de los ejemplares muestreados, expresado como número (N), media y desvío standard (M ±DS), mediana (Med) y rango.

1996				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	100,0	80,5	73,8	90,2
<i>Gonatus antarcticus</i>	30,0	3,8	5,2	1,6
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	10,0	1,1	3,7	0,3
<i>Kondakovia longimana</i>	20,0	2,6	4,5	0,8
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	50,0	4,9	11,9	4,9
<i>Chiroteuthis veranyi</i>	10,0	0,4	0,4	0,0
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	50,0	6,8	0,4	2,1
Total		100	100	100,0

1997				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	100,0	80,6	68,5	92,6
<i>Gonatus antarcticus</i>	20,0	3,7	7,2	1,4
<i>Kondakovia longimana</i>	30,0	7,4	12,5	3,7
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	20,0	1,9	8,9	1,3
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	20,0	5,6	0,4	0,7
<i>Pareledone turqueti</i>	10,0	0,9	2,5	0,2
Total		100	100	100,0

1998				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	85,7	29,8	58,2	57,6
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	7,1	0,3	2,1	0,1
<i>Kondakovia longimana</i>	7,1	0,3	7,9	0,4
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	21,4	1,3	16,8	2,9
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	64,3	66,4	11,8	38,4
<i>Galiteuthis glacialis</i>	14,3	1,8	2,8	0,5
<i>Pareledone charcoti</i>	7,1	0,3	0,6	0,0
Total		100	100	100,0

1999				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	77,8	41,2	46,7	62,0
<i>Gonatus antarcticus</i>	11,1	5,9	10,7	1,7
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	38,9	14,1	36,4	17,8
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	55,6	32,9	2,1	17,7
<i>Galiteuthis glacialis</i>	5,6	1,2	0,5	0,1
<i>Pareledone charcoti</i>	5,6	1,2	0,5	0,1
<i>Pareledone turqueti</i>	11,1	3,5	3,2	0,7
Total		100	100	100,0

2000				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	57,1	28,6	4,6	24,9
<i>Kondakovia longimana</i>	28,6	19,0	68,0	32,6
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	28,6	9,5	19,6	10,9
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	71,4	28,6	1,0	27,7
<i>Pareledone charcoti</i>	14,3	9,5	2,5	2,3
<i>Pareledone turqueti</i>	14,3	4,8	4,1	1,7
Total		100	100	100,0

Tabla 2.3.8. Variación interanual en la composición de la dieta de cefalópodos en hembras (≥ 3 años) de *M. Leonina* de Isla 25 de Mayo expresada como porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N), biomasa (%M), e índice importancia relativa (% IRI).

2001				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	85,7	62,5	78,0	83,4
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	71,4	25,0	2,0	13,4
<i>Gonatus antarcticus</i>	14,3	4,2	12,7	1,7
<i>Galiteuthis glacialis</i>	14,3	4,2	2,1	0,6
<i>Pareledone turqueti</i>	14,3	4,2	5,2	0,9
Total		100	100	100,0

2002				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	92,3	69,1	82,0	92,8
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	30,8	24,5	2,2	5,5
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	15,4	1,4	9,2	1,1
<i>Galiteuthis glacialis</i>	7,7	0,7	0,6	0,1
<i>Gonatus antarcticus</i>	7,7	0,7	0,7	0,1
<i>Kondakovia longimana</i>	7,7	0,7	1,9	0,1
<i>Pareledone charcoti</i>	7,7	0,7	0,6	0,1
<i>Pareledone turqueti</i>	7,7	2,2	2,7	0,3
Total		100	100	100,0

2003				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	100,0	62,1	60,7	80,9
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	64,3	29,7	3,4	14,0
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	21,4	4,5	18,3	3,2
<i>Galiteuthis glacialis</i>	21,4	1,3	1,2	0,4
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	7,1	0,3	2,2	0,1
<i>Gonatus antarcticus</i>	7,1	0,3	1,3	0,1
<i>Kondakovia longimana</i>	14,3	1,3	12,2	1,3
<i>Pareledone charcoti</i>	7,1	0,3	0,3	0,0
<i>Pareledone turqueti</i>	7,1	0,3	0,4	0,0
Total		100	100	100,0

Tabla 2.3.8. Continuación.

1996				
	% F	% n	% M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	100	52,2	70,3	88,7
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	16,7	21,7	1,5	2,8
<i>Adelieledone polymorpha</i>	16,7	4,3	2,3	0,8
<i>Pareledone charcoti</i>	33,3	8,7	7,1	3,8
<i>Pareledone turqueti</i>	16,7	13,0	18,8	3,8
TOTAL		78	100	100,0

1997				
	% F	% n	% M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	71,4	71,4	69,8	92,3
<i>Gonatus antarcticus</i>	14,3	14,3	21,0	4,6
<i>Kondakovia longimana</i>	14,3	7,1	4,1	1,5
<i>Pareledone charcoti</i>	14,3	7,1	5,2	1,6
TOTAL		100	100	100,0

1998				
	% F	% n	% M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	50,0	40,0	29,6	34,8
<i>Galiteuthis glacialis</i>	50,0	20,0	23,2	21,6
<i>Pareledone charcoti</i>	50,0	20,0	11,0	15,5
<i>Pareledone turqueti</i>	50,0	20,0	36,2	28,1
TOTAL		100	100	100,0

2000				
	% F	% n	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	75,0	35,7	22,0	51,4
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	25,0	7,1	7,7	4,4
<i>Kondakovia longimana</i>	25,0	7,1	62,3	20,6
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	25,0	35,7	0,6	10,8
<i>Pareledone turqueti</i>	50,0	14,3	7,3	12,8
TOTAL		100	100	100,0

2001				
	% F	% n	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	66,7	57,5	44,3	54,3
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	66,7	25,7	2,3	14,9
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	66,7	7,1	41,7	26,0
<i>Galiteuthis glacialis</i>	16,7	1,8	1,5	0,4
<i>Pareledone charcoti</i>	16,7	2,7	1,2	0,5
<i>Pareledone turqueti</i>	33,3	5,3	9,0	3,8
TOTAL		100	100	100,0

Tabla 2.3.9. Variación interanual en la composición de la dieta de cefalópodos en machos (≥ 3 años) de *M. Leonina* de Isla 25 de mayo expresada como porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N), biomasa (%M), e índice importancia relativa (% IRI).

2002				
	% F	% n	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	69,2	57,4	62,5	78,1
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	53,8	17,6	0,8	9,4
<i>Alluroteuthis antarcticus</i>	30,8	8,8	23,8	9,4
<i>Galiteuthis glacialis</i>	7,7	1,5	0,5	0,1
<i>Gonatus antarcticus</i>	7,7	2,9	1,7	0,3
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	7,7	2,9	6,1	0,7
<i>Pareledone charcoti</i>	15,4	5,9	1,8	1,1
<i>Pareledone turqueti</i>	15,4	2,9	2,7	0,8
TOTAL		100	100	100,0

2003				
	% F	% N	%M	%IRI
<i>Psychroteuthis glacialis</i>	100,0	66,7	71,6	90,3
<i>Slosarczykovia circumantarctica</i>	11,1	5,6	0,4	0,4
<i>Pareledone charcoti</i>	33,3	16,7	19,6	7,9
<i>Pareledone turqueti</i>	11,1	5,6	6,7	0,9
<i>Adelieledone polymorpha</i>	11,1	5,6	1,8	0,5
TOTAL		100	100	100,0

Tabla 2.3.9. Continuación.

Elefantes	SC	GL	CM	F	P
Años	0,00649	5	0,001298	3,97119285	0,0028
Sexos	4,00E-05	1	4,00E-05	0,122378824	0,72
Interacción	0,00167	5	0,000334	1,021863183	0,4
Anidamiento	2,91E-02	89	0,000326854	6,25	<0,00000001
Error (dentro)	4,31E-02	824	5,23E-05		
Total	8,04E-02	924	8,70E-05		

Tabla 2.3.10. Resultado del test ANOVA Anidado de 2 factores

SEXO MACHO 7 TEMPORADAS

AÑO	1996	1997	1998	2000	2001	2002	2003
1996		0,988909	0,781187	0,998775	0,015177	0,996090	0,071147
1997	0,988909		0,954138	0,933231	0,335934	0,999893	0,543119
1998	0,781187	0,954138		0,659490	1,000000	0,882231	1,000000
2000	0,998775	0,933231	0,659490		0,068544	0,953962	0,129328
2001	0,015177	0,335934	1,000000	0,068544		0,000670	0,999999
2002	0,996090	0,999893	0,882231	0,953962	0,000670		0,039730
2003	0,071147	0,543119	1,000000	0,129328	0,999999	0,039730	

Tabla 2.3.11. Análisis post hoc (scheffé test) de comparación de tallas medias de *P. glacialis* depredados por machos (≥ 3 años).

SEXO HEMBRA 8 TEMPORADAS

AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1996		0,000001	0,000001	0,990660	0,011498	0,432907	0,992152	0,000000
1997	0,000001		0,999970	0,229501	0,643604	0,999991	0,003808	0,272625
1998	0,000001	0,999970		0,326920	0,545824	1,000000	0,005873	0,039310
1999	0,990660	0,229501	0,326920		0,084077	0,912979	0,999995	0,000145
2000	0,011498	0,643604	0,545824	0,084077		0,677814	0,035380	0,959426
2001	0,432907	0,999991	1,000000	0,912979	0,677814		0,747520	0,862062
2002	0,992152	0,003808	0,005873	0,999995	0,035380	0,747520		0,000000
2003	0,000000	0,272625	0,039310	0,000145	0,959426	0,862062	0,000000	

Tabla 2.3.12. Análisis post hoc (scheffé test) de comparación de tallas medias de *P. glacialis* depredados por hembras (≥ 3 años)

TAXON	F	% F	N	% N	M	% M	IRI	% IRI
MYCTOPHIDAE								
<i>Gymnoscopelus nicholsi</i>	13	81,3	147	73,9	2435,2	66,4	11397,9	93,0
<i>Electrona antarctica</i>	4	25,0	9	4,5	40,8	1,1	140,9	1,1
Indet. Myctophidae	3	18,8	8	4,0				
NOTOTHENIIDAE								
<i>Pleuragramma antarcticum</i>	4	25,0	18	9,0	201,0	5,5	363,2	2,9
<i>Gobionotothen gibberifrons</i>	2	12,5	6	3,0	478,5	13,1	200,8	1,6
Indet. Nototheniidae	2	18,2	2	1,0				
CHANNICHTHYIDAE								
<i>Chionodraco rastrospinosus</i>	2	12,5	3	1,5	211,4	5,8	90,9	0,7
<i>Chionodraco myersi</i>	1	6,3	3	1,5	268,1	7,3	55,1	0,4
<i>Dacodraco hunteri</i>	1	6,3	1	0,5	31,7	0,9	8,5	0,1
Indet. Channichthyidae	1	6,3	2	1,0				
TOTAL			199	100,0	3666,8	100,00	12257,4	100,0

Tabla 2.3.13. Peces presa identificados a partir de los otolitos recuperados de los estómagos de ejemplares de *M. leonina** muestreados en Isla 25 de Mayo, expresados en términos de frecuencia de ocurrencia (F, %F), número (N, %N) biomasa (M, %M) e índice de importancia relativa (IRI, %IRI) en valores absolutos y porcentuales. * Sin distinción de sexos.

TAXON	F	% F	N	% N	M	%M	IRI	%IRI
MYCTOPHIDAE								
<i>Gymnoscopelus nicholsi</i>	10	90,9	141	78,8	2308,7	76,8	14145,7	95,1
<i>Electrona antarctica</i>	3	27,3	6	3,4	26,1	0,9	115,1	0,8
Indet. Myctophidae	2	18,2	6	3,4				
NOTOTHENIIDAE								
<i>Pleuragramma antarcticum</i>	3	27,3	15	8,4	158,8	5,3	372,7	2,5
Indet. Nototheniidae	2	18,2	2	1,1				
CHANNICHTHYIDAE								
<i>Chionodraco rastrospinosus</i>	2	18,2	3	1,7	211,4	7,0	158,4	1,1
<i>Chionodraco myersi</i>	1	9,1	3	1,7	268,1	8,9	96,4	0,6
<i>Dacodraco hunteri</i>	1	9,1	1	0,6	31,7	1,1	14,7	0,1
Indet. Channichthyidae	1	9,1	2	1,1				
TOTAL			179	100,0	3004,8	100,0	14902,9	100

Tabla 2.3.14. Peces presa identificados a partir de otolitos extraídos de los contenidos estomacales de ejemplares hembra de *M. leonina* expresado en términos de frecuencia de ocurrencia (F, %F), abundancia numérica (N, % N), biomasa (M gr.; %M) e índice de importancia relativa (IRI, %IRI) en valores absolutos y porcentuales.

TAXON	F	% F	N	% N	M	%M	IRI	%IRI
MYCTOPHIDAE								
<i>Gymnoscopelus nicholsi</i>	3	60,0	6,0	31,6	126,6	19,1	3041,9	55,9
<i>Electrona antarctica</i>	1	20,0	3,0	15,8	14,7	2,2	360,2	6,6
Indet. Myctophidae	1	9,1	2,0	10,5				
NOTOTHENIIDAE								
<i>Pleuragramma antarcticum</i>	1	9,1	2,0	10,5	42,2	6,4	153,7	2,8
<i>Gobionotothen gibberifrons</i>	2	18,2	6,0	31,6	478,5	72,3	1888,3	34,7
TOTAL			19	100	662,06	100,0	5444,1	100,0

Tabla 2.3.15 Peces presa identificados a partir de otolitos extraídos de los contenidos estomacales de ejemplares macho de *M. leonina* expresado en términos de frecuencia de ocurrencia (F, %F), abundancia numérica (N, % N), biomasa (M gr.; %M) e índice de importancia relativa (IRI, %IRI) en valores absolutos y porcentuales.

Taxón presa	año	sexo	frecuencia
<i>P. glacialis</i>	1996	Hembra	10
<i>S. circumantarctica</i>	1996	Hembra	5
<i>A. antarcticus</i>	1996	Hembra	5
<i>G. antarcticus</i>	1996	Hembra	3
<i>G. glacialis</i>	1996	Hembra	0
<i>K. longimana</i>	1996	Hembra	2
<i>M. knipovitchi</i>	1996	Hembra	1
<i>A. polymorpha</i>	1996	Hembra	0
<i>Pareledone spp.</i>	1996	Hembra	0
Peces	1996	Hembra	1
<i>P. glacialis</i>	1996	Macho	6
<i>S. circumantarctica</i>	1996	Macho	1
<i>A. antarcticus</i>	1996	Macho	0
<i>G. antarcticus</i>	1996	Macho	0
<i>G. glacialis</i>	1996	Macho	0
<i>K. longimana</i>	1996	Macho	0
<i>M. knipovitchi</i>	1996	Macho	0
<i>A. polymorpha</i>	1996	Macho	1
<i>Pareledone spp.</i>	1996	Macho	2
Peces	1996	Macho	0
<i>P. glacialis</i>	1997	Hembra	10
<i>S. circumantarctica</i>	1997	Hembra	2
<i>A. antarcticus</i>	1997	Hembra	2
<i>G. antarcticus</i>	1997	Hembra	2
<i>G. glacialis</i>	1997	Hembra	0
<i>K. longimana</i>	1997	Hembra	3
<i>M. knipovitchi</i>	1997	Hembra	0
<i>A. polymorpha</i>	1997	Hembra	0
<i>Pareledone spp.</i>	1997	Hembra	1
Peces	1997	Hembra	4
<i>P. glacialis</i>	1997	Macho	5
<i>S. circumantarctica</i>	1997	Macho	0
<i>A. antarcticus</i>	1997	Macho	0
<i>G. antarcticus</i>	1997	Macho	1
<i>G. glacialis</i>	1997	Macho	0
<i>K. longimana</i>	1997	Macho	1
<i>M. knipovitchi</i>	1997	Macho	0
<i>A. polymorpha</i>	1997	Macho	0
<i>Pareledone spp.</i>	1997	Macho	1
Peces	1997	Macho	0

Tabla 2.3.16 Tabla de contingencia con las variables a partir de las cuales se realizó el test log lineal de frecuencias.

Taxón presa	año	sexo	frecuencia
<i>P. glacialis</i>	1998	Hembra	12
<i>S. circumantarctica</i>	1998	Hembra	9
<i>A. antarcticus</i>	1998	Hembra	3
<i>G. antarcticus</i>	1998	Hembra	0
<i>G. glacialis</i>	1998	Hembra	2
<i>K. longimana</i>	1998	Hembra	1
<i>M. knipovitchi</i>	1998	Hembra	1
<i>A. polymorpha</i>	1998	Hembra	0
<i>Pareledone</i> spp.	1998	Hembra	1
Peces	1998	Hembra	3
<i>P. glacialis</i>	1998	Macho	1
<i>S. circumantarctica</i>	1998	Macho	0
<i>A. antarcticus</i>	1998	Macho	0
<i>G. antarcticus</i>	1998	Macho	0
<i>G. glacialis</i>	1998	Macho	1
<i>K. longimana</i>	1998	Macho	0
<i>M. knipovitchi</i>	1998	Macho	0
<i>A. polymorpha</i>	1998	Macho	0
<i>Pareledone</i> spp.	1998	Macho	2
Peces	1998	Macho	0
<i>P. glacialis</i>	2000	Hembra	4
<i>S. circumantarctica</i>	2000	Hembra	5
<i>A. antarcticus</i>	2000	Hembra	2
<i>G. antarcticus</i>	2000	Hembra	0
<i>G. glacialis</i>	2000	Hembra	0
<i>K. longimana</i>	2000	Hembra	2
<i>M. knipovitchi</i>	2000	Hembra	0
<i>A. polymorpha</i>	2000	Hembra	0
<i>Pareledone</i> spp.	2000	Hembra	1
Peces	2000	Hembra	1
<i>P. glacialis</i>	2000	Macho	3
<i>S. circumantarctica</i>	2000	Macho	1
<i>A. antarcticus</i>	2000	Macho	0
<i>G. antarcticus</i>	2000	Macho	0
<i>G. glacialis</i>	2000	Macho	0
<i>K. longimana</i>	2000	Macho	1
<i>M. knipovitchi</i>	2000	Macho	1
<i>A. polymorpha</i>	2000	Macho	0
<i>Pareledone</i> spp.	2000	Macho	2
Peces	2000	Macho	1
<i>P. glacialis</i>	2001	Hembra	6
<i>S. circumantarctica</i>	2001	Hembra	5
<i>A. antarcticus</i>	2001	Hembra	0
<i>G. antarcticus</i>	2001	Hembra	1
<i>G. glacialis</i>	2001	Hembra	1
<i>K. longimana</i>	2001	Hembra	0
<i>M. knipovitchi</i>	2001	Hembra	0
<i>A. polymorpha</i>	2001	Hembra	0
<i>Pareledone</i> spp.	2001	Hembra	1
Peces	2001	Hembra	0
<i>P. glacialis</i>	2001	Macho	4
<i>S. circumantarctica</i>	2001	Macho	4
<i>A. antarcticus</i>	2001	Macho	4
<i>G. antarcticus</i>	2001	Macho	0
<i>G. glacialis</i>	2001	Macho	1
<i>K. longimana</i>	2001	Macho	0
<i>M. knipovitchi</i>	2001	Macho	0
<i>A. polymorpha</i>	2001	Macho	0
<i>Pareledone</i> spp.	2001	Macho	2
Peces	2001	Macho	1

Tabla 2.3.16 . Continuación.

Taxón presa	año	sexo	frecuencia
<i>P. glacialis</i>	2002	Hembra	12
<i>S. circumantarctica</i>	2002	Hembra	4
<i>A. antarcticus</i>	2002	Hembra	2
<i>G. antarcticus</i>	2002	Hembra	1
<i>G. glacialis</i>	2002	Hembra	1
<i>K. longimana</i>	2002	Hembra	1
<i>M. knipovitchi</i>	2002	Hembra	0
<i>A. polymorpha</i>	2002	Hembra	0
<i>Pareledone spp.</i>	2002	Hembra	1
Peces	2002	Hembra	4
<i>P. glacialis</i>	2002	Macho	9
<i>S. circumantarctica</i>	2002	Macho	7
<i>A. antarcticus</i>	2002	Macho	4
<i>G. antarcticus</i>	2002	Macho	1
<i>G. glacialis</i>	2002	Macho	1
<i>K. longimana</i>	2002	Macho	0
<i>M. knipovitchi</i>	2002	Macho	1
<i>A. polymorpha</i>	2002	Macho	0
<i>Pareledone spp.</i>	2002	Macho	4
Peces	2002	Macho	2
<i>P. glacialis</i>	2003	Hembra	14
<i>S. circumantarctica</i>	2003	Hembra	9
<i>A. antarcticus</i>	2003	Hembra	3
<i>G. antarcticus</i>	2003	Hembra	1
<i>G. glacialis</i>	2003	Hembra	3
<i>K. longimana</i>	2003	Hembra	2
<i>M. knipovitchi</i>	2003	Hembra	1
<i>A. polymorpha</i>	2003	Hembra	0
<i>Pareledone spp.</i>	2003	Hembra	1
Peces	2003	Hembra	3
<i>P. glacialis</i>	2003	Macho	9
<i>S. circumantarctica</i>	2003	Macho	1
<i>A. antarcticus</i>	2003	Macho	0
<i>G. antarcticus</i>	2003	Macho	0
<i>G. glacialis</i>	2003	Macho	0
<i>K. longimana</i>	2003	Macho	0
<i>M. knipovitchi</i>	2003	Macho	0
<i>A. polymorpha</i>	2003	Macho	1
<i>Pareledone spp.</i>	2003	Macho	3
Peces	2003	Macho	3

Tabla 2.3.16 . Continuación.

Variables	Grados de libertad	Asoc. Parcial Chi ^2	Asoc. Parcial P	Asoc. Marg. Chi ^2	Asoc. Marg. P
1	9	195,6174	0,000000	195,6174	0,000000
2	8	16,5963	0,010891	16,5963	0,010891
3	1	21,2243	0,000004	21,2243	0,000004
12	54	40,1182	0,920069	40,2896	0,917038
13	9	14,4405	0,107497	14,6120	0,102162
23	6	18,8225	0,004474	18,9943	0,004173

Tabla 2.3.17 Resultados del test log lineal de frecuencias. 1. taxon presa, 2. año 3. sexo 12,13,23. interacción entre los factores o variables mencionadas.

Taxón presa	Categoría sexo/edad relativa													
	JUV <3				HEM ≥3				JUV ≥3 ≤6				ADULTOS	
	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F	F	%F
<i>P. glacialis</i>	12	63,2	82	87,2	28	77,8	9	69,2						
<i>S. circumantarctica</i>	9	47,4	49	52,1	10	27,8	4	30,8						
<i>A. antarcticus</i>	0	0,0	25	26,6	7	19,4	1	7,7						
<i>G. antarcticus</i>	1	5,3	10	10,6	2	5,6	0	0,0						
<i>G. glacialis</i>	0	0,0	8	8,5	2	5,6	1	7,7						
<i>M. knipovitchi</i>	0	0,0	2	2,1	1	2,8	1	7,7						
<i>K. longimana</i>	0	0,0	11	11,7	1	2,8	1	7,7						
<i>C. veranyi</i>	0	0,0	1	1,1	0	0,0	0	0,0						
Octopoda	4	21,1	9	9,6	10	27,8	6	46,2						
Peces	2	10,5	20	21,3	3	8,3	4	30,8						

Tabla 2.3.18. Tabla de contingencia de las 4 categorías sexo/edad de los elefantes y los 10 taxones presa principales con sus respectivas frecuencias c
ocurrencia absoluta (F) y porcentual (%F).

Dimensión	Singular	Eigenvalores	% Inercia	% acumulativo inercia	Chi ²
1	0,259023	0,067093	65,78613	65,7861	22,54314
2	0,143993	0,020734	20,33014	86,1163	6,96659
3	0,118994	0,014159	13,88373	100,0000	4,75758

Tabla 2.3.19. Eigenvalores e inercia para todas las dimensiones extraídas a partir de la tabla de contingencia
Inercia Total=,10199 Chi²=34,267 df=27 p=,15855.

	1999/2000	2001/02	2002/03	Periodo Total
ítem	% F. oc.	% F. oc.	% F. oc.	% F. oc.
Crustáceos	7,1	15,8	11,5	11,5
Pingüinos	21,4	10,5	19,2	17,1
Nematodos	50,0	73,7	57,7	60,5
Acantocéfalos	71,4	78,9	76,9	75,8
Algas	42,9	57,9	46,2	49,0
Pelos	50,0	36,8	34,6	40,5
Peces	0,0	5,3	3,8	3,0
Cefalópodos	0,0	2,6	0,0	0,9
Moluscos	7,1	15,8	3,8	8,9
Piedras	35,7	63,2	23,1	40,6

Tabla 2.3.20. Frecuencia de ocurrencia (% F. Oc.) de los diferentes remanentes hallados en las fecas de *M. leonina* colectadas en distintas temporadas en Isla 25 de Mayo.

	25 de Mayo (1)	Orcadas del Sur (2)	Georgias del Sur (3)	Heard (4)	Macquarie (4)	Heard (5)	Macquarie (6)
% F	83,0	64,5	80	30,5	9,2	39,0	34,5
% N	57,2	28	33,7	12,8	0,8	21,0	2,9
% M	61,4	9,7	15,4	7,7	0,7	6,2	s/datos

Tabla 2.4.1. Contribución del calamar *Psychroteuthis glacialis* a la dieta de cefalópodos de *M. leonina* en distintas localidades expresada en términos de frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N) y masa (%M). (1) Presente estudio, (2) Clarke y MacLeod (1982a), (3) Rodhouse et al 1992, (4) Green y Burton (1993), (5) Slip (1995), (6) Field et al. (2007).

Taxon presa	Isla 25 de Mayo(1)			Georgias del sur (2)			Orcadas del sur (3)			Heard (4)			Vincennes Bay (5)		
	LRI/LCI (Rango) Moda	LM eq Moda	LM eq	LRI/LCI (Rango) Moda	LM eq Moda	LM eq	LRI/LCI (Rango) Moda	LM eq Moda	LM eq	LRI/LCI (Rango) Moda	LM eq Moda	LM eq	LRI/LCI (Rango) Moda	LM eq Moda	LM eq
<i>P. glacialis</i>	4,0 - 4,5 (1,8 - 7,7)	165,3	165,0	4,0 - 4,5 (1,7 - 4,9)	165,0	-	-	-	-	-	162,0	-	-	-	-
<i>S. circumantarctica</i>	2,5 - 3,0 (1,7 - 3,7)	71,8	81,0	3,0 - 3,5 (1,7 - 4,3)	81,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. antarcticus</i>	4,0 - 4,5 (2,1 - 6,6)	130,1	145,0	4,5 - 5,0 (2,4 - 6,2)	145,0	6,0 #	-	-	6,0 #	-	153,0	-	-	-	-
<i>G. antarcticus</i>	5,0 - 5,5 (3,6 - 7,1)	181,7	139,0	4,0 - 4,5 (3,2 - 6,4)	139,0	-	-	-	-	-	128,0	-	-	-	-
<i>K. longimana</i>	6,5 - 7,0 (4,7 - 13,5)	233,1	144,0 277,0	4,5 - 5,0 (2,7 - 15,8)	144,0 277,0	11,8 #	-	-	11,8 #	-	354,0	-	-	-	-
<i>M. knipovitchi</i>	5,5 - 6,0 (4,6 - 6,2)	237,1	237,0	5,5 - 6,0 (3,4 - 9,6)	237,0	-	-	-	-	-	232,0	-	-	-	-
<i>G. glacialis</i>	4,0 - 4,5 (3,8 - 4,7)	185,5	-	-	-	2,6 #	-	-	2,6 #	-	-	-	-	-	-
<i>C. veranyi</i>	5,3 #	141,0	-	(3,7 - 5,9)	-	-	-	-	-	-	106,0	-	-	-	-
<i>P. charcoti</i>	3,5 - 4,0 (2,2 - 6,3)	40,8	-	(3,0 - 4,1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. turqueti</i>	4,5 - 5,0 (3,0 - 7,7)	49,2 57,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. polymorpha</i>	2,1 - 3,0	-	-	(1,8 - 3,0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 2.4.2. Tallas de cefalópodos presa (mm) hallados en estómagos de *M. leonina* (expresados como moda y/o rangos) en 5 localidades diferentes. LRI: Long rostral inferior LCI: long capuchon inferior, LM: longitud de manto. # corresponde a un solo pico.

Taxon	LR/LCI Moda (Rango)	LM modal	LM max.	Distribución geográfica y batimétrica
PSYCHROTEUTHIDAE <i>Psychroteuthis glacialis</i>	4,0 - 4,5 (1,8 - 7,7)	120 - 140	440	Especie circumpolar y muy abundante al Sur del Frente Polar Antártico hasta las costas del continente Antártico. Capturada en redes de arrastre bentopelágicas y de fondo a lo largo del talud de la plataforma continental antártica a profundidades de 200 a 900 mts.
BRACHIOTEUTHIDAE <i>Slosarczykovia</i> circumantartica	2,5 - 3,0 (1,7 - 3,7)	70 - 75	150	Especie de distribución circumpolar y de presencia común en aguas abiertas, principalmente en la capa superior de la columna de agua, cercana a la superficie, aunque pueden alcanzar los 250 m de profundidad. Frecuentemente capturada incidentalmente en redes de arrastre de krill.
NEOTEUTHIDAE <i>Alluroteuthis antarcticus</i>	4,0 - 4,5 (2,1 - 6,6)	120 - 140	280	Circumpolar al sur del FPA desde aguas superficiales hasta profundidades de 2800 mts.
GONATIDAE <i>Gonatus antarcticus</i>	5,0 - 5,5 (3,6 - 7,1)	160 - 200	345	Asociada principalmente al sector Atlántico del Océano Austral. Común al sur del FPA aunque también se extiende hacia el norte hasta la Convergencia Subtropical. Se halla principalmente en los 250 m superiores de la columna de agua aunque llega hasta 900mts.
ONYCOTEUTHIDAE <i>Kondakovia longimana</i>	6,5 - 7,0 (4,7 - 13,5)	220 - 240	900	Circumpolar. En el Sector Atlántico del Océano Austral desde el FPA hasta los 65°S. Amplio rango de profundidades, Epi a batipelágico desde la superficie hasta los 2000 mts.
<i>Moroteuthis knipovitchi</i>	5,5 - 6,0 (4,6 - 6,2)	200 - 250	350	Circumpolar al sur del FPA, tanto oceánica como asociada a grupos de islas como las del Arco Scotia. Epi y mesopelágica a profundidades de 400 hasta 800 mts aproximadamente.
CRANCHIIDAE <i>Galiteuthis glacialis</i>	4,0 - 4,5 (3,8 - 4,7)	175 - 190	500	Circumpolar y endémica del Océano Austral al sur del FPA y sólo en forma esporádica al norte del Frente. Distribución batimétrica epi a batipelágica hallándose desde aguas cercanas a la superficie hasta los 2000 mts de profundidad.
CHIROTEUTHIDAE <i>Chiroteuthis veranyi</i>	5,3#	141	120	Especie poco conocida y de ocurrencia ocasional en aguas asociadas al FPA y también a aguas subantárticas.

OCTOPODIDAE <i>Pareledone charcoti</i>	3,5 – 4,0 (2,2 – 6,3)	40 - 42	75	Circumpolar al sur del FPA, euribática. Desde la zona litoral hasta los 800 mts de profundidad. (Plataforma y talud superior).
<i>Pareledone turqueti</i>	5,0 – 6,0 (3,0 – 7,7)	50 - 60	100	Circumpolar al sur del FPA, euribática. Litoral hasta 650 mts profundidad. Plataforma y talud)
<i>Adelieledone polymorpha</i>	2,1 – 3,0	33 – 45,1	95	Endémica. Circumpolar al sur del FPA, euribática. Litoral hasta 850 mts profundidad.

Tabla 2.4.3. Clases modales y rangos de tamaño de picos y su longitud de manto equivalente (mm) de los diferentes cefalópodos presa de *M. leonina* de isla 25 de Mayo, extraídos mediante lavaje estomacal con información asociada sobre máxima talla reportada para cada especie como así también distribución batimétrica y geográfica. (Okutani y Clarke 1985, Fischer y Hureau 1988, Rodhouse *et al.* 1992, Collins y Rodhouse 2006). **LRI:** longitud rostral inferior (teuthoideos). **LCI:** longitud capuchón inferior (oñtópodos). **LM:** Longitud del manto dorsal.

FAMILIA	Heard (1)	Heard (2)	Macquarie (1)	25 de Mayo (3)
MYCTOPHIDAE	59,3	77,7	87,8	82,4
NOTOTHENIIDAE	31,4	22,3	0,0	13,1
CHANNICHTHYIDAE	9,3	0,0	0,0	4,5
BATHYLAGIDAE	0,0	0,0	12,2	0,0
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabla 2.4.4: Composición taxonómica comparativa a nivel familia del componente peces en la dieta de *M. leonina* en diferentes localidades estudiadas (1) Green & Burton (1993), (2) Slip (1995), (3) presente estudio.

Taxon presa CEFALÓPODOS	<i>M. leonina</i>		<i>L. weddelli</i>		<i>A. gazella</i>	
	Isla 25 de Mayo (1) Shetland del Sur LR/LCI (Rango) Moda	Isla Signy (2) Orcadas del Sur LR/LCI (Rango) Moda	Bahia Esperanza (3) Península Antártica LR/LCI (Rango) Moda	Isla Laurie (4) Orcadas del Sur LR/LCI (Rango) Moda	Isla 25 de Mayo (4) Shetland del Sur LR/LCI (Rango) Moda	
<i>P. glacialis</i>	4,0 - 4,5 (1,8 - 7,7)	4,5 - 6,0 (2,7 - 7,1)	(3,0 - 4,5)	- (1,0 - 2,5)	- (2,0 - 3,5)	
<i>S. circumantarctica</i>	2,5 - 3,0 (1,7 - 3,7)	- (3,3 - 3,5)		- (2,0 - 3,5)	- (3,0 - 3,5)	
<i>A. antarcticus</i>	4,0 - 4,5 (2,1 - 6,6)	- (4,0 - 6,5)				
<i>G. antarcticus</i>	5,0 - 5,5 (3,6 - 7,1)	(6,3 - 6,7)				
<i>K. longimana</i>	6,5 - 7,0 (4,7 - 13,5)	(7,9 - 8,1)				
<i>M. knipovitchi</i>	5,5 - 6,0 (4,6 - 6,2)	6,0 - 6,5 (5,4 - 6,8)	-			
<i>P. charcoti</i>	3,5 - 4,0 (2,2 - 6,3)	7,5 - 8,0 (3,8 - 10,5) #	(1,6 - 7,1)			
<i>P. turqueti</i>	4,5 - 6,0 (3,0 - 7,7)	-	(2,1 - 7,8)			
<i>A. polymorpha</i>	(2,1 - 3,0)		(1,6 - 3,5)			

TABLA 2.4.5. Tallas de cefalópodos presa (mm) de *M. leonina*, *L. weddelli* y *A. gazella* (expresados como moda y/o rangos) en diferentes localidades del Océano Austral. LR: Long rostral inferior LCI: long capuchon inferior, LM: longitud de manto. # identificados como *Pareledone* sp. 1. este estudio 2. Clarke y Macleodd (1982) 3. Daneri et al (2008) 4. Daneri et al. (1999)

Taxon presa PECES	<i>M. leonina</i>		<i>L. weddelli</i>		<i>A. gazella</i>	
	Isla 25 de Mayo (1) Shetlands del Sur MEDIA \pm SD (Rango)	Isla Nelson (2) Shetlands del sur MEDIA \pm SD (Rango)	Bahia Esperanza (3) Peninsula Antártica MEDIA \pm SD (Rango)	Isla 25 de Mayo (4) Shetlands del sur MEDIA \pm SD (Rango)	Isla Decepción (5) Shetlands del Sur MEDIA \pm SD (Rango)	
Myctophidae <i>Gymnoscopelus nicholsi</i>	139,3 \pm 12,2 (95,3 - 168,8)	161,0 \pm 16,0 (77,0 - 195,0)		133,6 \pm 7,6 (115,1 - 152,9)	146,1 \pm 23,0 (65,0 - 199,1)	
<i>Electrona antarctica</i>	86,3 \pm 9,3 (73,5 - 101,7)	71,0 \pm 8,0 (33,0 - 86,0)		77,4 \pm 7,5 (57,5 - 95,0)	59,0 \pm 9,1 (35,1 - 83,3)	
Notthenilidae <i>Pleuragramma antarcticum</i>	132,7 \pm 44,3 (90,7 - 226,2)	-	145,6 \pm 31,3 (44,7 - 256,6)	137,6 \pm 12,1 (119,0 - 168,8)	159,1 \pm 29,1 (69,9 - 208,0)	

TABLA 2.4.6. Tallas de peces presa (mm) de *M. leonina*, *L. weddelli* y *A. gazella* (expresados como longitud standard) en diferentes localidades del Océano Austral. 1. Este estudio 2. Casaux et al. (1997) 3. Daneri et al. (2007) 4. Daneri y Carlini (1996) 5. Casaux et al. (2003).

Taxón objetivo	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03
CRUSTACEOS								
Euphausiidae								
<i>E. superba</i>								
48.1	61964	48843	56575	38895	71977	46778	10646	35377
48.2	2734	99	6673	62077	16891	4981	72060	15427
PECES								
Myctophidae								
48.1	-	-	-	-	-	-	-	-
48.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Nototheniidae								
<i>N. gibberifrons</i>								
48.1	-	-	-	-	-	2	-	-
48.2	-	-	-	5	-	-	-	-
Channichthyidae								
<i>C. rastrispinosus</i>								
48.1	-	-	-	-	-	1	-	-
48.2	-	-	-	1	-	-	-	-
MOLUSCOS								
Octopoda								
48.1	-	-	-	-	-	-	-	-
48.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Teuthoidea								
48.1	-	-	-	-	-	-	-	-
48.2	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2.4.7. Captura en toneladas por taxon objetivo y área/subárea en forma coincidente con el período de muestreo del presente estudio. Cada temporada se extiende de julio a junio de cada año. Sólo se hace referencia a aquellos taxones presa identificados en la dieta de *M.leonina* de Isla 25 de Mayo. Fuente CCAMLR (2008)

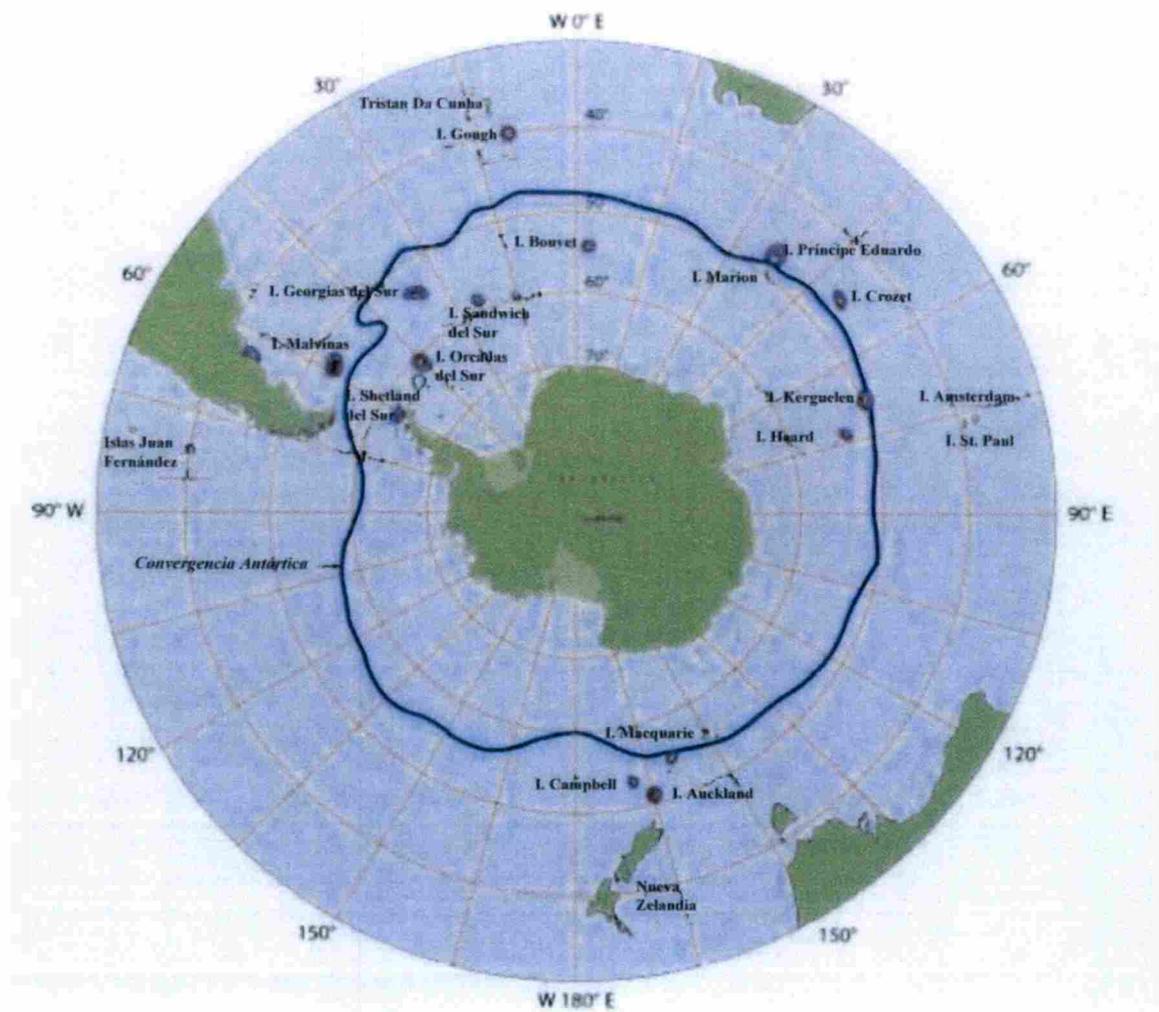


Fig. 1.1. Distribución geográfica de *Mirounga leonina* indicando sus principales asentamientos reproductivos (puntos violetas).

a.



b.



c.



Fig 1.2. a) hembras amamantando a sus cachorros b) macho adulto dominante c) cría de 1 año.



Fig. 1.3. Elefante marino en cautiverio en el que se puede observar la gran flexibilidad de la columna vertebral.



Fig. 1.4. Secuencia fotográfica de hembra parturienta dando a luz a su cachorro el que puede observarse aún envuelto en la bolsa placentaria.



Fig. 1.5. Harenes en el área de estudio durante la temporada reproductiva en los que se pueden observar machos adultos y hembras con sus cachorros lactantes.



a



b

**Fig. 1.6. Proceso de muda en distintas etapas. a) machos juveniles y subadultos
b) hembras**

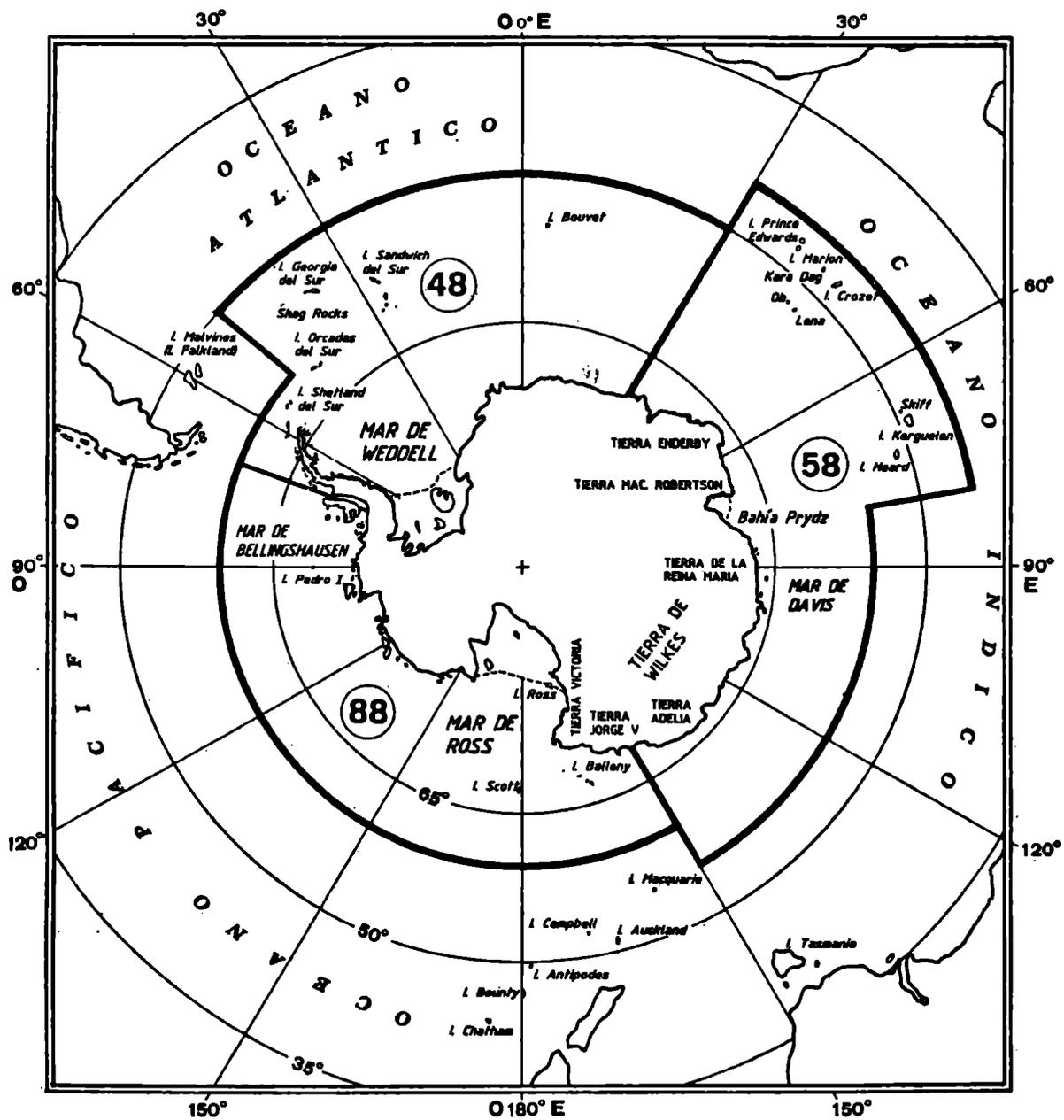


Fig. 2.1.1. Mapa del Océano Austral en el que se indican las tres principales áreas de la Convención para la conservación de los recursos vivos marinos antárticos CCRVMA.

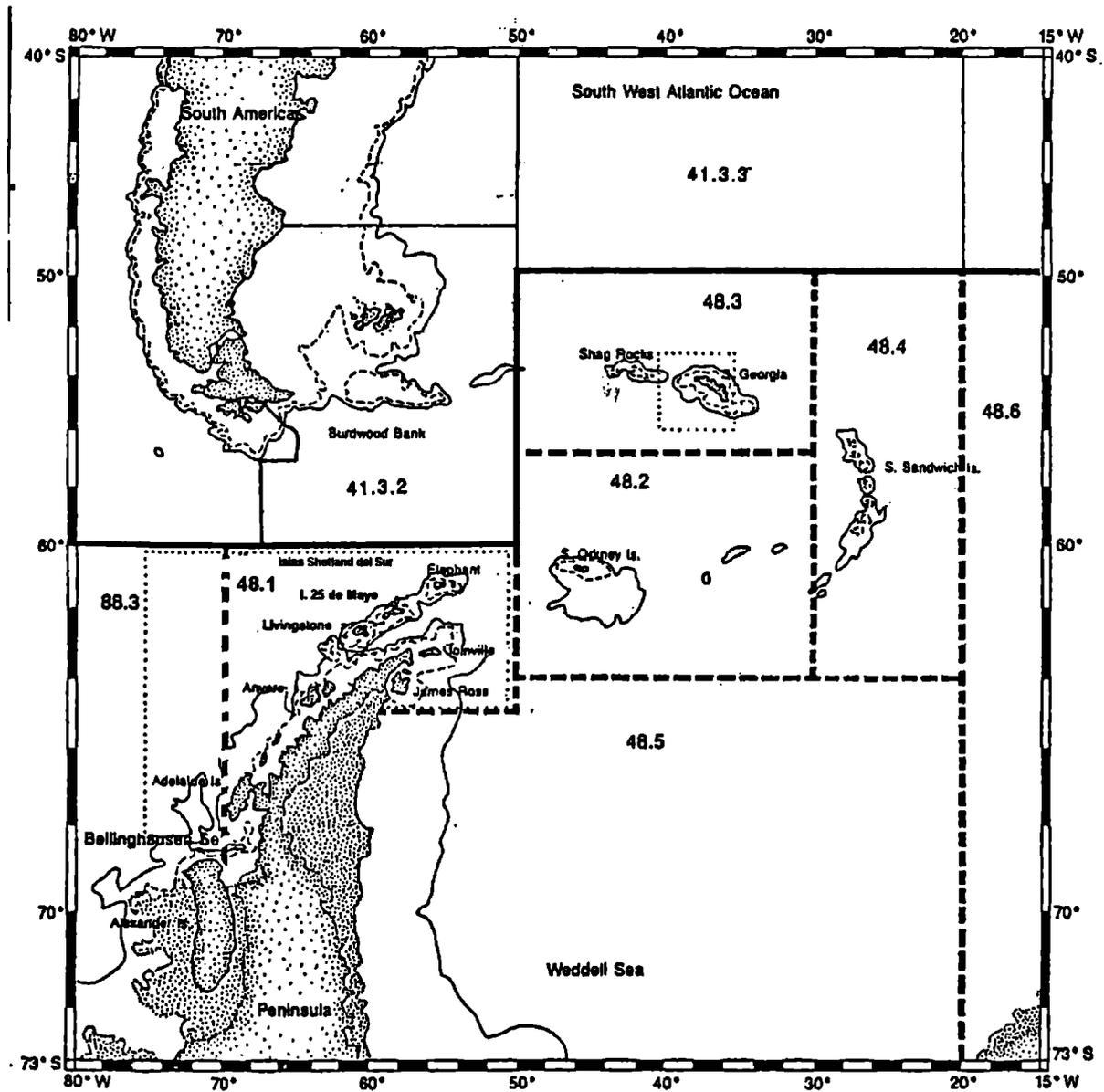


Fig. 2.1.2. Mapa del Área Antártica Atlántica sudoccidental con sus distintas subáreas. El sitio de estudio (Isla 25 de Mayo) está incluido dentro de la subárea 48.1.

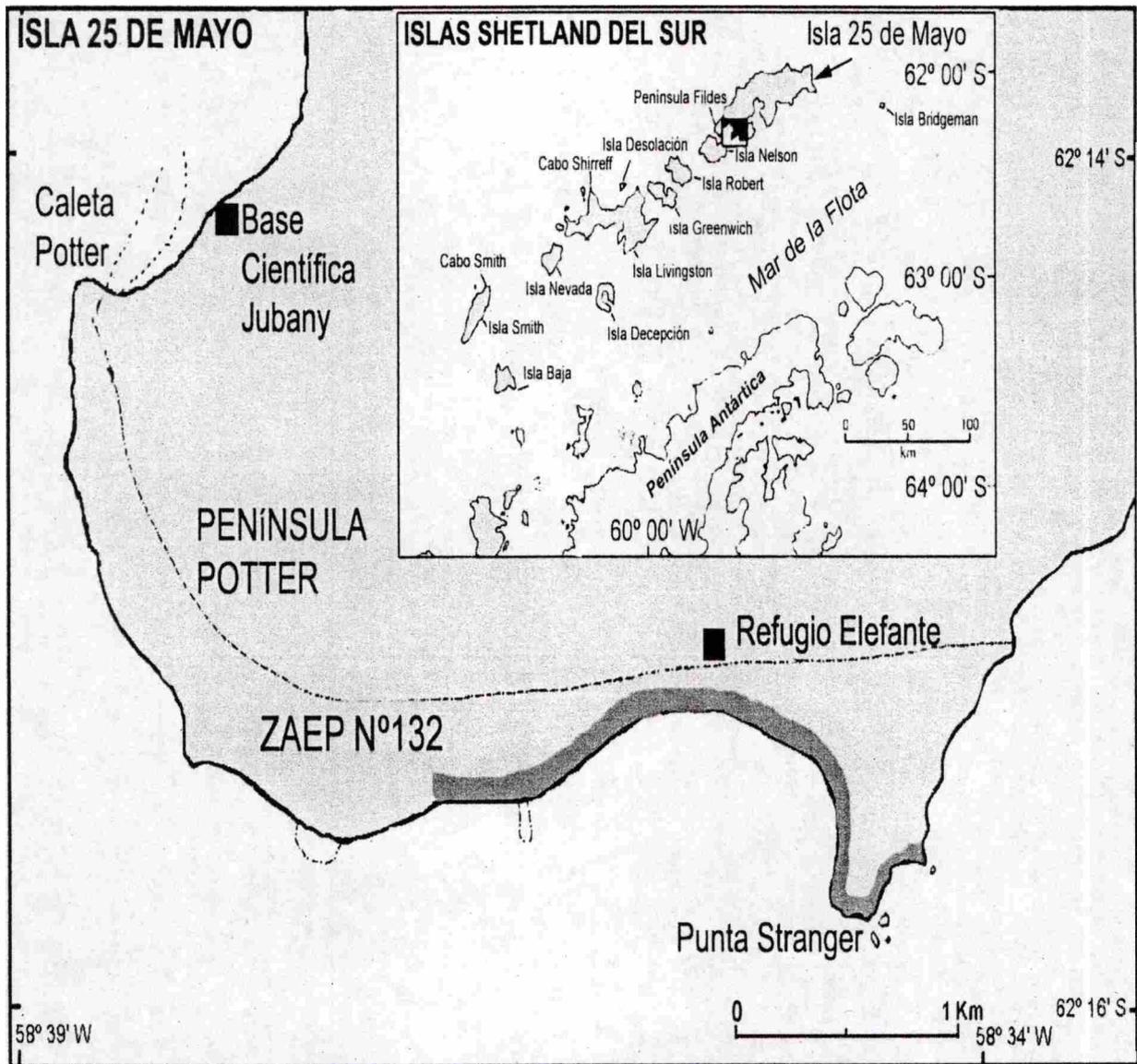


Fig. 2.2.1. Zona de estudio de la colonia de elefantes marinos del sur de Isla 25 de Mayo. La zona costera con sombreado grisáceo más oscuro corresponde al área principal de muestreo.

a.



b.



c.

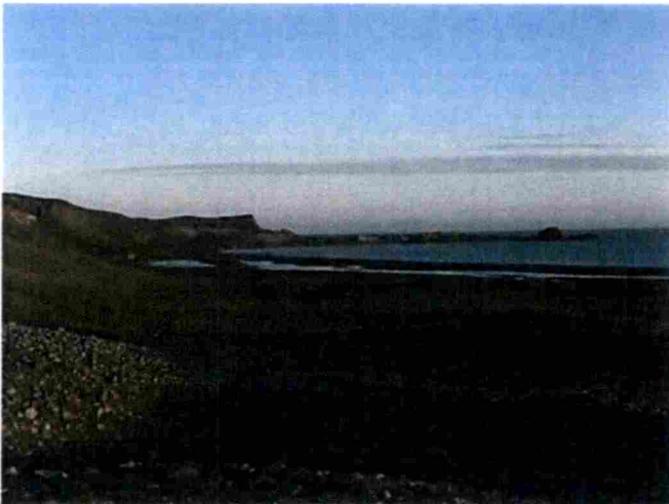
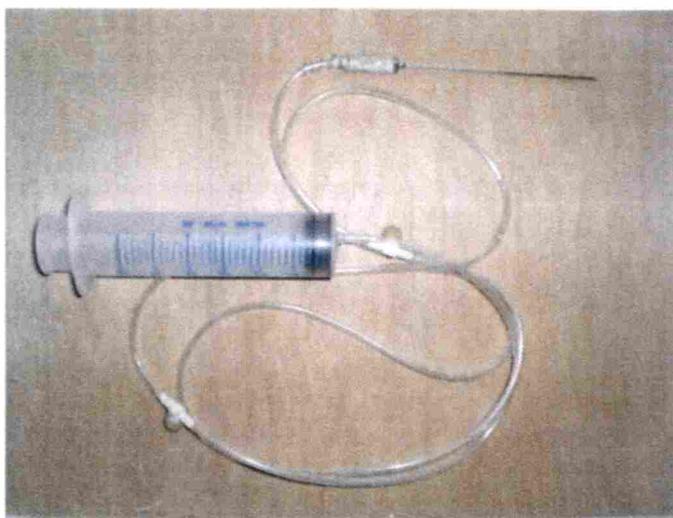


Fig. 2.2.2. Zona de estudio de la colonia de elefantes marinos del sur de Isla 25 de Mayo.
Las fotos corresponden a la primavera temprana (a y b) y al verano (c).

a.



b.



c.



Fig. 2.2.3. Distintos dispositivos utilizados para la inyección de anestésico a los ejemplares de *M. leonina*. a) jeringa, cánula y aguja para sistema de inyección remota b) sistema de dardo con liberación de anestésico a presión c) maniobra de anestesiado.

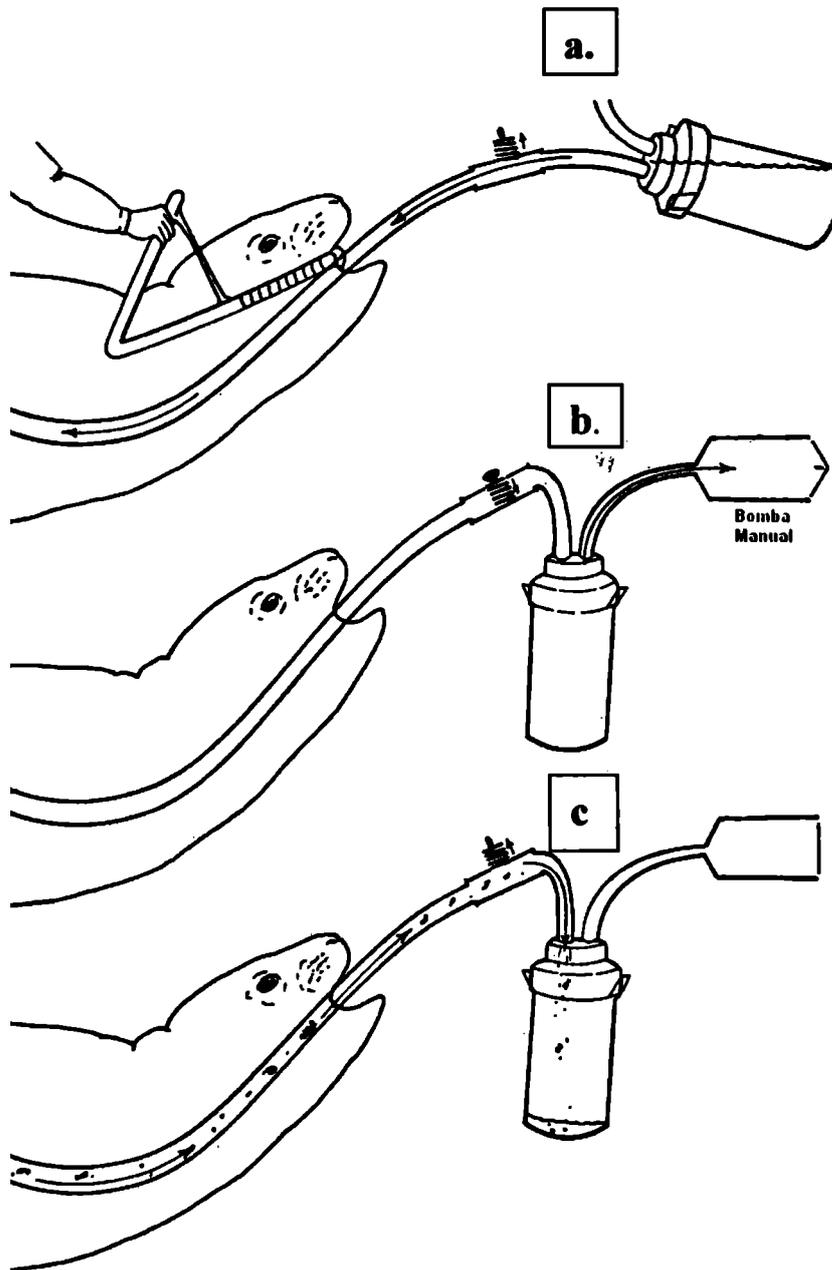


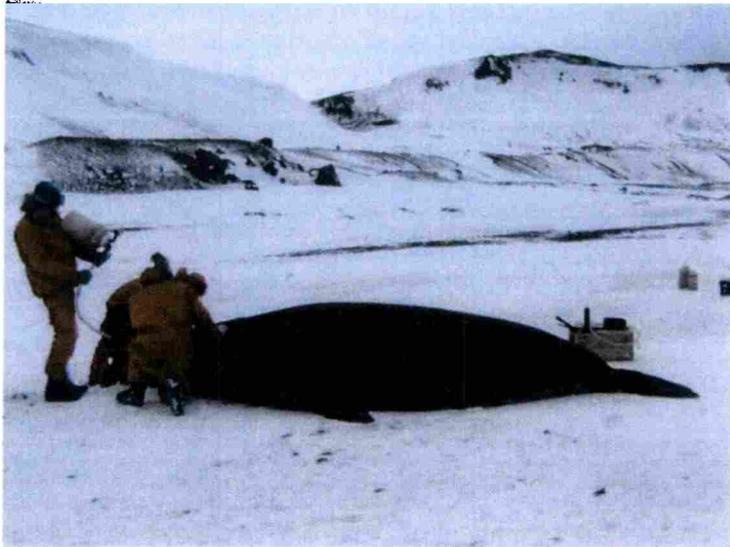
Fig. 2.2.4. Aplicación de la técnica de lavaje estomacal en *M. leonina*. a) vertido del agua por gravedad b) accionamiento de bomba de vacío c) recuperación de contenido estomacal.



a



b



c.

Fig. 2.2.5. Proceso de lavaje estomacal en a) hembra b) juvenil de 1 año c) macho adulto.

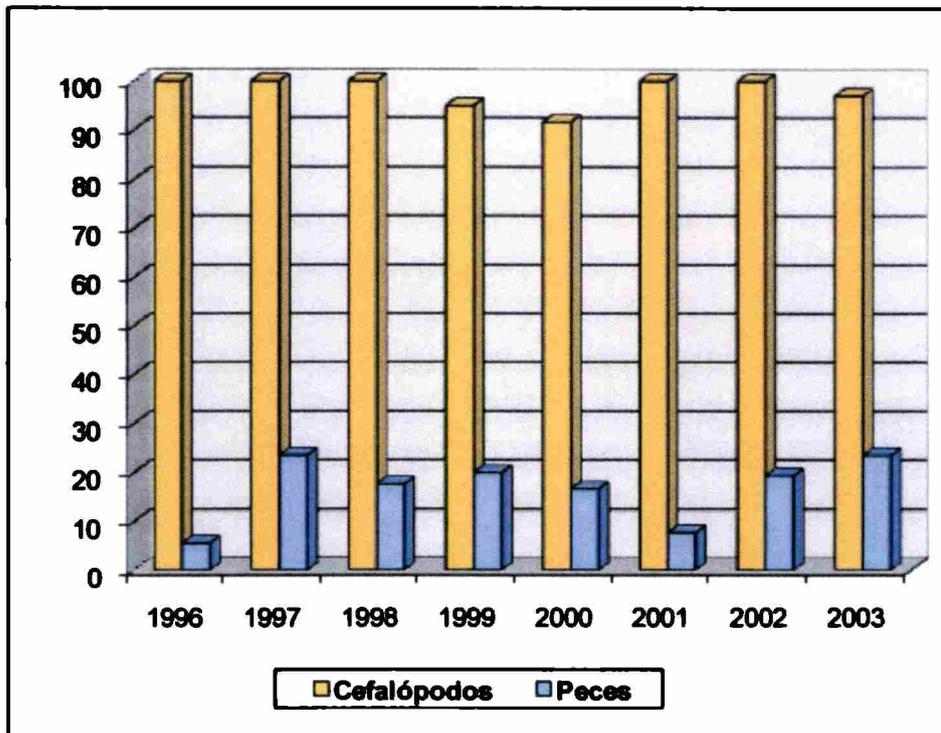


Fig. 2.3.1. Variación interanual en la frecuencia porcentual de ocurrencia de los dos taxones presa dominantes de *M. leonina* en Isla 25 de Mayo.

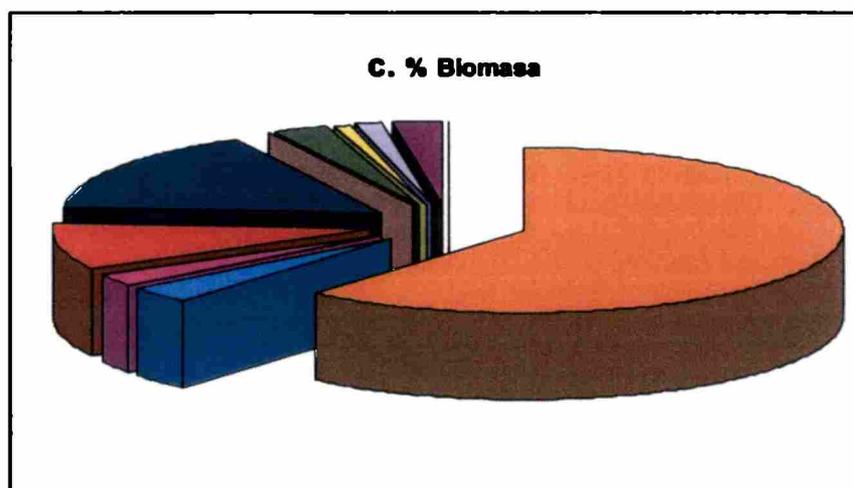
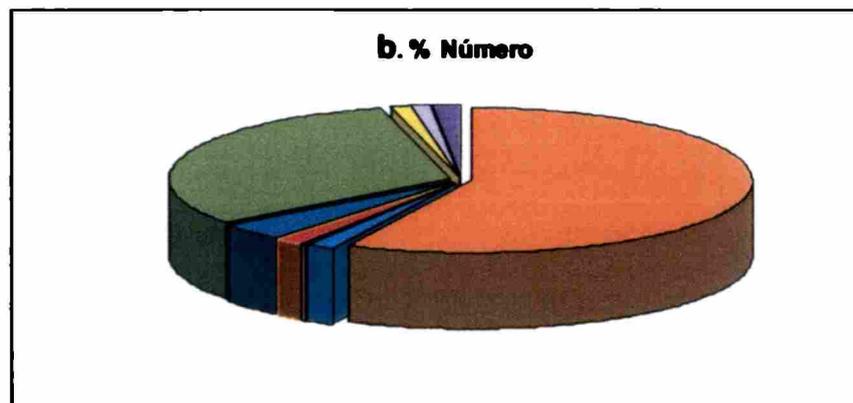
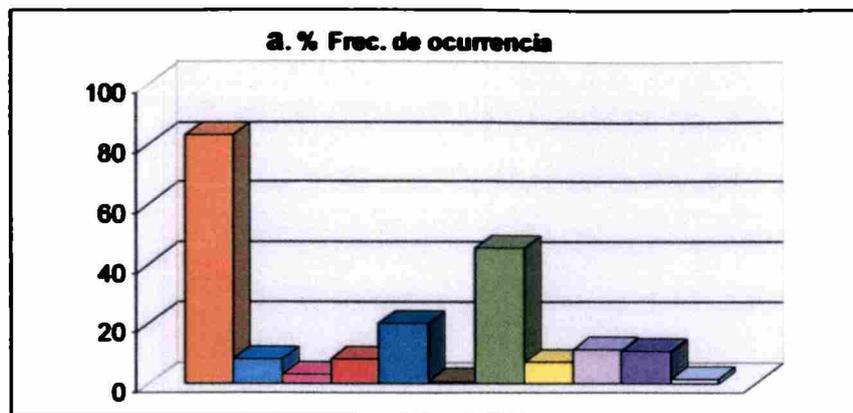


Fig. 2.3.2. Contribución de los diferentes taxones presa del componente cefalópodos a la dieta de *M. leonina* para el período total de estudio (sin distinción de categorías sexo-edad).



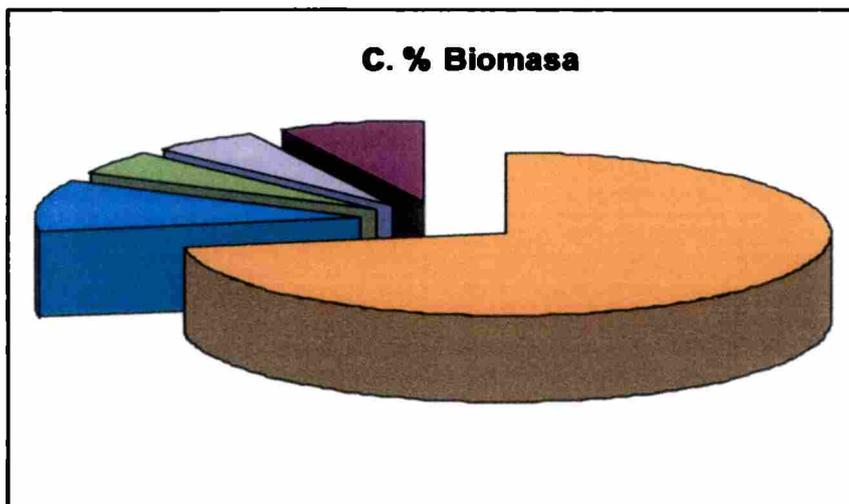
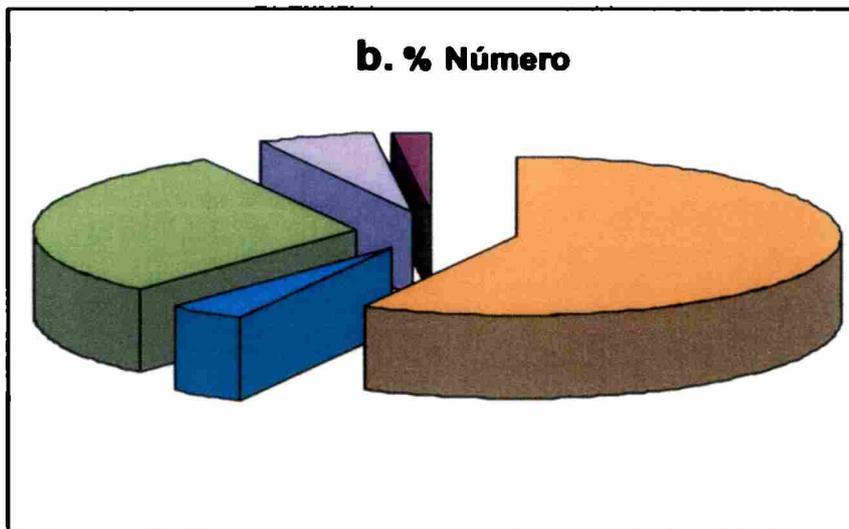
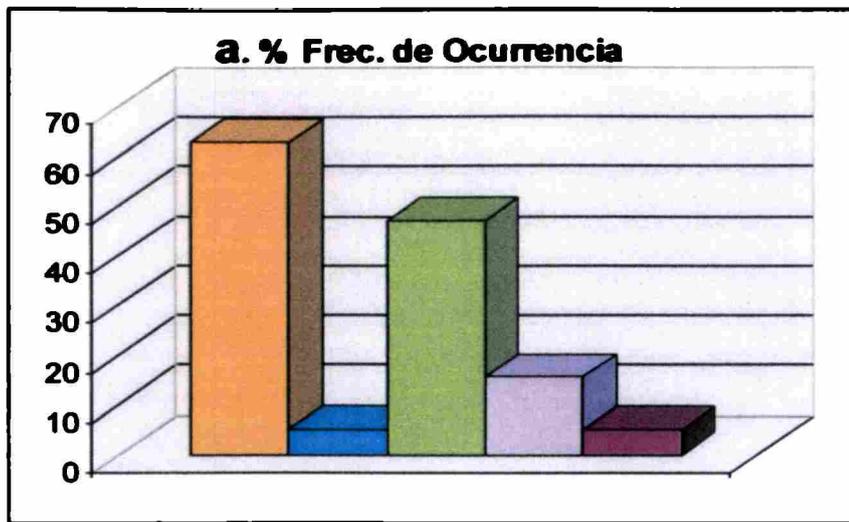


Fig 2.3.3. Contribución de los diferentes taxones presa del componente cefalópodos en la dieta de juveniles de 1 y 2 años de *M. leonina* para el período total de estudio.

■ *P. glacialis*
 ■ *G. antarcticus*
 ■ *S. circumantarctica*
■ *P. charcoti*
 ■ *P. turqueti*

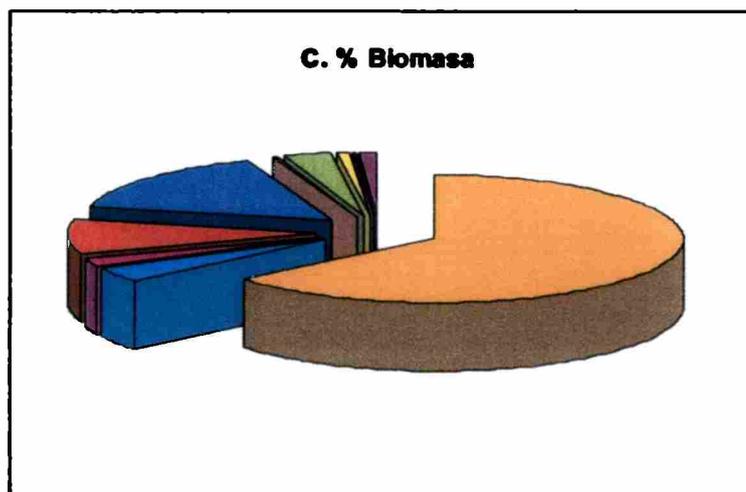
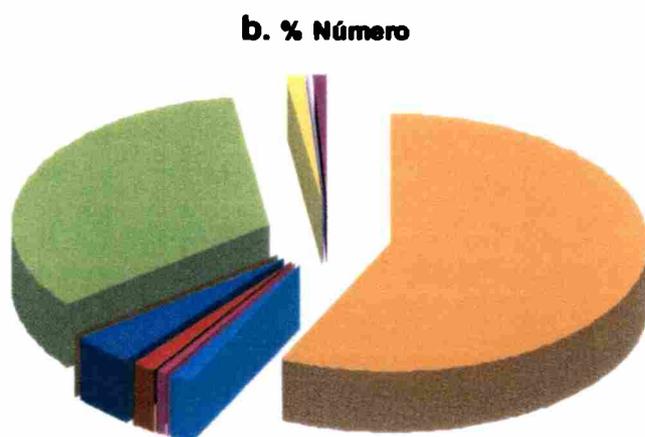
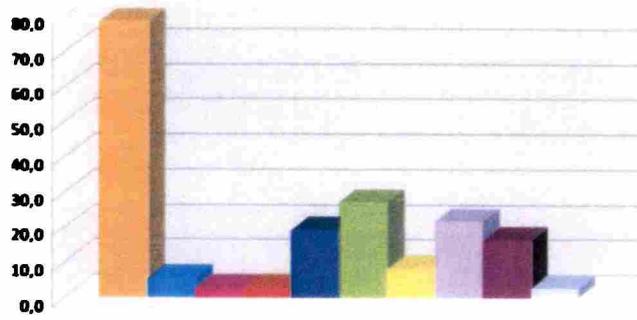


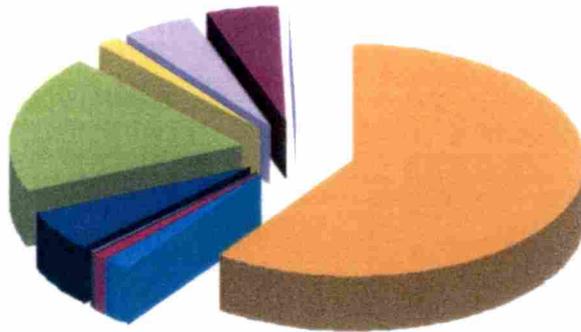
Fig. 2.3.4. Contribución de los diferentes taxones presa del componente cefalópodos en la dieta de hembras de *M. leonina* para el período total de estudio

- P. glacialis*
- G. antarcticus*
- M. knipovitchi*
- K. longimana*
- A. antarcticus*
- C. veranyi*
- S. circumantarctica*
- G. glacialis*
- P. charcoti*
- P. turqueti*

% Frec. de ocurrencia



b. % Número



C. % Biomasa

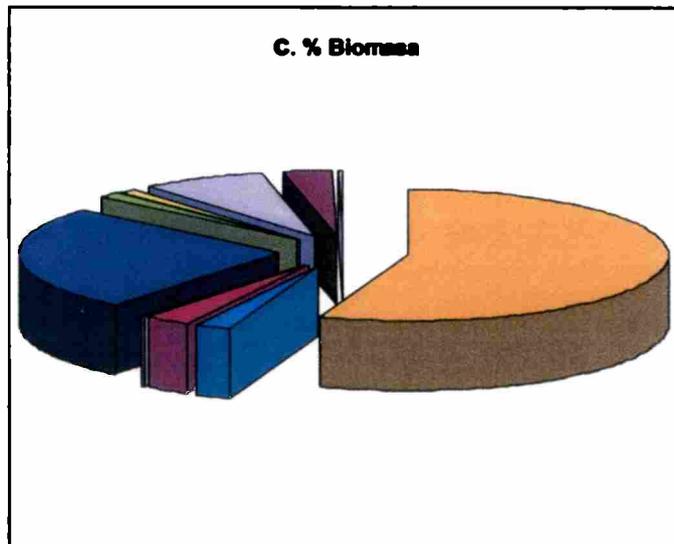


Fig. 2.3.5. Contribución de los diferentes taxones presa del componente cefalópodos en la dieta de machos juveniles (3-6 años) de *M. leonina* para el periodo total de estudio.

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  <i>P. glacilis</i> |  <i>G. antarcticus</i> |  <i>M. knipovitchi</i> |  <i>K. longimana</i> |
|  <i>A. antarcticus</i> |  <i>S. circumantartica</i> |  <i>G. glacialis</i> |  <i>P. charcoti</i> |
|  <i>P. turqueti</i> |  <i>A. polymorpha</i> | | |

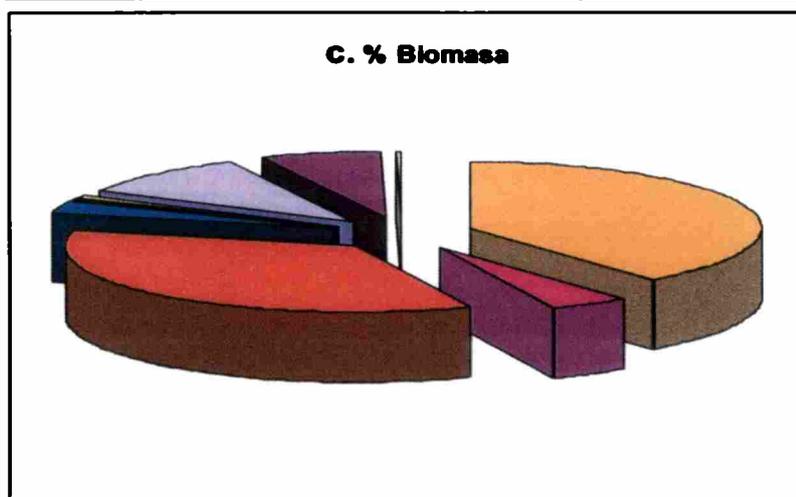
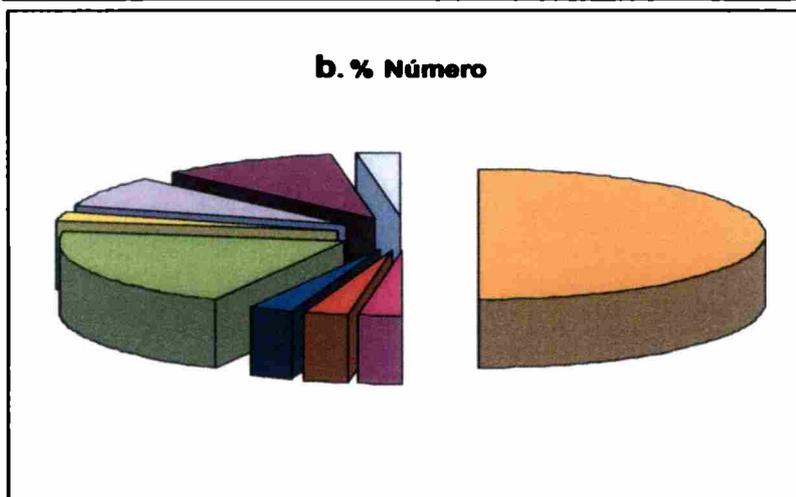
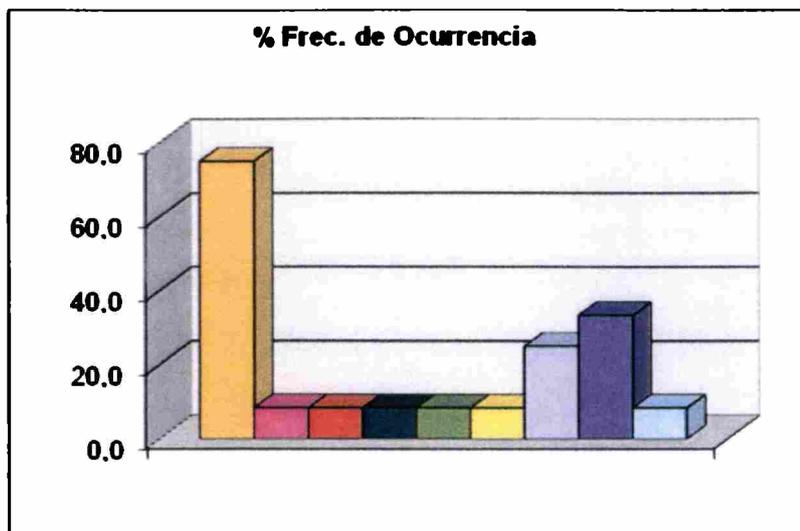


Fig. 2.3.6. Contribución de los diferentes taxones presa del componente cefalópodos en la dieta de machos adultos (≥ 7 años) de *M. leonina* para el período total de estudio.

- P. glacialis*
- M. knipovitchi*
- K. longimana*
- A. antarcticus*
- S. circumantarctica*
- G. glacialis*
- P. charcoti*
- P. turqueti*
- A. polymorpha*

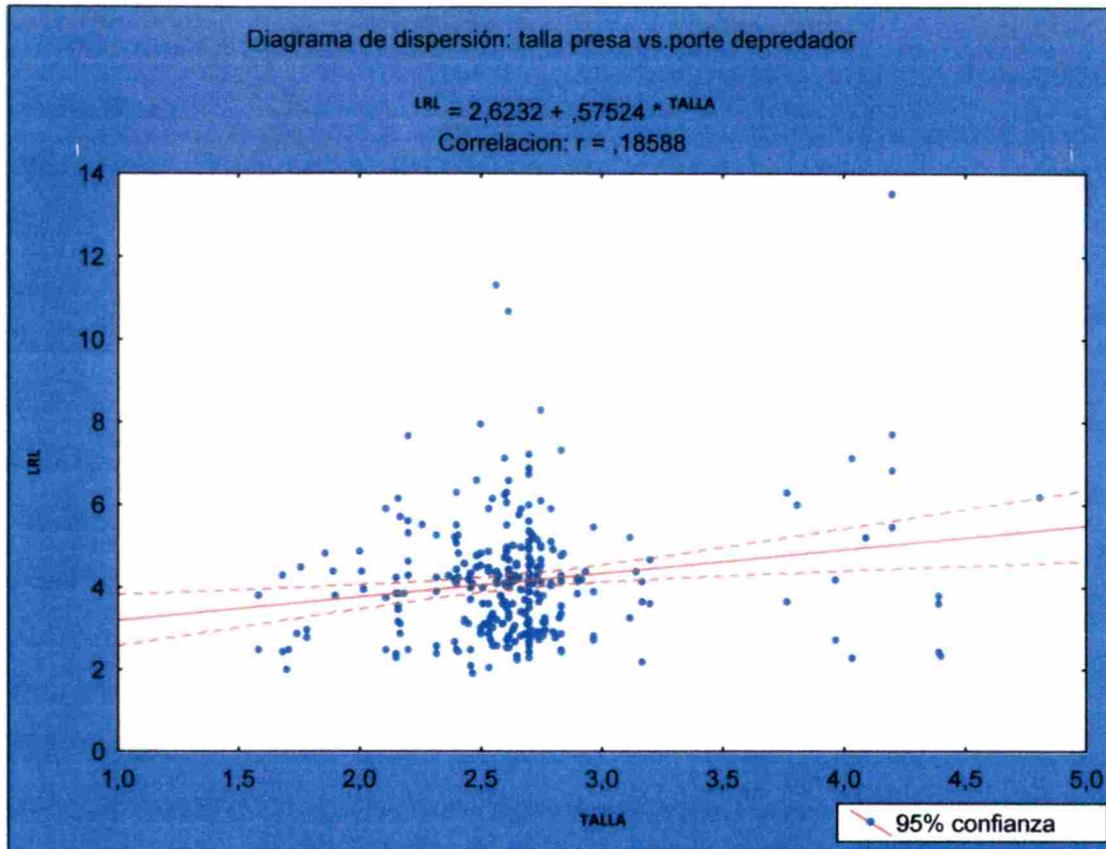


Fig. 2.3.7. Correlación entre la talla de los cefalópodos presa (expresada por la longitud rostral de los picos inferiores (LRI, mm) y el porte de los elefantes marinos (longitud standard, m).

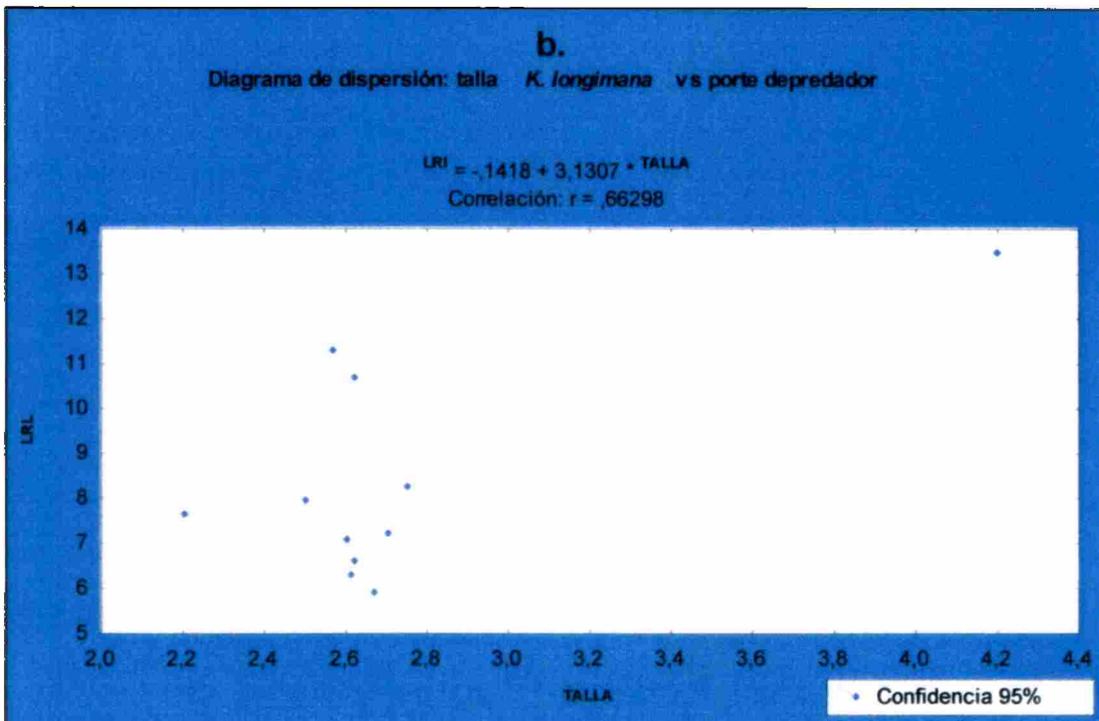
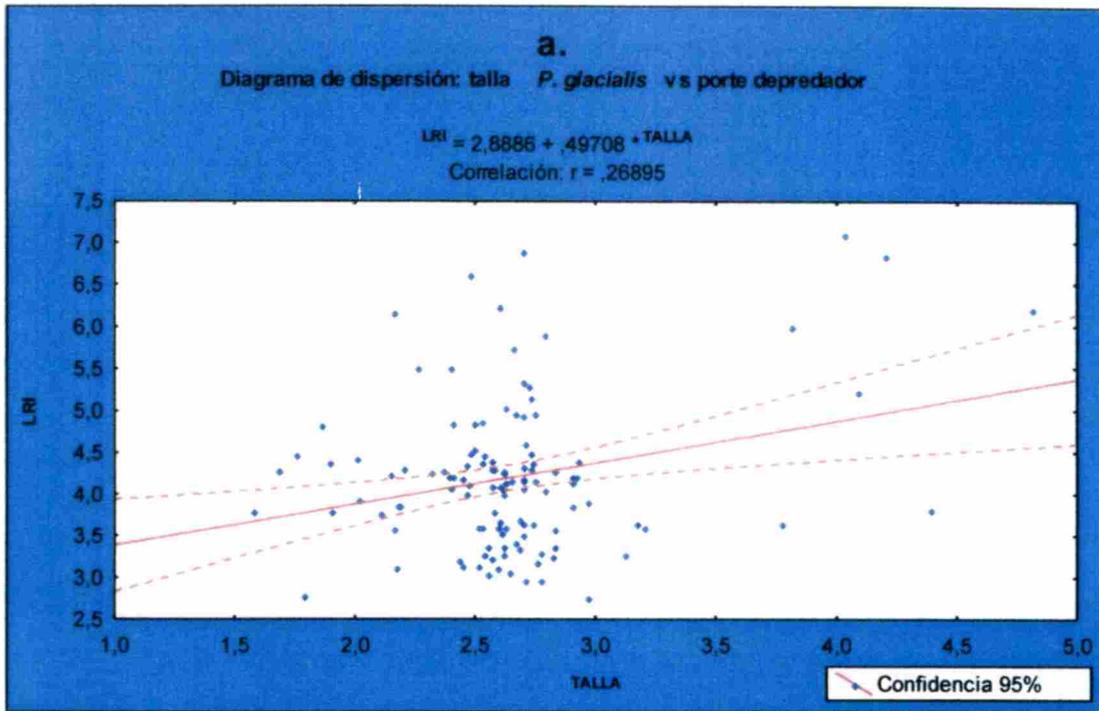


Fig. 2.3.8. Correlación entre la talla de *P. glacialis* (a) y de *K. longimana* (b) expresada como longitud rostral del pico inferior (mm) y el porte de los ejemplares de *M. leonina*, expresado como longitud standard (m).

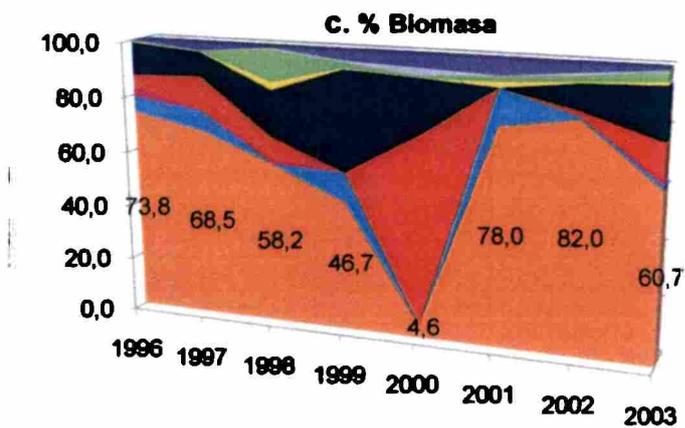
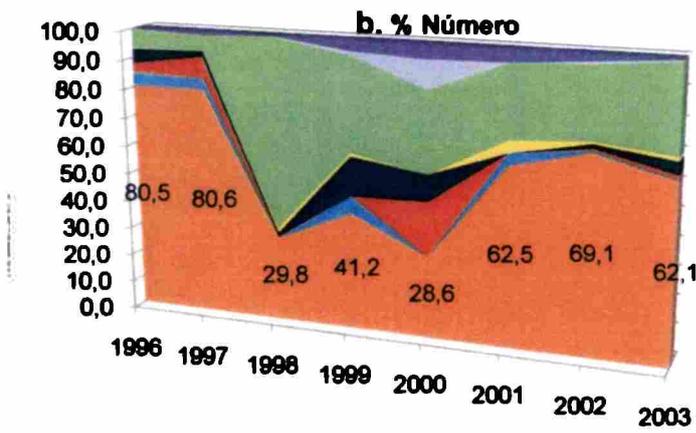
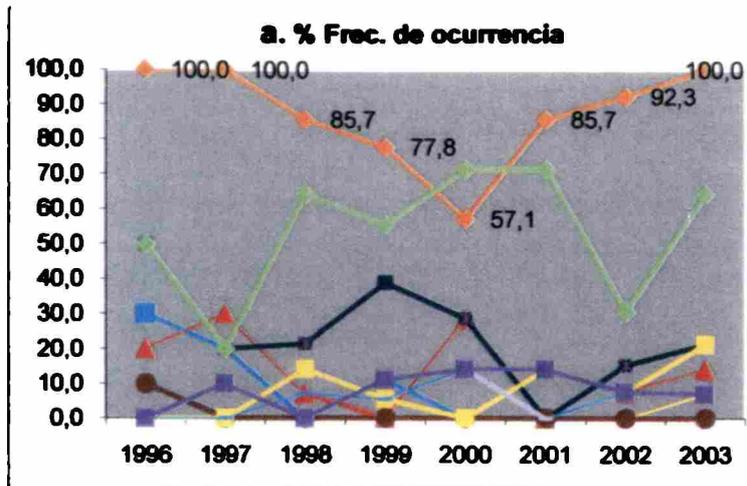


Fig. 2.3.9 a-c. Variación temporal en la composición taxonómica de los cefalópodos presa de hembras (≥ 3 años) de *M. leonina* de isla 25 de Mayo.



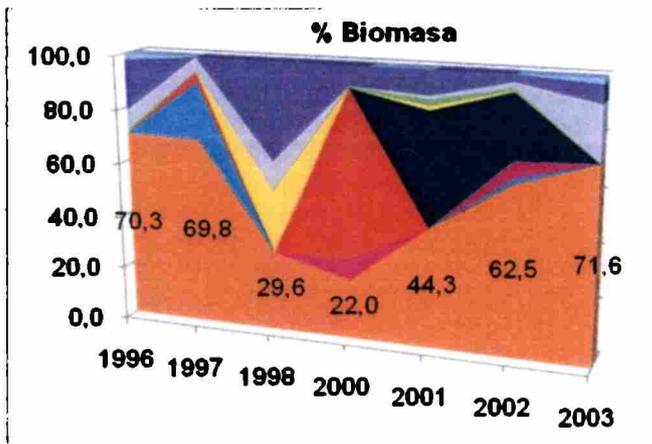
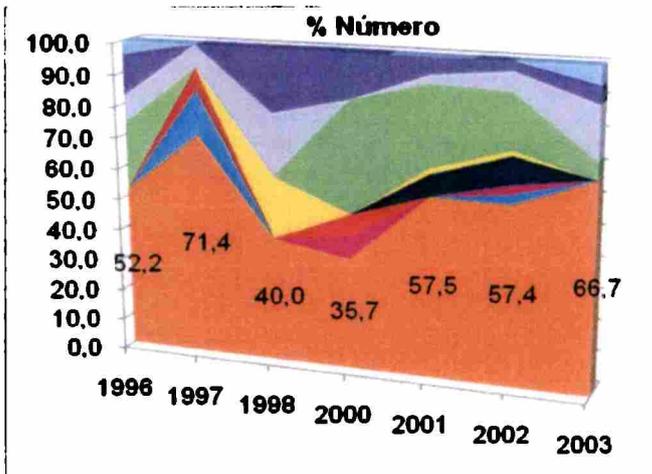
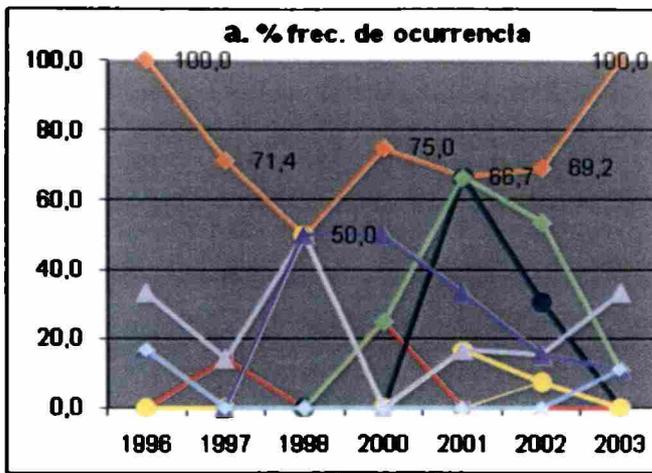


Fig. 2.3.10. Variación temporal en la composición taxonómica de los cefalópodos presa de machos (≥ 3 años) de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo.



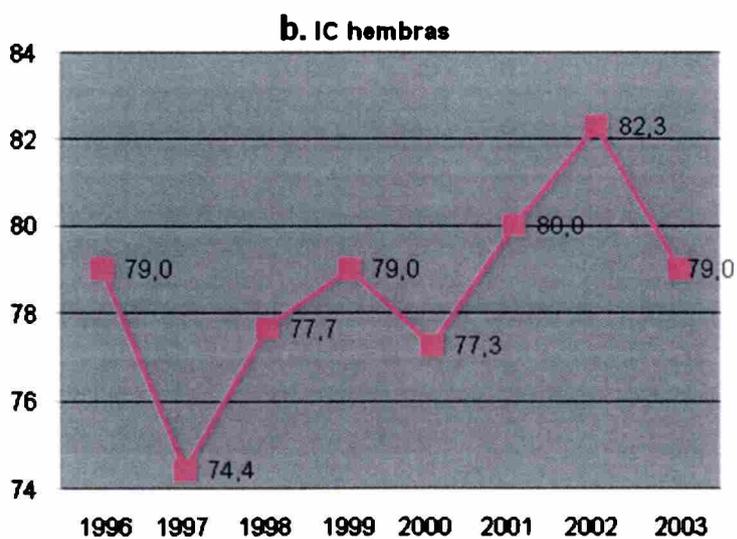
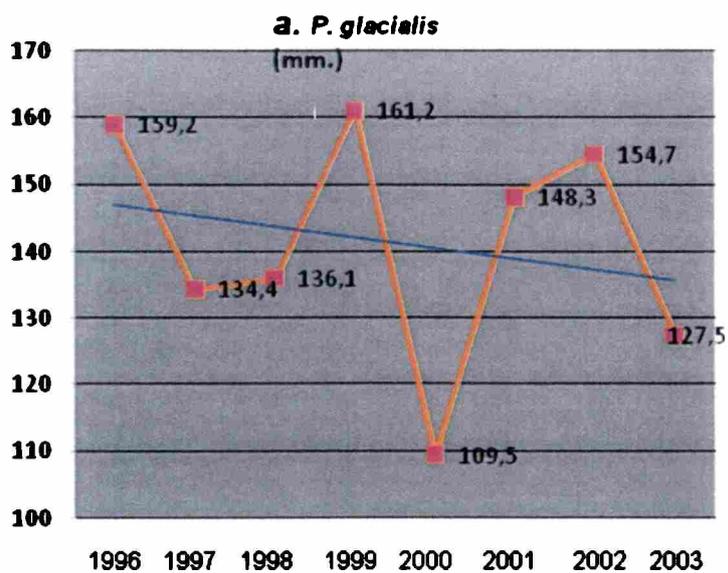


Fig. 2.3.11. a. Variación temporal de la talla media (expresada como longitud del manto dorsal, mm) de *P. glacialis* depredado por hembras (≥ 3 años) de *M. leonina*.
b. Variación temporal del Índice de condición (IC) de los ejemplares hembra de *M. leonina* analizados.

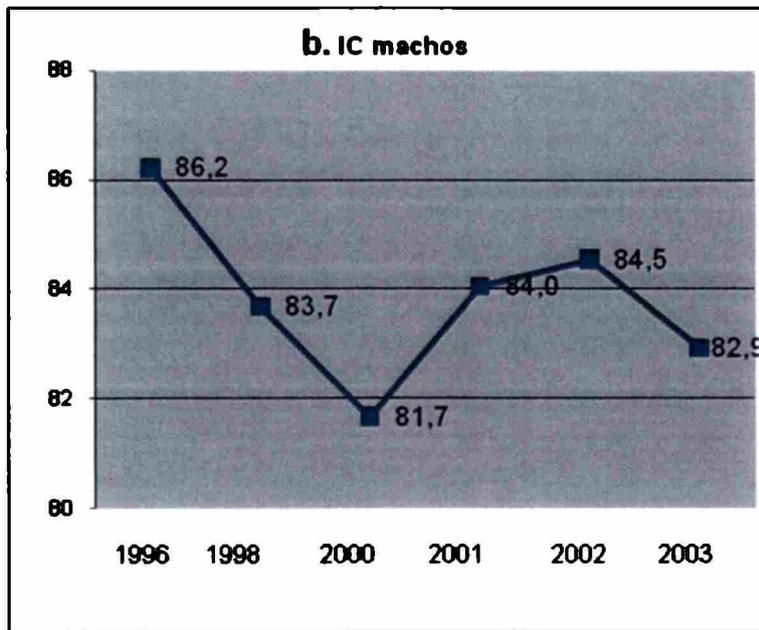
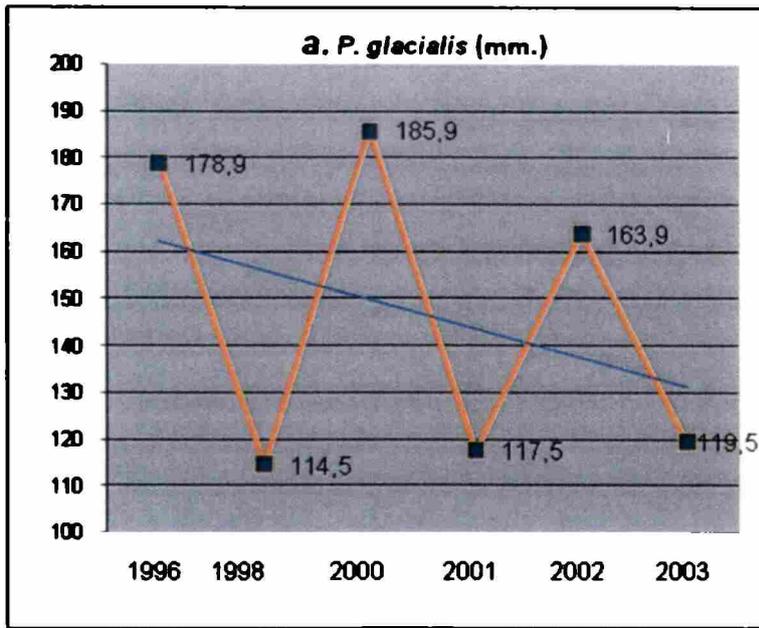
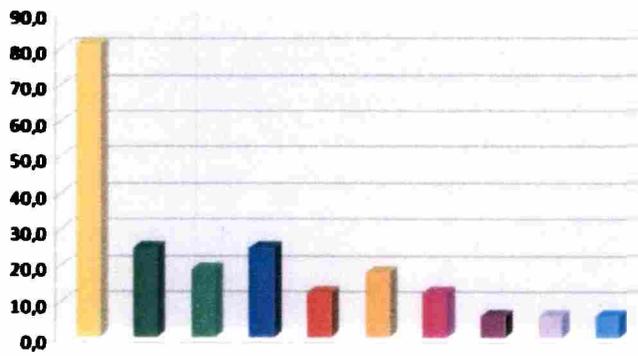
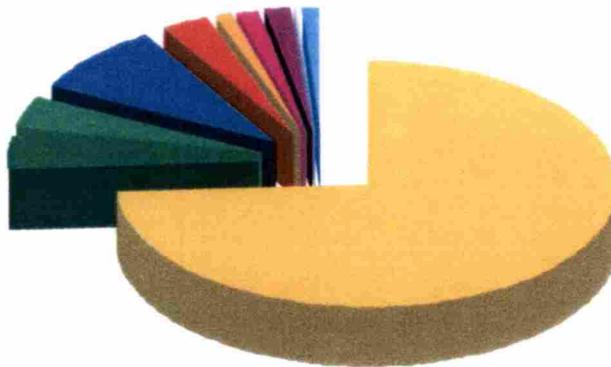


Fig. 2.3.12. a. Variación temporal de la talla media (expresada como longitud del manto dorsal, mm) de *P. glacialis* depredado por machos (≥ 3 años) de *M. leonina*. **b.** Variación temporal del Índice de condición (IC) de los ejemplares macho de *M. leonina* analizados.

a. % Frec. de Ocurrencia



b. % Número



c. % Biomasa

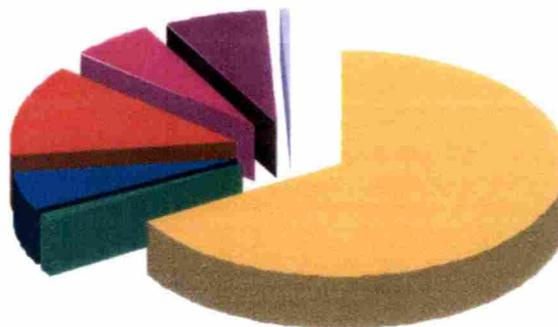


Fig. 2.3.13. Contribución de los diferentes taxones presa del componente íctico a la dieta de *M. leonina* para el período total de estudio (sin distinción de categorías sexo-edad).



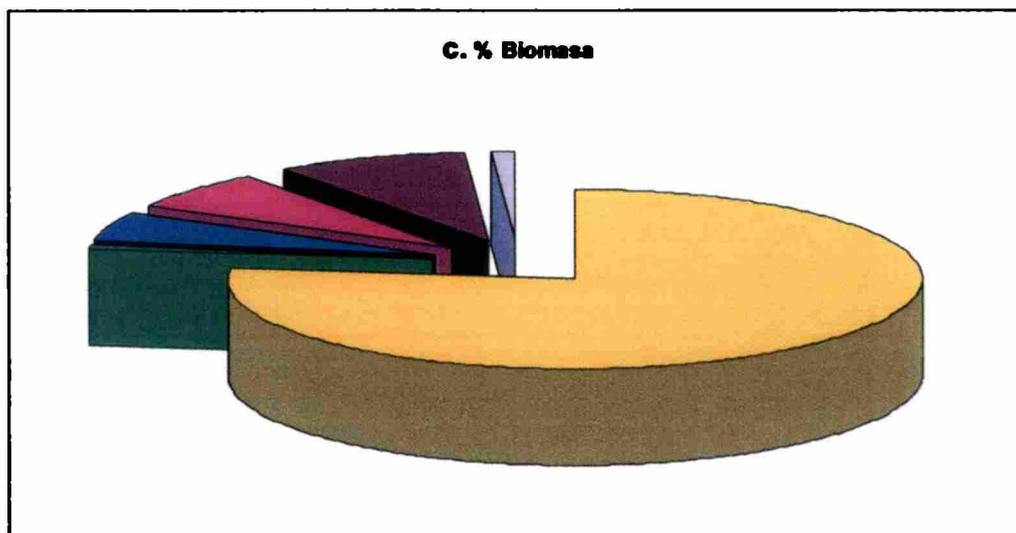
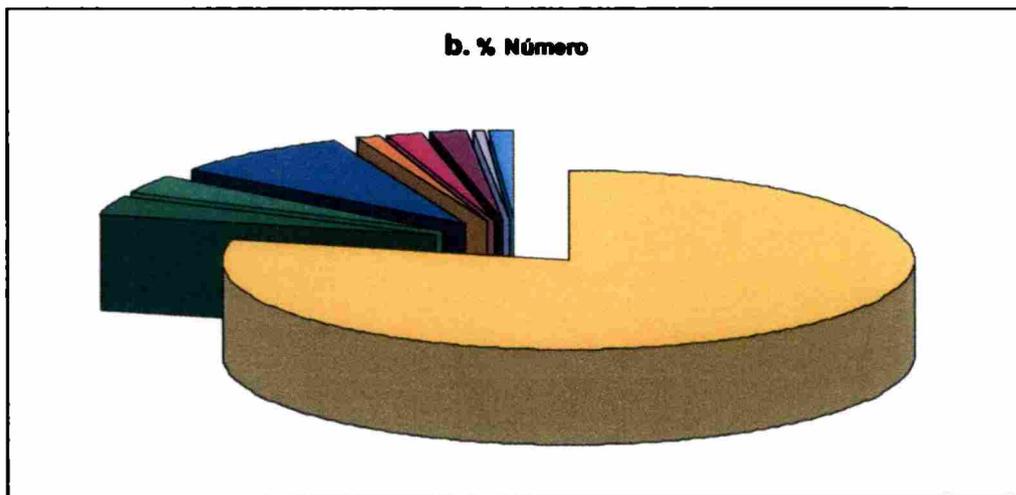
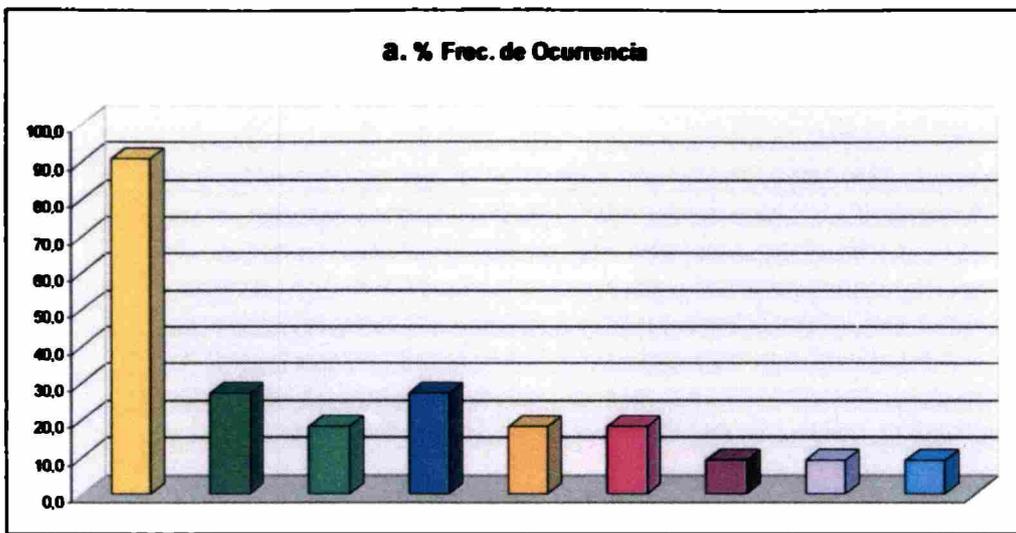


Fig. 2.3.14. Contribución de los diferentes taxones presa del componente íctico a la dieta de hembras de *M. leonina* para el período total de estudio.

- G. nicholsi*
- E. antarctica*
- Indet. Myctophidae
- P. antarcticum*
- Indet. Nototheniidae
- C. rastrospinosus*
- C. myersi*
- D. hunteri*
- Indet. Channichthyidae

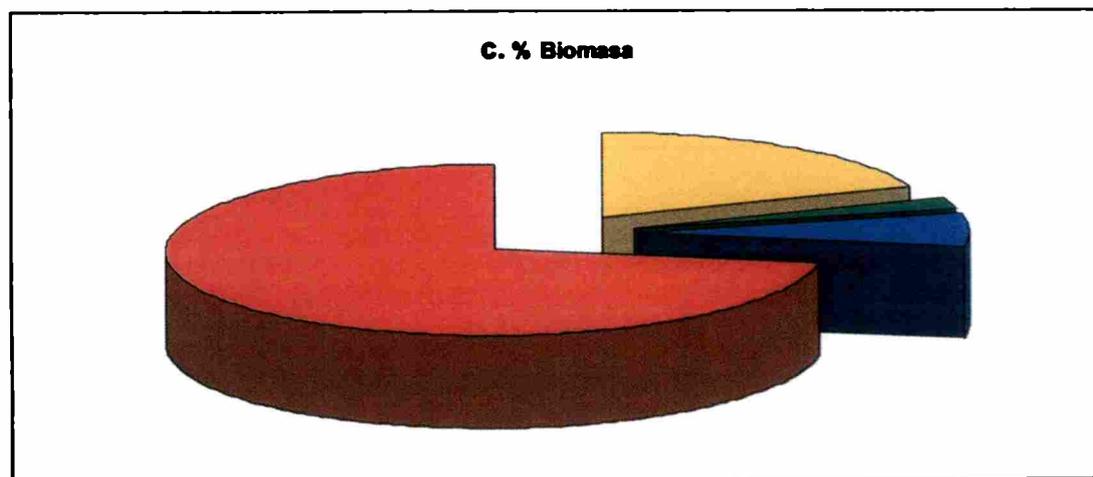
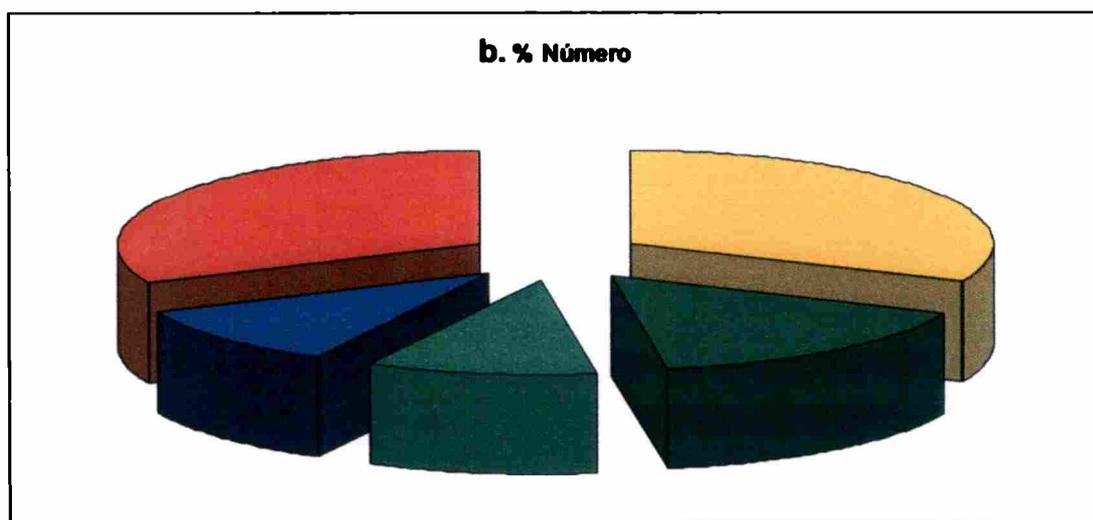
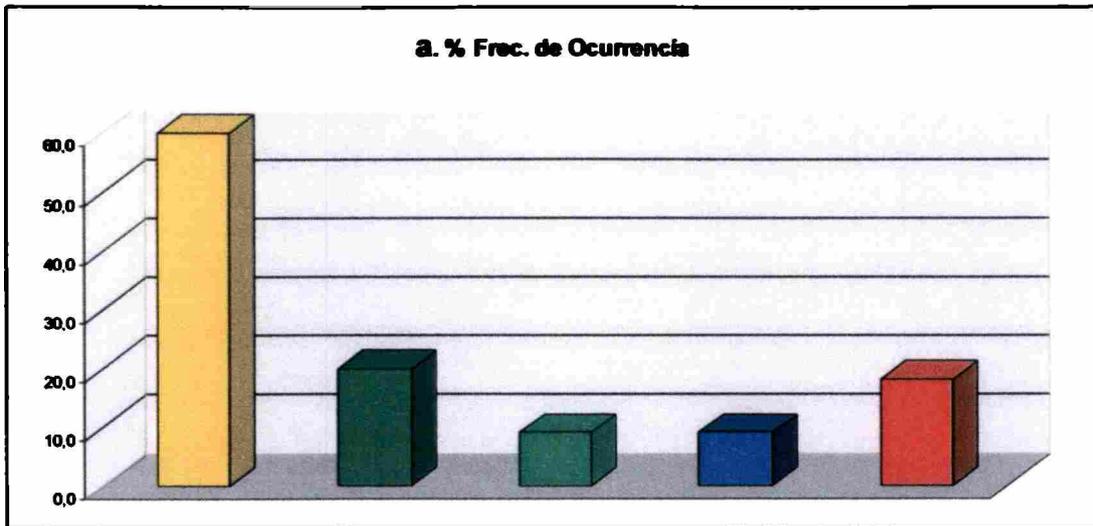


Fig. 2.3.15. Contribución de los diferentes taxones presa del componente íctico a la dieta de machos de *M. leonina* para el período total de estudio.

G. nicholsi
 E. antarctica
 Indet. Myctophidae
 P. antarcticum
 G. gibberifrons

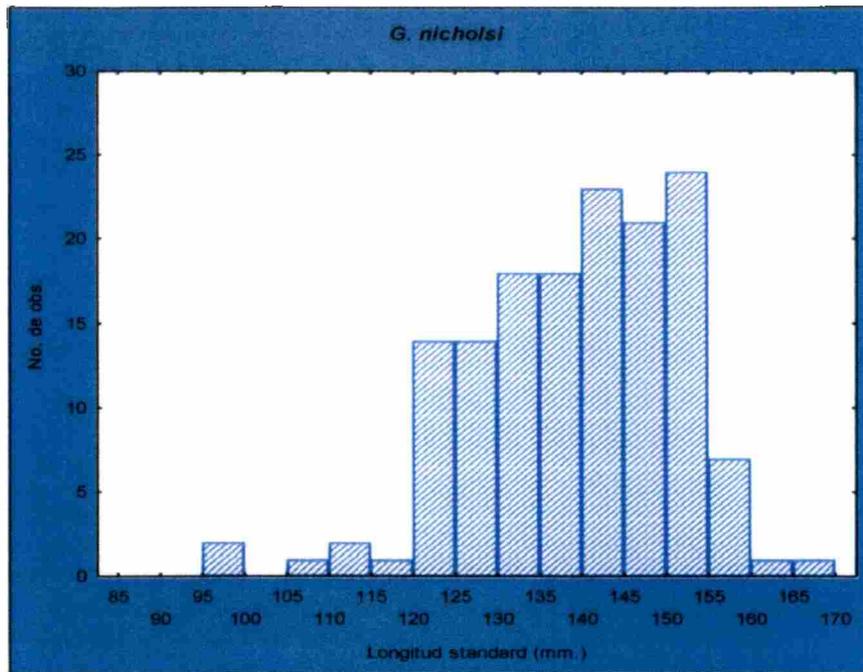


Fig. 2.3.16. Distribución de frecuencias de tallas de *G. nicholsi* ingerido por *M. leonina* en Isla 25 de Mayo.

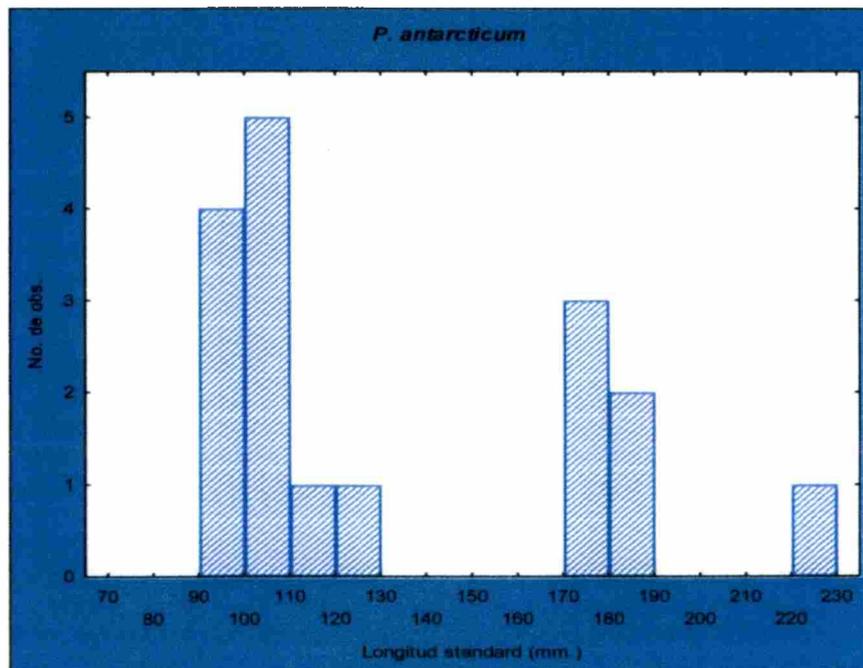


Fig. 2.3.17. Distribución de frecuencias de tallas de *P. antarcticum* ingerido por *M. leonina* en Isla 25 de Mayo.

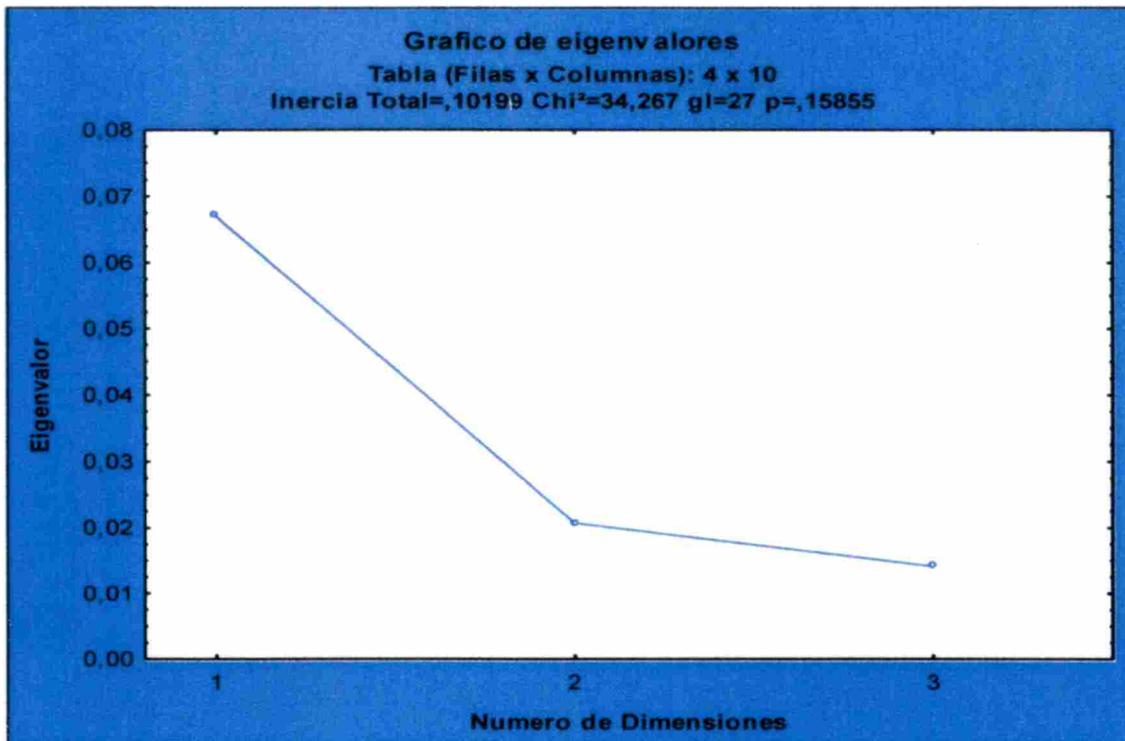


Fig. 2.3.18. Grafico de los eigenvalores donde se observan las dimensiones y su contribución a la inercia total.

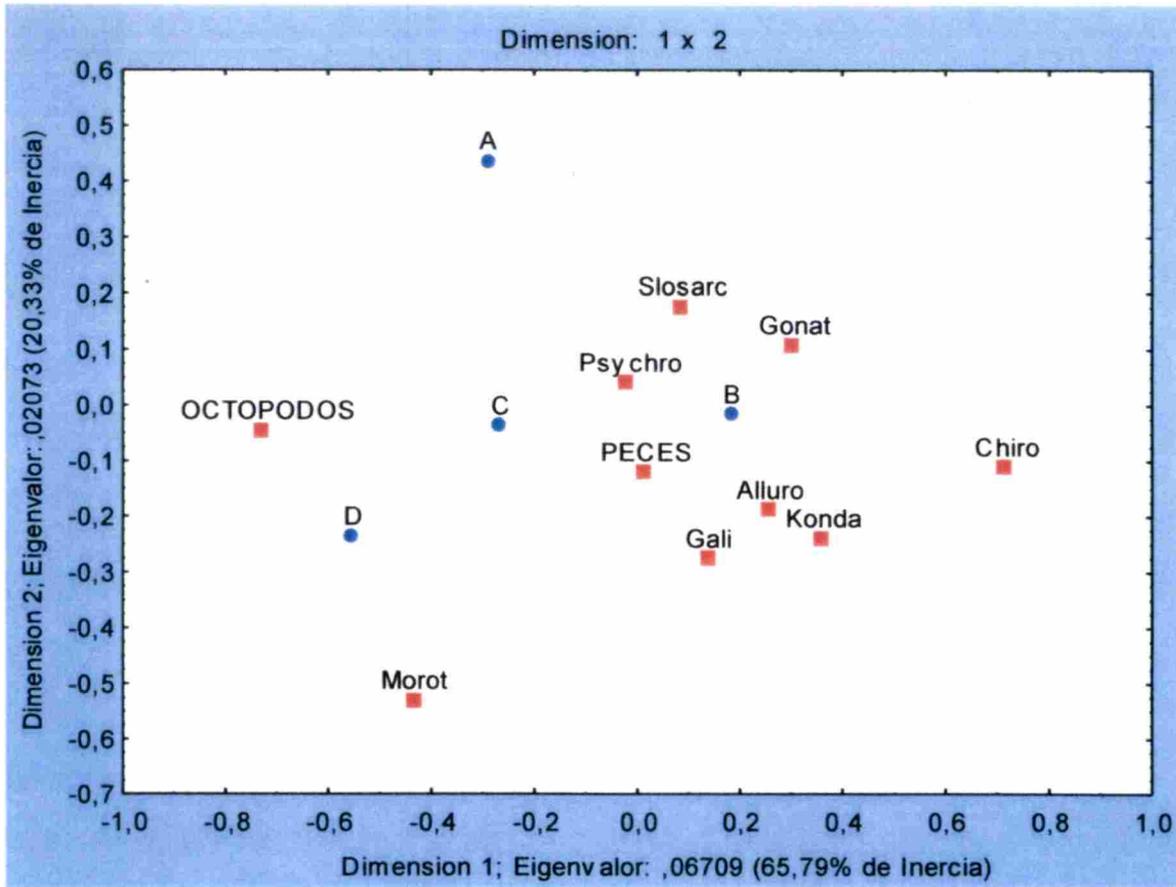


Fig. 2.3.19. Gráfico bidimensional donde se muestra la distribución de las diferentes categorías de sexo-edad de elefante marino y sus respectivos taxones presa.

■ Taxón presa ● Categorías de elefante marino

Slosarc: *Slozarksikovia circumantarctica*

Psychro: *Psychroteuthis glacialis*

Gonat: *Gonatus antarcticus*

Gali: *Galiteuthis glacialis*

Alluro: *Alluroteuthis antarcticus*

Kondak: *Kondakovia longimana*

Moro: *Moroteuthis knipovitchi*

Chiro: *Chiroteuthis veranyi*

A: Juveniles < 3 años

B: Hembras

C: Machos ≥ 3 y ≤ 6 años

D: Machos ≥ 7 años

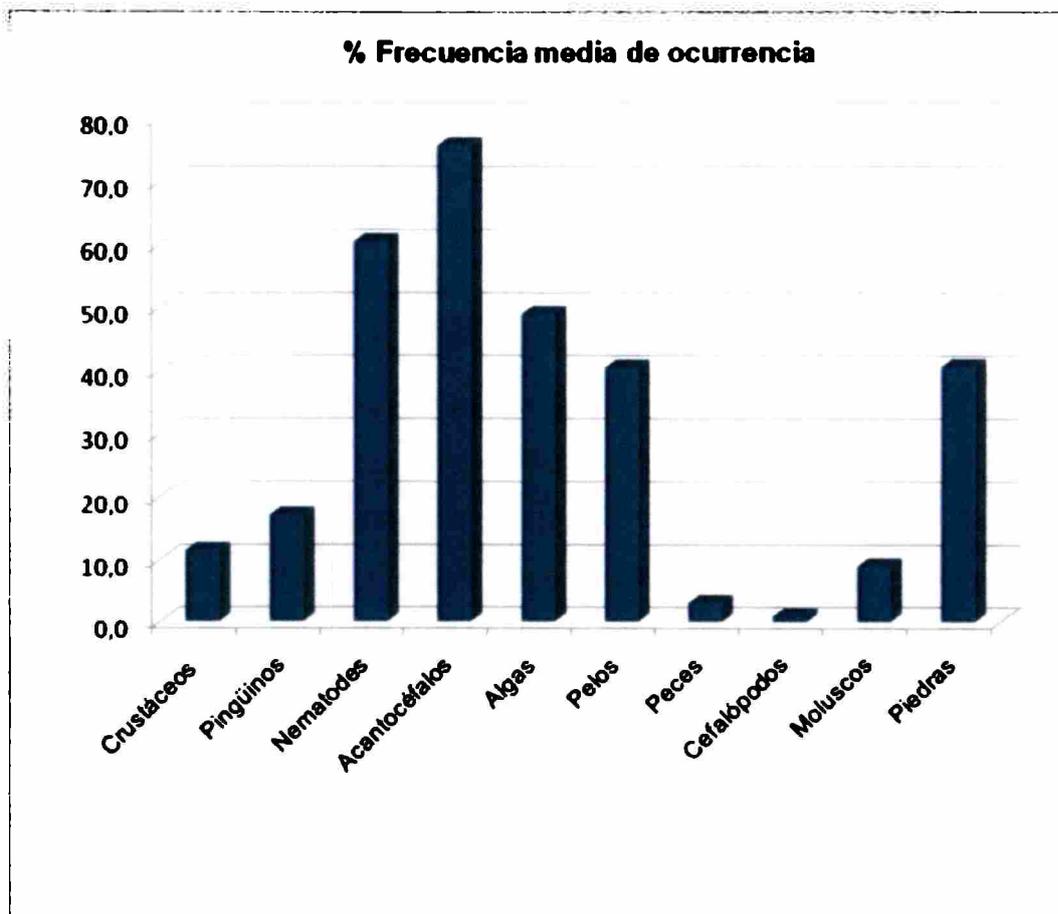


Fig. 2.3.20. Frecuencia media de ocurrencia de los diversos ítems hallados en fecas de *M. leonina* en isla 25 de Mayo. El ítem moluscos no incluye cefalópodos.

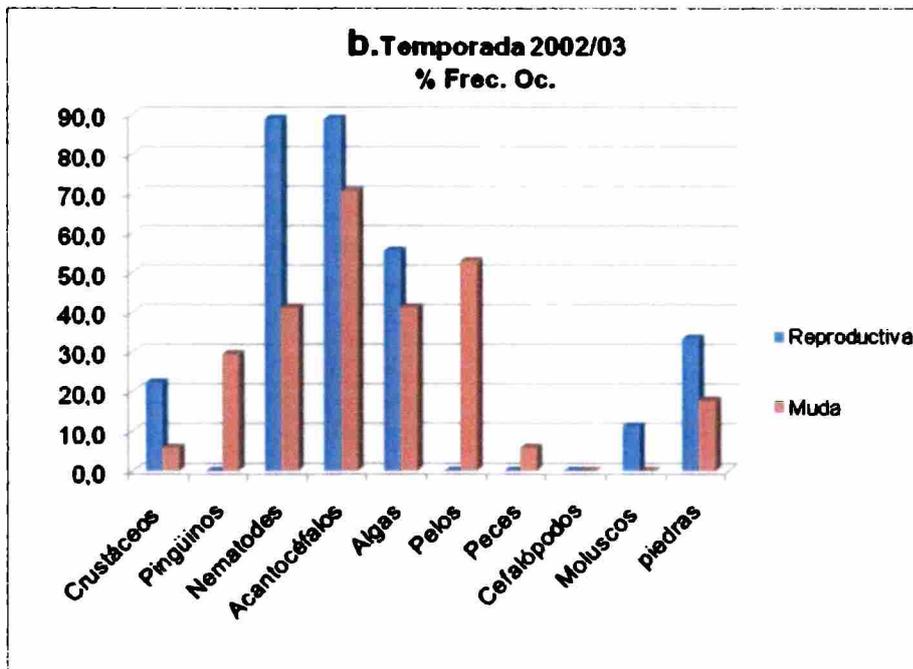
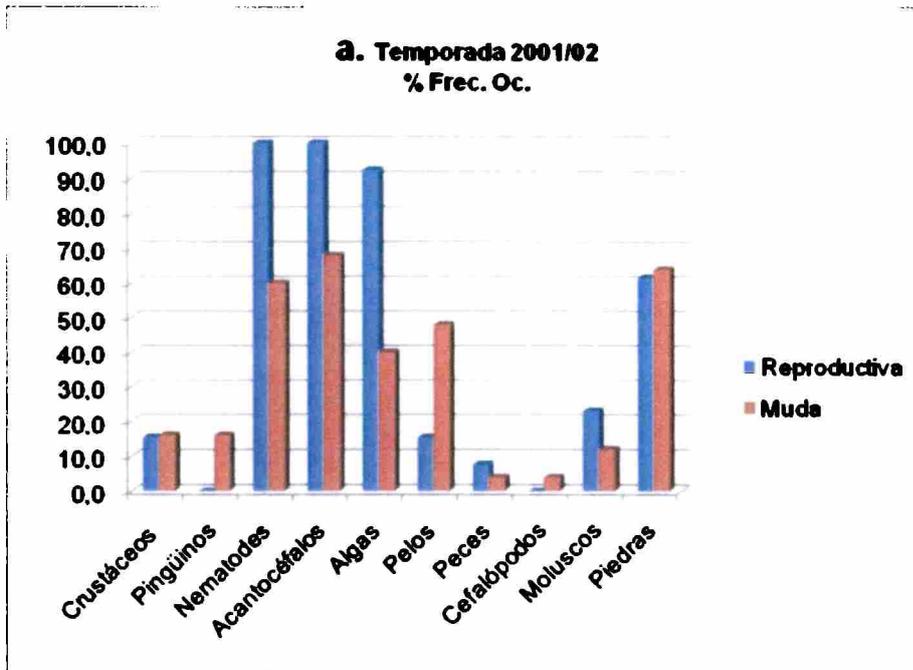


Fig. 2.3.21. Porcentaje de frecuencia de ocurrencia de remanentes hallados en fecas de *M. leonina* discriminado en época reproductiva y de muda. a) temporada 2001/02 b) temporada 2002/03.

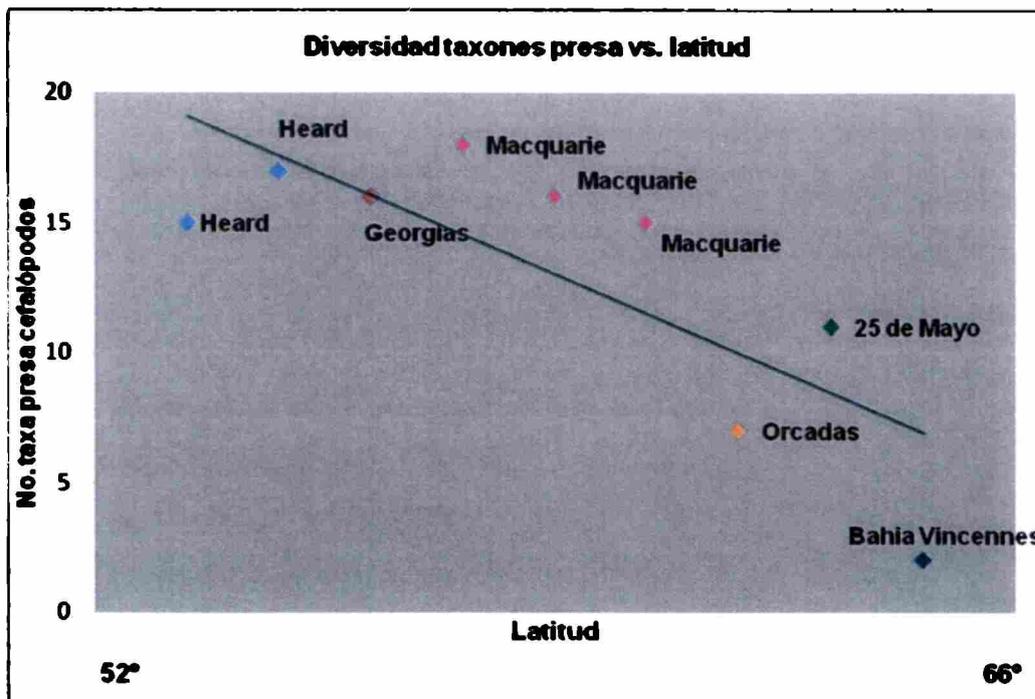


Fig. 2.4.1. Diversidad de taxones presa del componente cefalópodos en la dieta de *M. Leonina* en distintas localidades del Océano Austral.

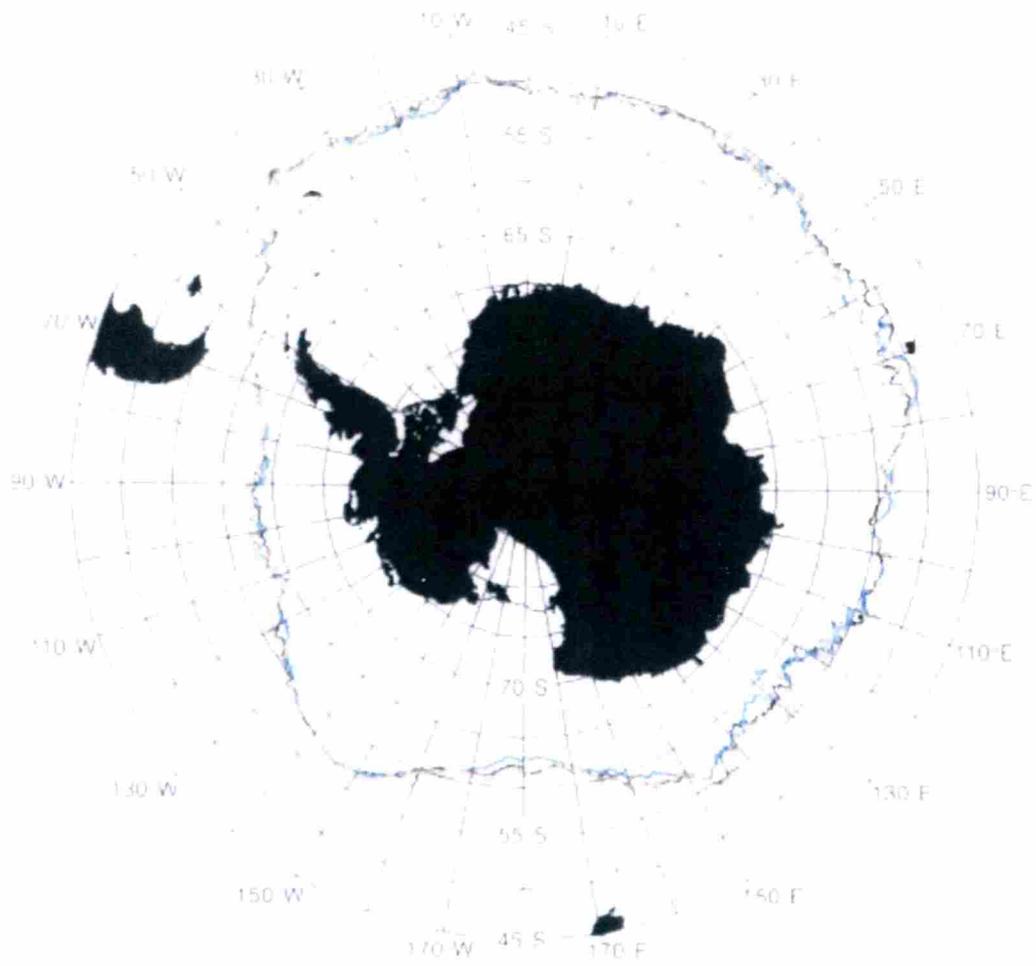


Fig. 2.4.2. Mapa del Océano austral donde se indica la posición fluctuante estacional del Frente Polar Antártico (ó Convergencia Antártica). (Tomado de Moore et al. 1999).

■ Primavera ■ Verano ■ Otoño ■ Invierno.

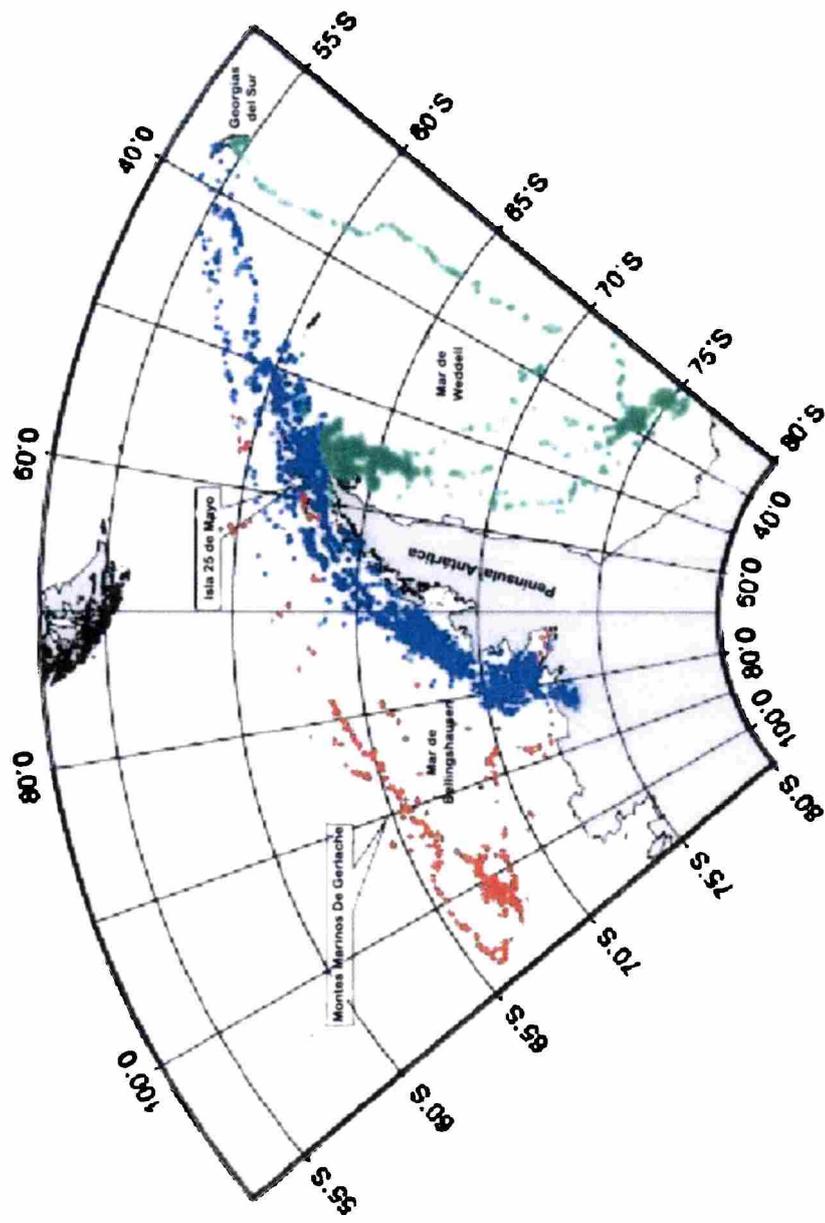


Fig. 2.4.3. Migraciones oceánicas de individuos de la población de *M. leonina* de Isla 25 de Mayo.

■ J juveniles < 1 año ■ Hembras adultas ■ Machos adultos

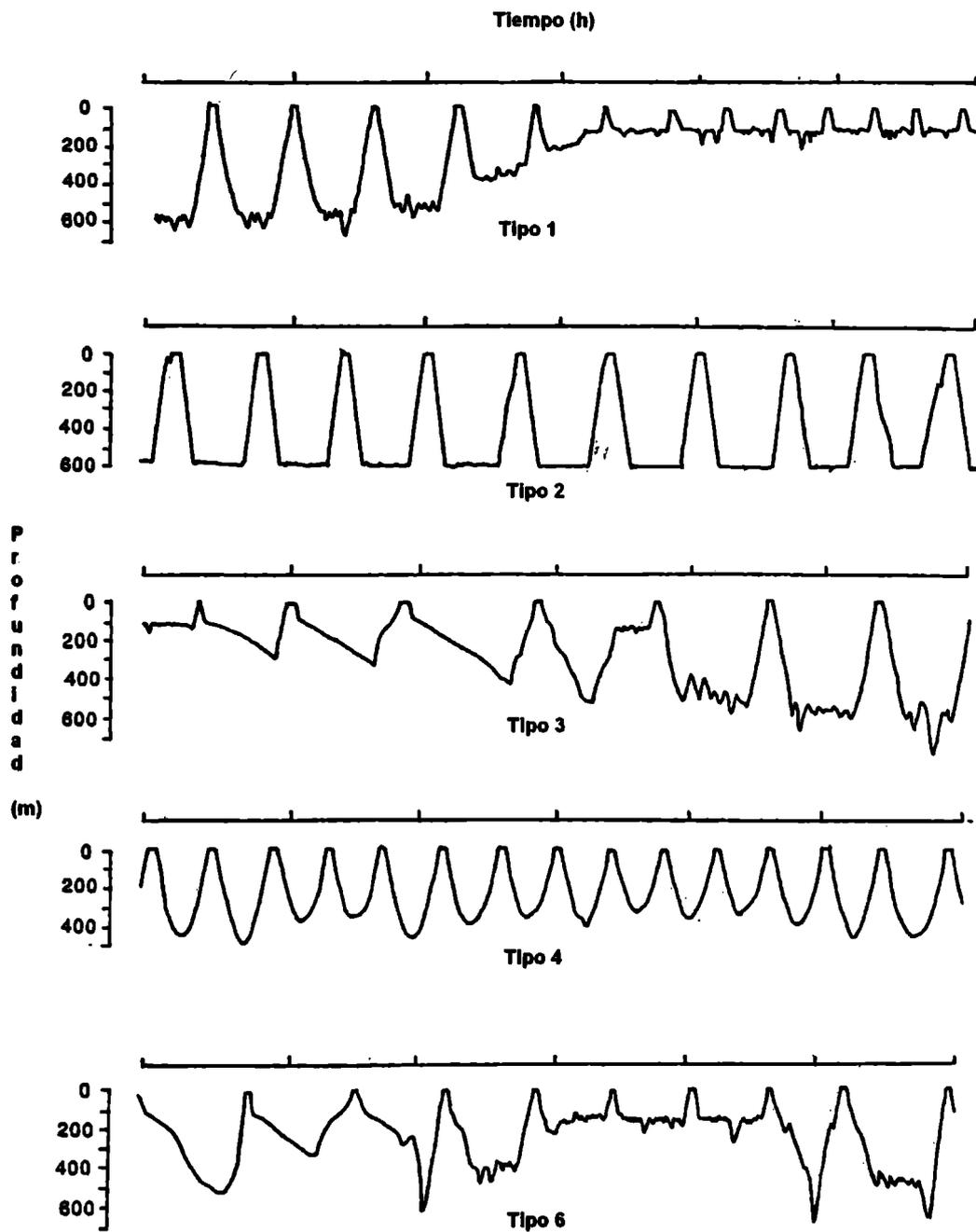


Figura 2.4.4. Los 5 tipos característicos de buceo desarrollados por ejemplares de *M. leonina* de Isla Macquarie (tomado de Slip *et al.* 1994).

a.



b.

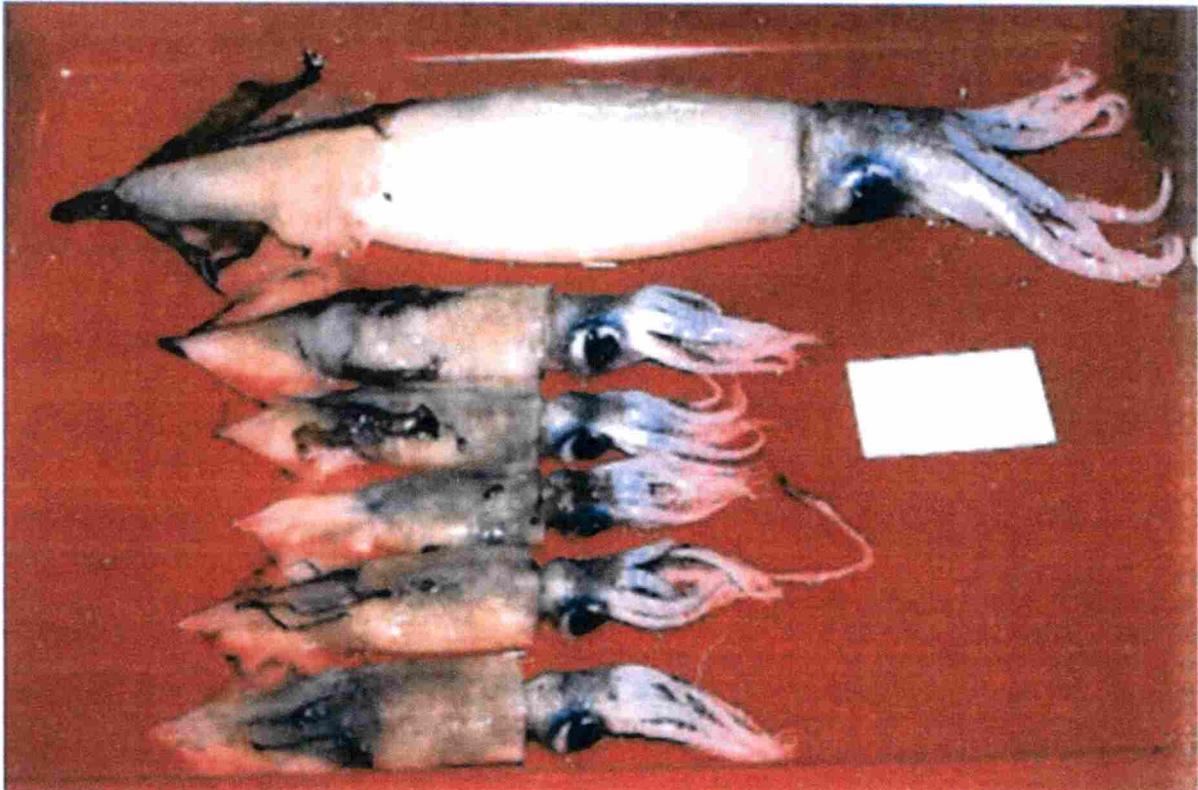


Fig. 2.4.5. Distintos estadios del calamar glacial antártico, *Psychroteuthis glacialis*.
a) Paralarva (25 mm longitud del manto *b)* Formas subadultas y adultas (Rango de longitud del manto: 130-355 mm).

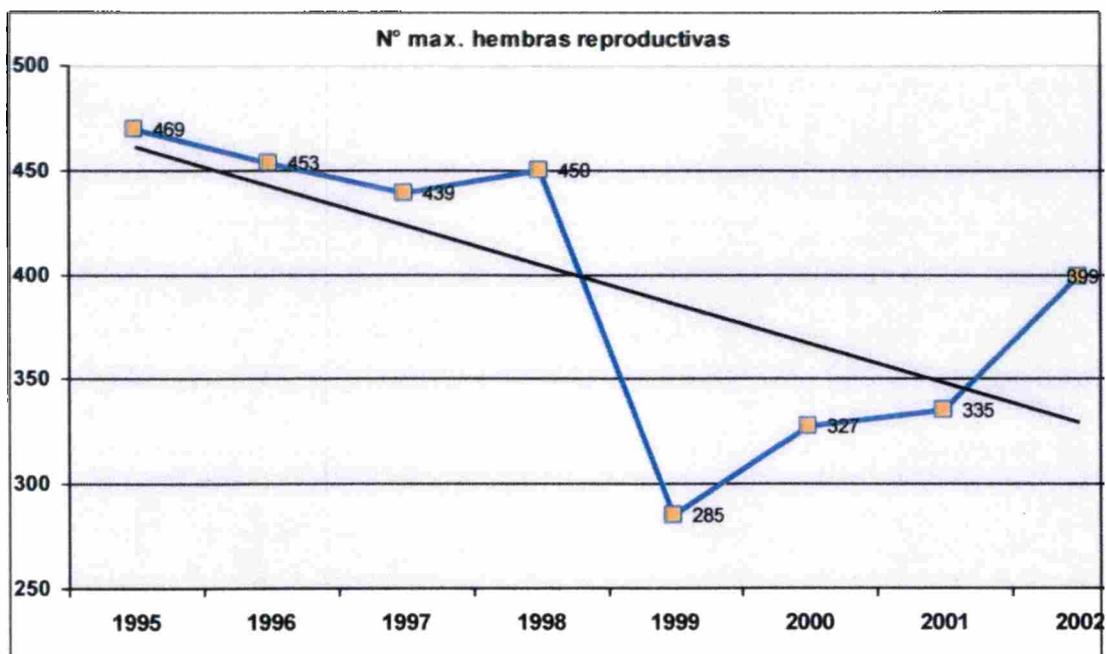


Fig.2.4.6. Variación interanual en el pico máximo de hembras presentes en las temporadas reproductivas (1995 a 2002) coincidentes con el período de estudio (este pico se produce a fines de octubre de cada año). A.R.Carlini (datos no publicados).

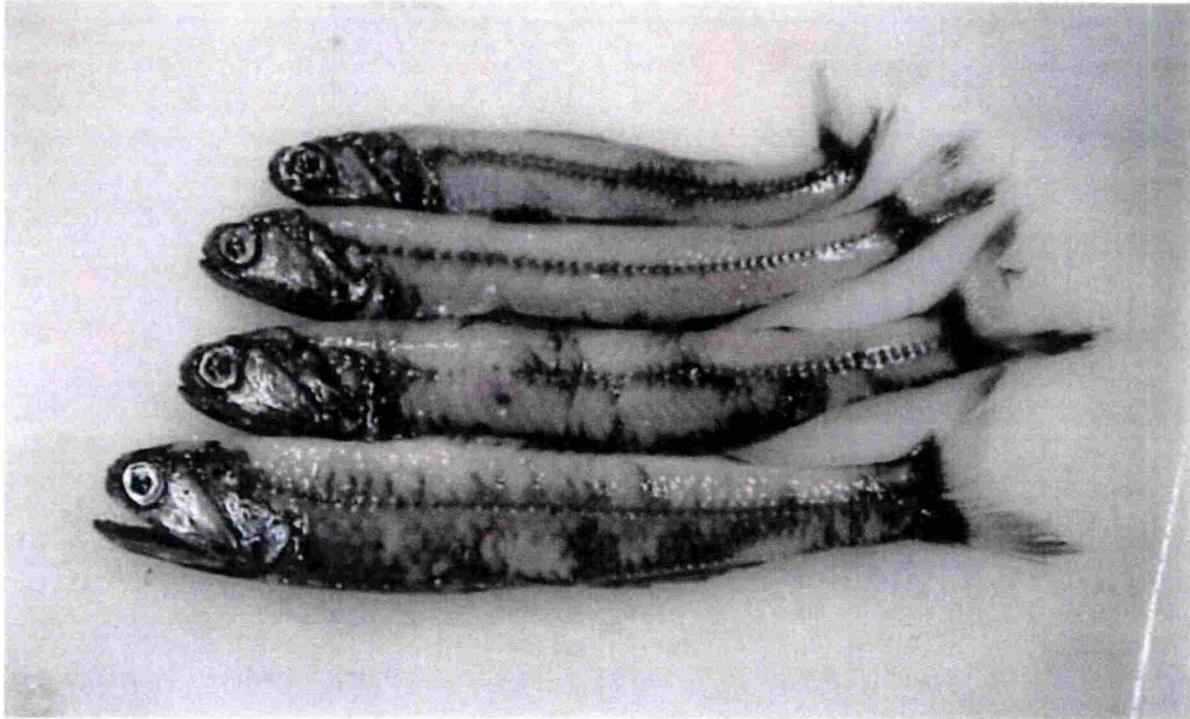


Fig. 2.4.7. Ejemplares de *Gymnoscopelus nicholsi*, principal especie íctica presa de *M. leonina*.

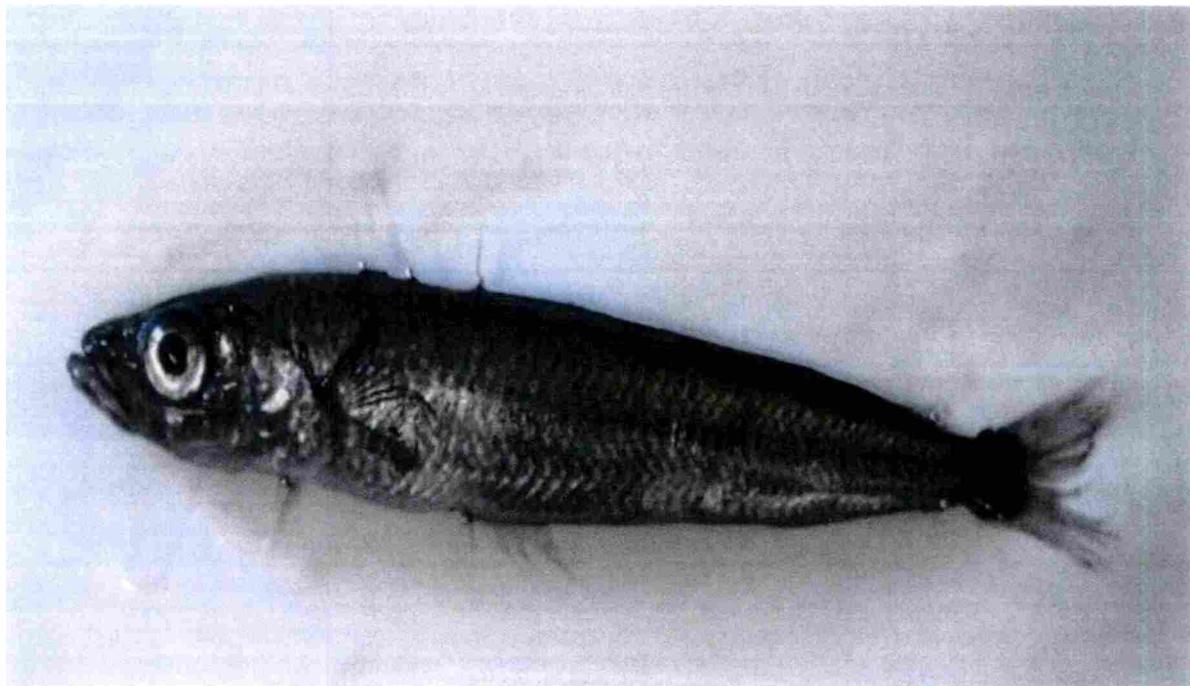


Fig. 2.4.8. Ejemplar de *Pleuragramma antarcticum*, segunda especie íctica presa en importancia de *M. leonina*.

APENDICE 2

MORFOLOGÍA CRÁNEO DENTARIA

Phocoidea	Otarioidea
1. Bullas timpánicas infladas. El hueso ectotimpánico (a) forma aproximadamente 1/3 de la bulla mientras que el entotimpánico (b) constituye el piso ventral y la mitad medial de la misma.	1. Bullas timpánicas pequeñas y chatas formadas casi enteramente por el hueso ectotimpánico (a); el entotimpánico (b) rodea solamente el canal carotídeo.
2. Canal alisfenoideo ausente	2. Canal alisfenoideo presente
3. Nasaes que se proyectan en sentido posterior entre los frontales	3. Frontales que se proyectan anteriormente entre los nasaes
4. Proceso mastoideo poco desarrollado	4. Gran desarrollo del proceso mastoideo.
5. Procesos paraoccipitales pequeños y no fusionados al área mastoidea.	5. Procesos paraoccipitales muy desarrollados que se fusionan en el adulto al área mastoidea. (excepto en odobaenidos)
6. Yugal y escamoso contactan en forma contrapuesta.	6. Yugal y escamoso contactan en forma yuxtapuesta.
7. Procesos supraorbitales ausentes	7. Procesos supraorbitales presentes bien desarrollados (excepto en odobaenidos)
8. Formula dentaria de incisivos 3/2, 2/2 ó 2/1	8.) Formula dentaria de incisivos 3/2 (Odobaeenidos 1/0)
9. Incisivos superiores sin surco transversal	9. Incisivos superiores 1 y 2 con surco transversal (st) (excepto en Odobaenidos).
10. Bulla timpánica distinguible en vista lateral del cráneo y separada del mastoideo por el surco stilomastoideo. (ssm)	10. Bulla timpánica no distinguible en vista lateral, encubierta por el gran desarrollo del proceso paraoccipital.
11. Laberinto basal de la cóclea orientado en sentido transversal a la orientación del cráneo	11. Laberinto basal de la cóclea orientado en sentido postero lateral.
12. Membrana timpánica amplia	12. Membrana timpánica pequeña (amplia en Odobenidos)

Tabla 3.1.1. Lista de caracteres diagnósticos diferenciales entre las dos superfamilias de Pinnipedios. Basada en King (1983).

Phocinae	Monachinae
1. Abultamiento lateral del proceso mastoideo que forma un reborde o cresta formando un ángulo aproximado de 60° respecto del eje longitudinal del hueso mastoideo.	1. Cresta o reborde del proceso mastoideo ausente.
2. Porción petrosa del mastoideo ampliamente expuesta en el forámen lacerum posterior	2. Porción petrosa no expuesta o apenas expuesta en el forámen lacerum posterior
3. Forámen lacerum posterior se extiende anteriormente a lo largo del borde medial de la bulla timpánica (excepto <i>Erignathus</i>)	3. Forámen lacerum posterior pequeño, no extendido a lo largo del borde medial de la bulla.

Tabla 3.1.2. Caracteres craneanos diagnósticos diferenciales entre las dos subfamilias de la Familia Phocidae. Basado en King (1966, 1983).

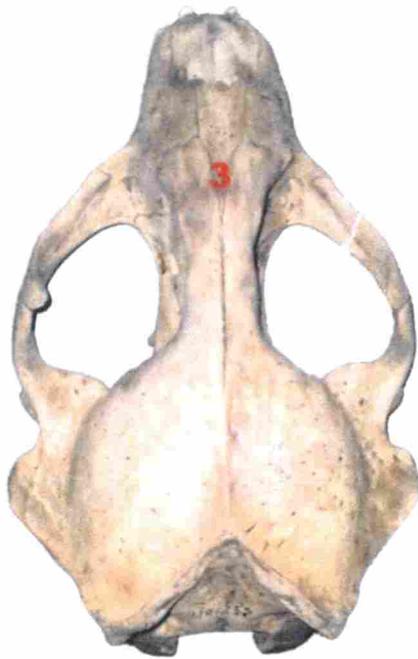
<i>Lobodon e Hydrurga</i>	<i>Leptonychotes y Ommatophoca</i>
1. Región preorbital relativamente extensa	1. Región preorbital relativamente corta
2. Dientes yugales altamente especializados con cúspides accesorias bien desarrolladas	2. Dientes yugales reducidos con cúspides accesorias poco desarrolladas o ausentes
3. Molares bien desarrollados	3. Molares poco desarrollados
4. Occipucio alto	4. Occipucio bajo

Tabla 3.1.3. Caracteres diferenciales entre cuatro géneros de lobodontinos antárticos a partir de Muizon y Hende y King (1983).

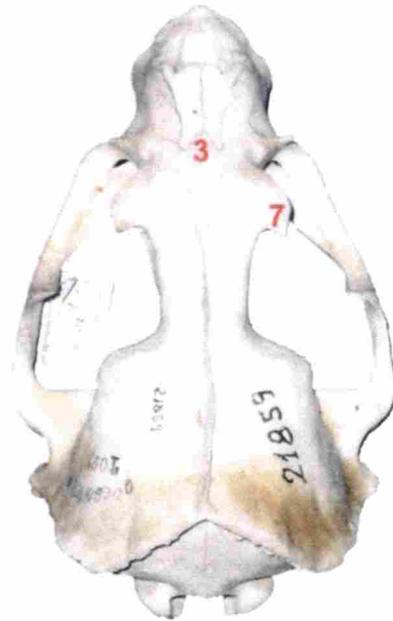
Variables	Macho	Hembra	Diferencia % Macho >hembra
Ancho palatal	174	98	77%
Ancho Zigomático	332	211	57%
Ancho interorbital	76	40	90%
Longitud palatal	238	133	89%
Ancho rostral	158	87	82%
Ancho sinfiseal	136	63	116%

Tabla 3.1.4. Diferencias porcentuales calculadas a partir de medidas (mm) de 6 variables cráneo mandibulares tomadas en machos y hembras adultos de *M. leonina*.

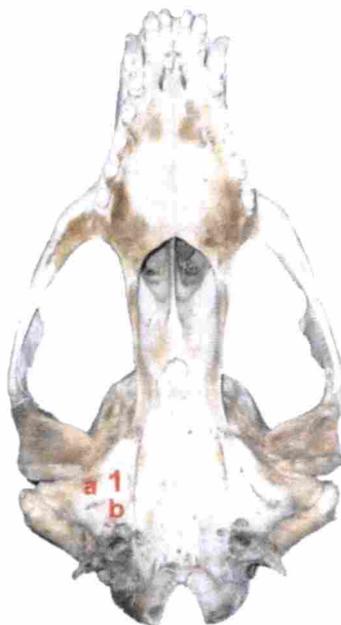
Tomado de Briggs y Morejohn (1976).



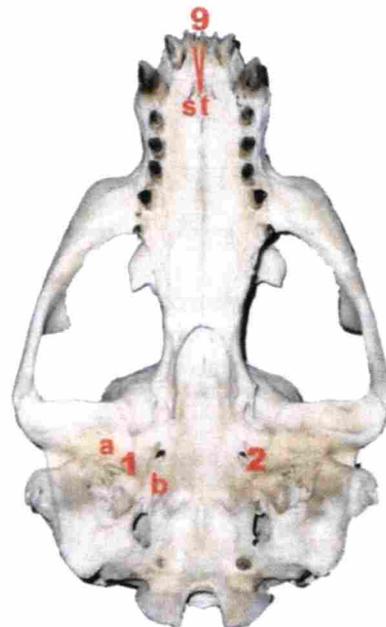
**a- Vista dorsal Phocidae
(*Leptonychotes weddelli*)**



**b- Vista dorsal Otariidae
(*Arctocephalus gazella*)**

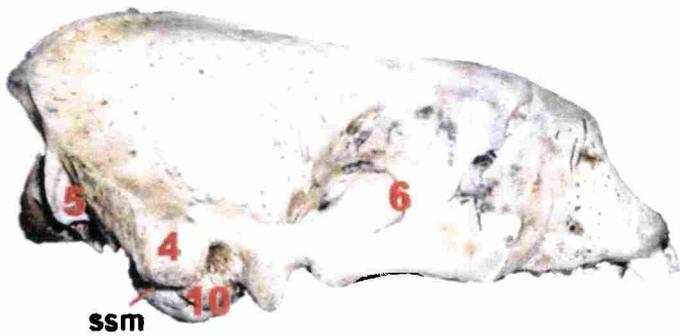


**c- Vista ventral Phocidae
(*Hydrurga leptonyx*)**

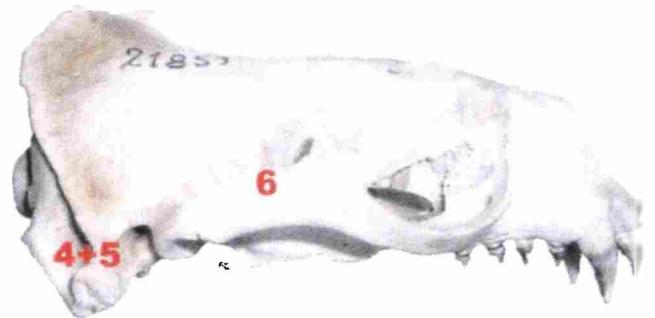


**d- Vista ventral Otariidae
(*A. gazella*)**

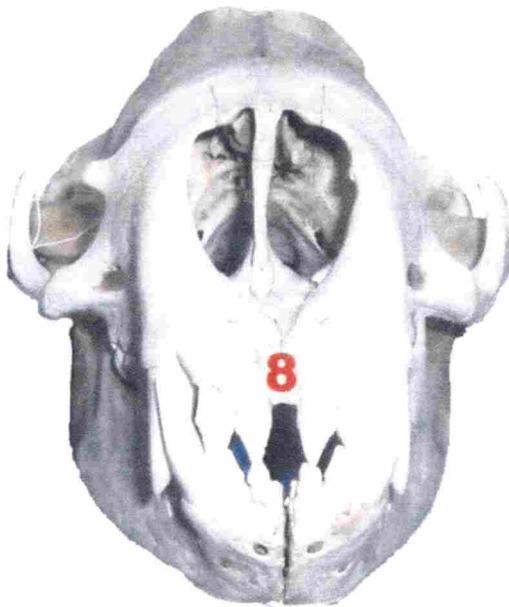
Fig. 3.1.1 A. Caracteres diagnósticos diferenciales entre cráneos de Phocidae y Otariidae en vista dorsal y ventral. Referencias en tabla 3.1.1. a. MACN-Ma 49.252 b y d. MACN-Ma 21859 c. MACN-Ma 20435.



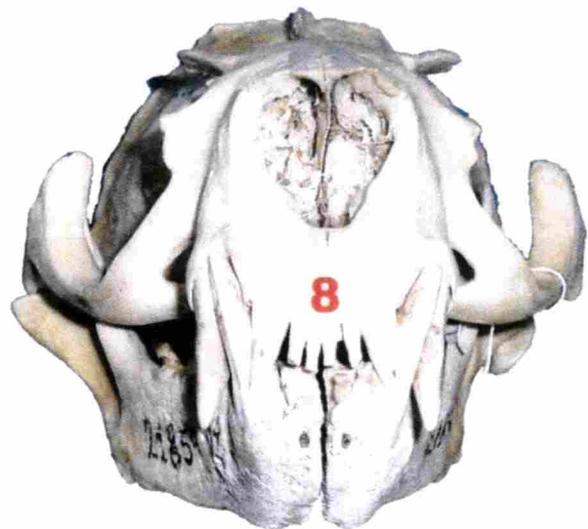
**a- Phocidae
(*L. weddelli*)**



**b- Otariidae
(*A. gazella*)**

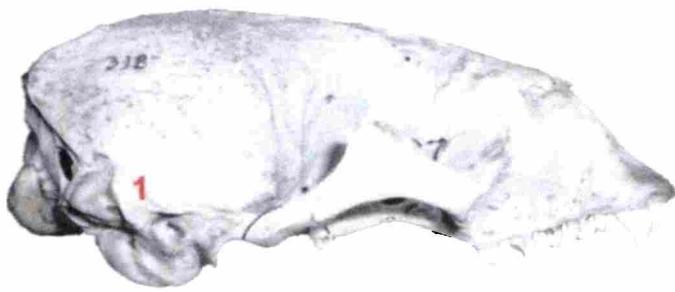


**c- Phocidae
(*H. leptonyx*)**

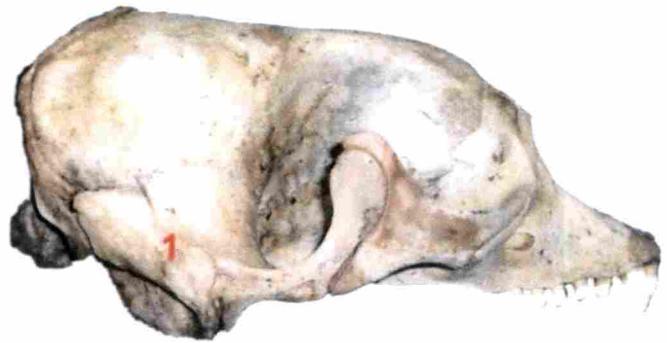


**d- Otariidae
(*A. gazella*)**

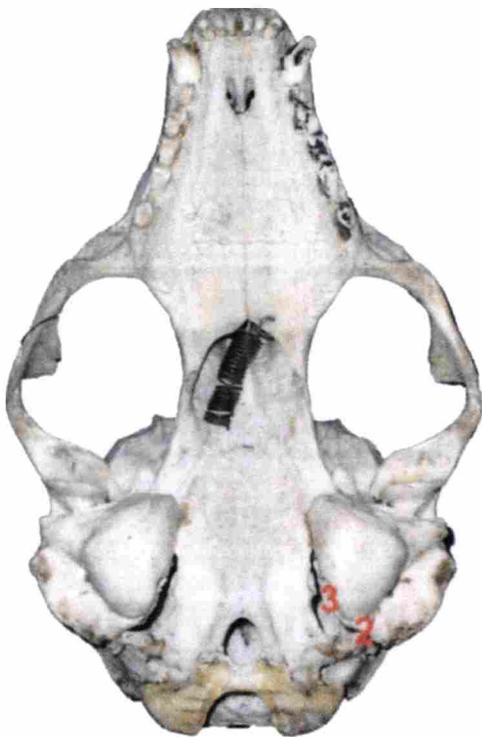
Fig. 3.1.1 B. Caracteres diagnósticos diferenciales entre cráneos de Phocidae y Otariidae en vista lateral y frontal. Referencias en tabla 3.1.1. a. MACN-Ma 49.252 b. MACN-Ma 21859 c. MACN-Ma 20435 d. MACN-Ma 21859.



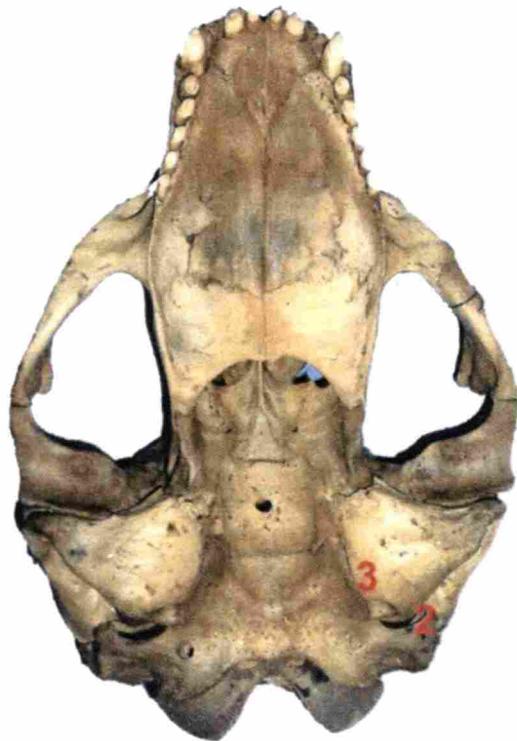
**a. *Phoca* sp.
Phocinae**



**b. *M. leonina*
Monachinae**



**c *Phoca* sp.
Phocinae**



**d. *M. leonina*
Monachinae**

Fig. 3.1.2: Caracteres diagn3sticos diferenciales entre cr3neos de Phocinae y Monachinae. Referencias en tabla 3.1.2. a y c: MACN-Ma 318 b y d: MACN-Ma: 22613.

a.



b.



Fig. 3.1.3. Caracteres diferenciales entre las especies de Lobodontinae *H. leptonyx* (a) y *L. weddellii* (b). Referencias en tabla 3.1.3. a: MACN-Ma 20435 b: MACN-Ma 49252.

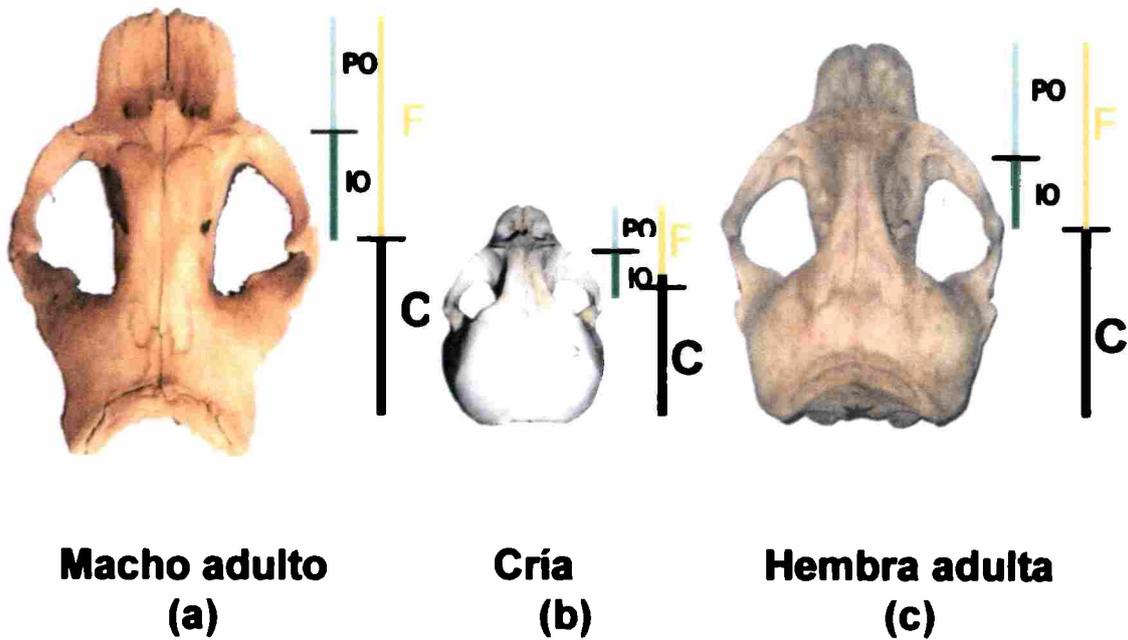


Fig. 3.1.4. Variación de las proporciones de la región craneana₁ y facial₂ (con sus dos subregiones interorbital₃ y preorbital₄) desde la fase juvenil a la fase adulta de *M. leonina*.

C Region craneana propiamente dicha **F:** Region facial **IO:** Región interorbital

PO: Región preorbital. **a:** MLP 947 **b:** Macn-Ma 22615 **c.** MACN-Ma 22612

1. Considerada desde el nivel del foramen etmoideo (o bien de la placa cribiforme) hasta el margen del foramen magnum. 2. Considerada desde el nivel del foramen etmoideo hasta el extremo anterior del premaxilar. 3. Desde el foramen etmoideo hasta tubérculo maxilar (proceso preorbital). 4. Desde tubérculo maxilar hasta extremo anterior premaxilar (Sensu King 1973).

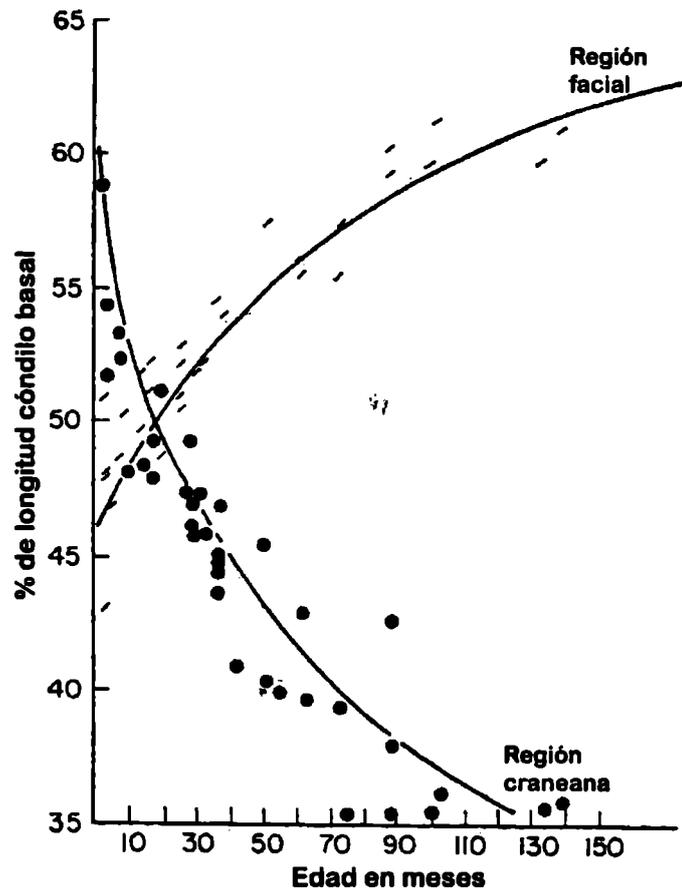


Fig. 3.1.5. Variación ontogenética en las proporciones de la región facial y región craneana de *M. leonina* expresadas como porcentaje de la longitud cóndilo basal. / Región Facial
 • Región craneana. Tomado de King (1972).

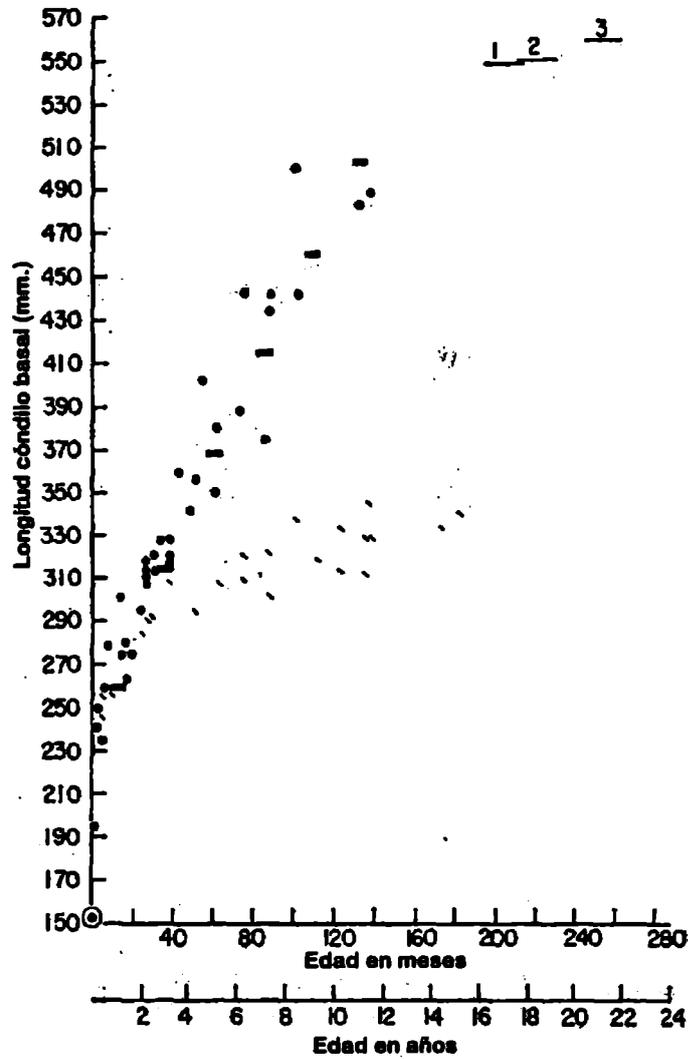
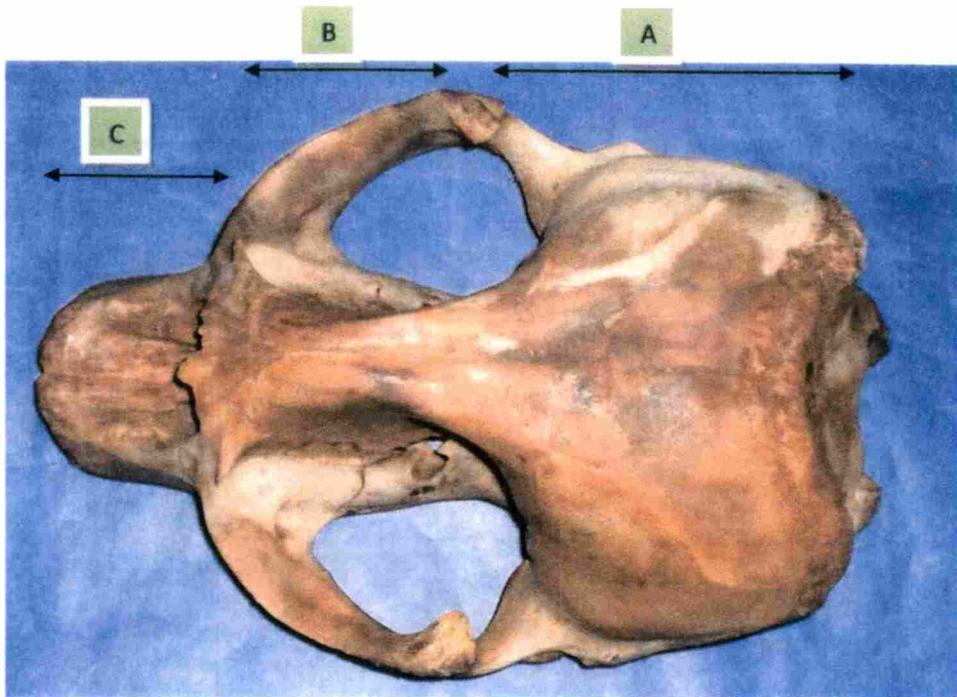
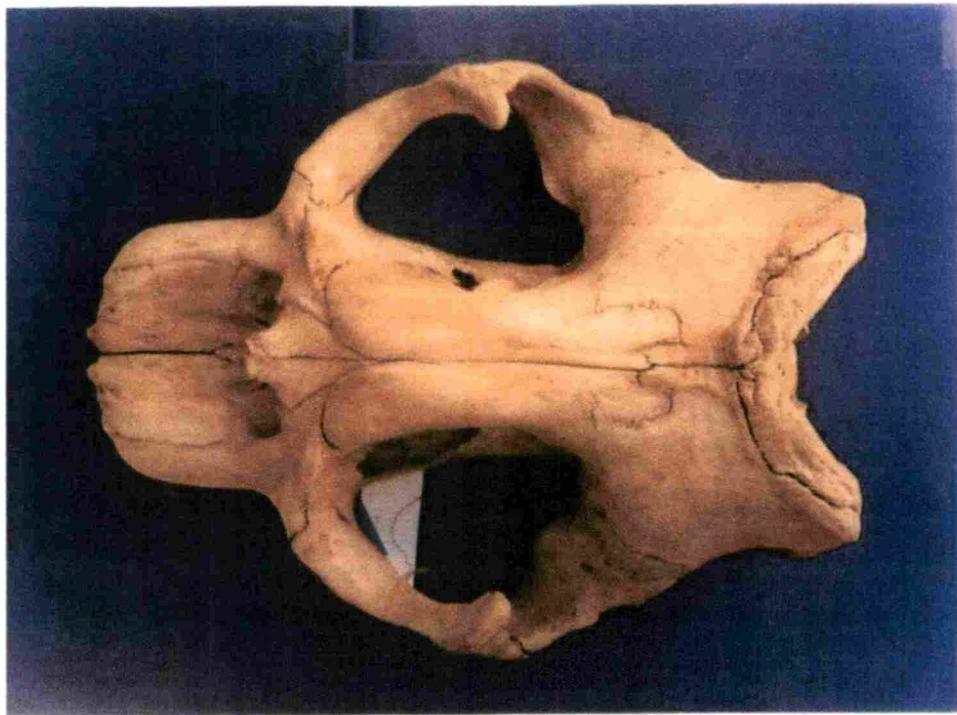


Fig 3.1.6. Incremento diferencial de la longitud cóndilo basal en función de la edad y el sexo en *M. leonina*. / Hembra • Macho. Tomado de King (1972).

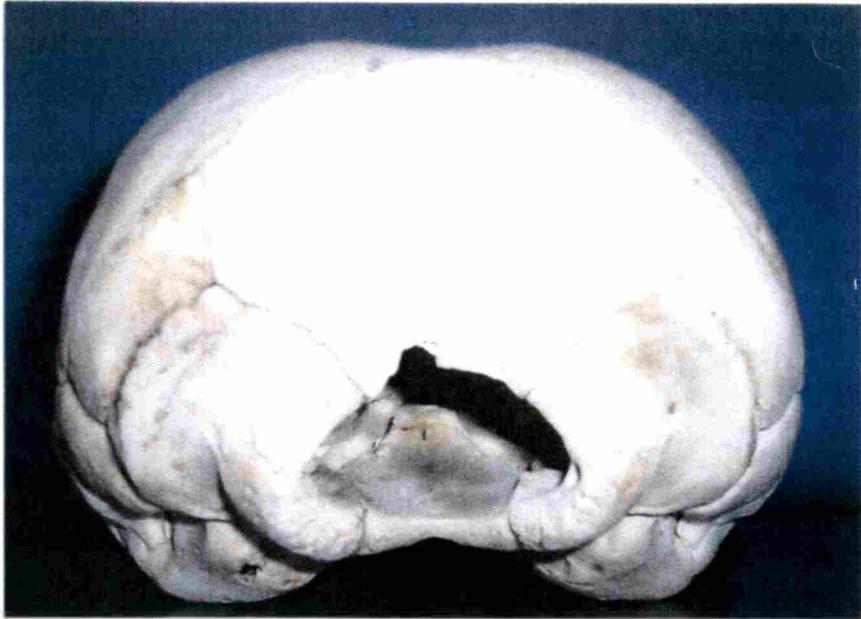


a



b

Fig. 3.1.7. Vista dorsal cráneo *M. leonina*. **a)** Hembra adulta y **b)** Macho adulto.

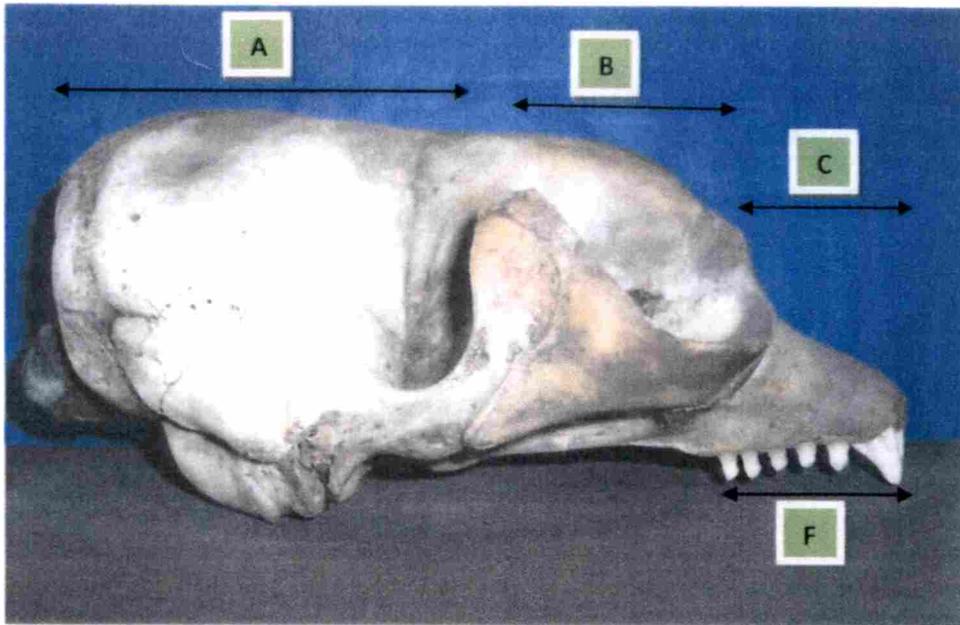


c

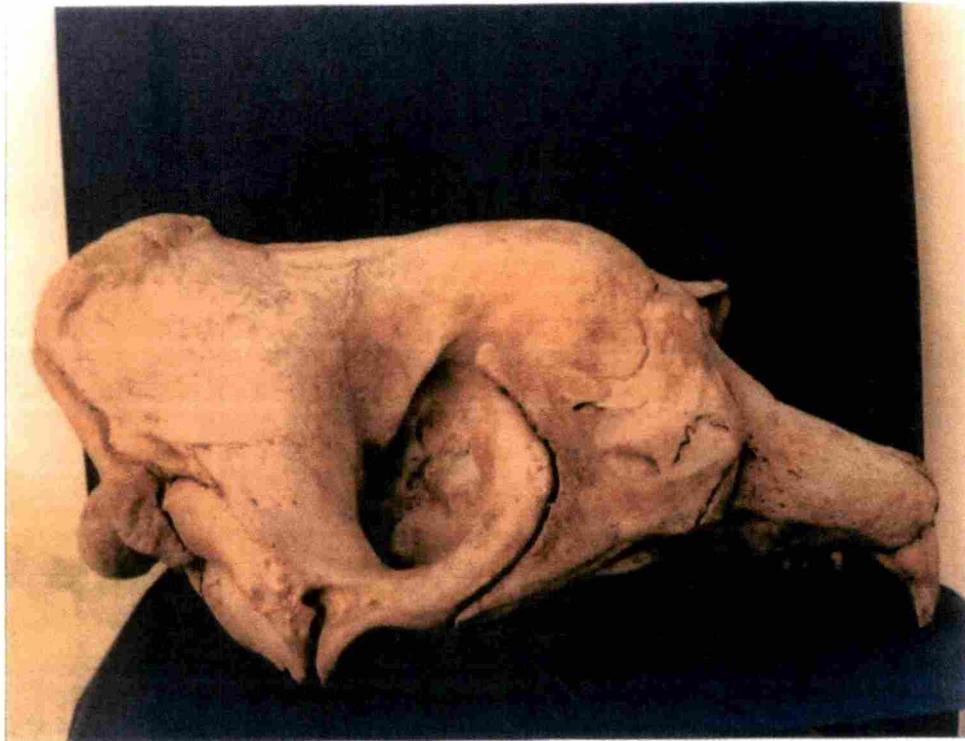


d

Fig. 3.1.7. Vista posterior cráneo c) Cría d) Hembra adulta.

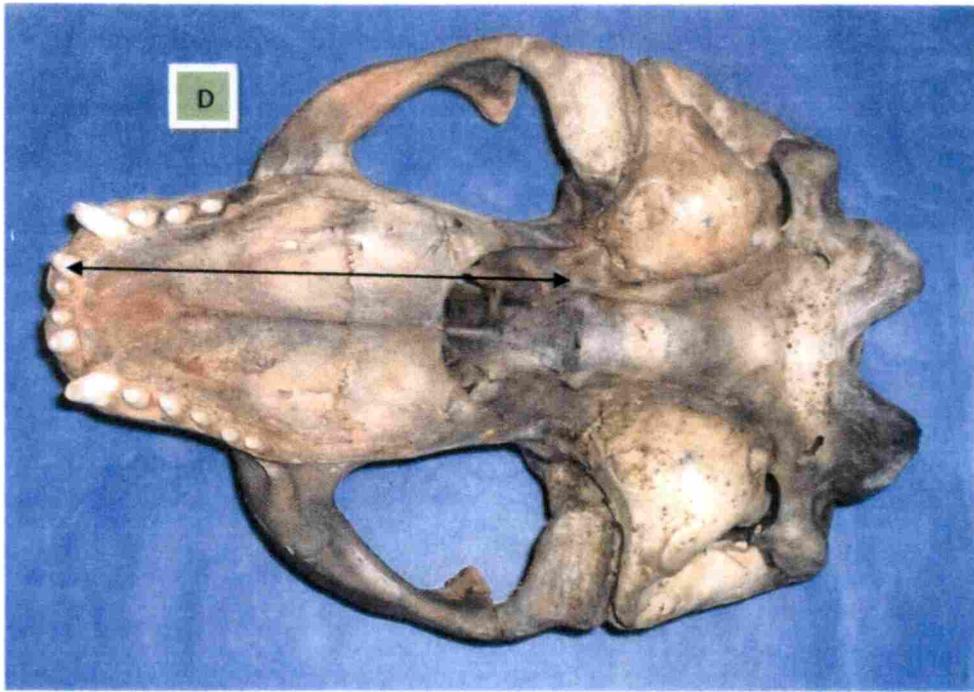


e

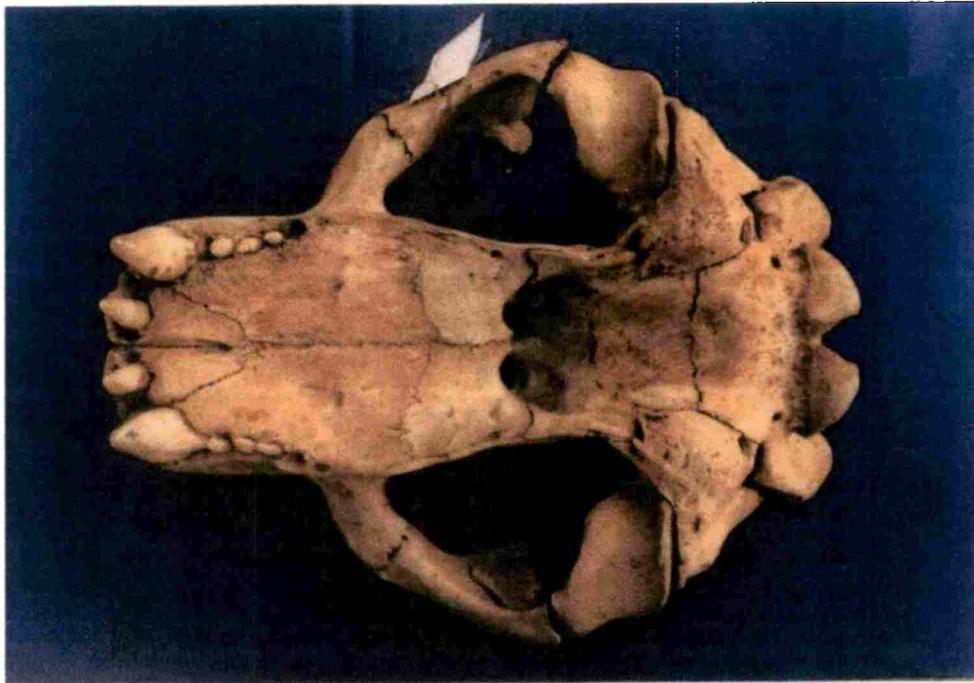


f

Fig. 3.1.7. Vista lateral cráneo e) Hembra adulta f) Macho adulto.

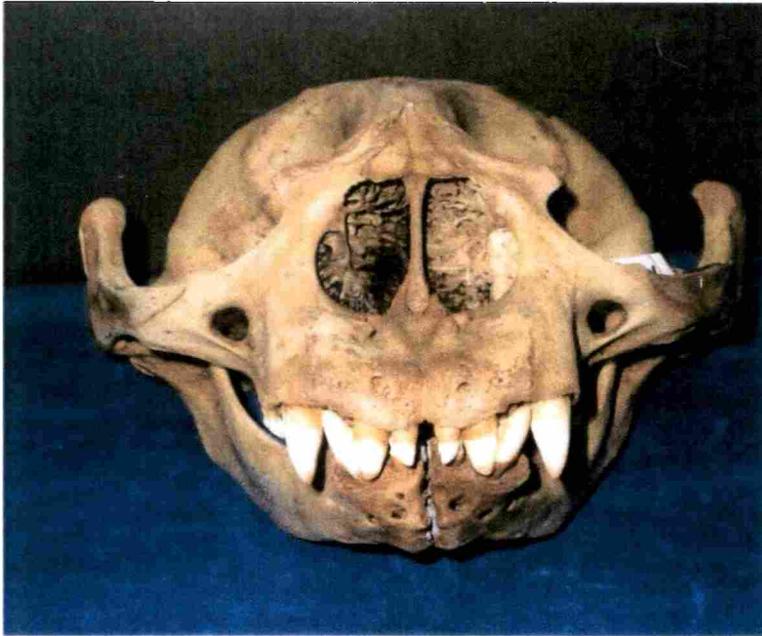


g

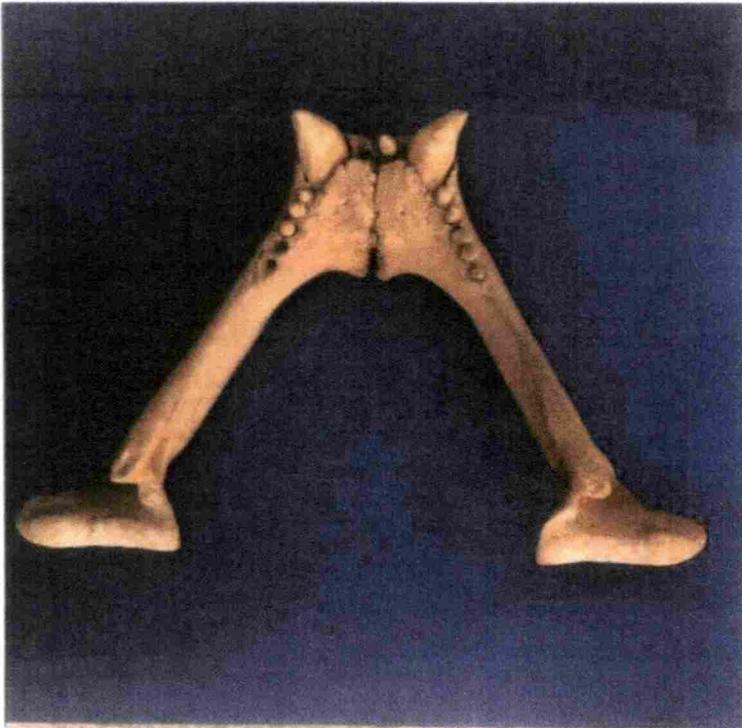


h

Fig. 3.1.7. Vista ventral cráneo g) Hembra adulta h) Macho adulto.

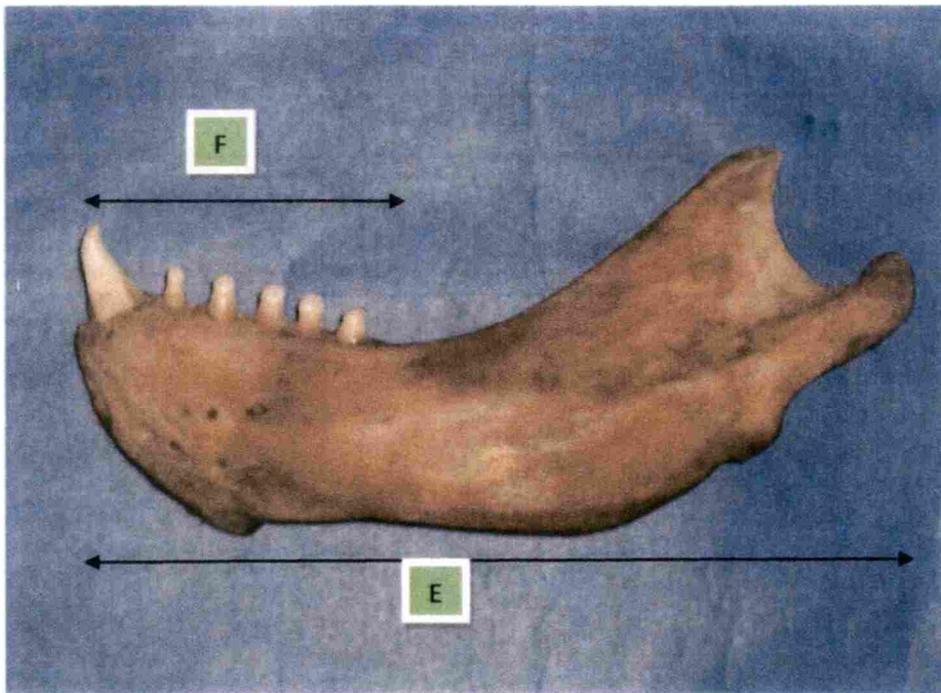


i

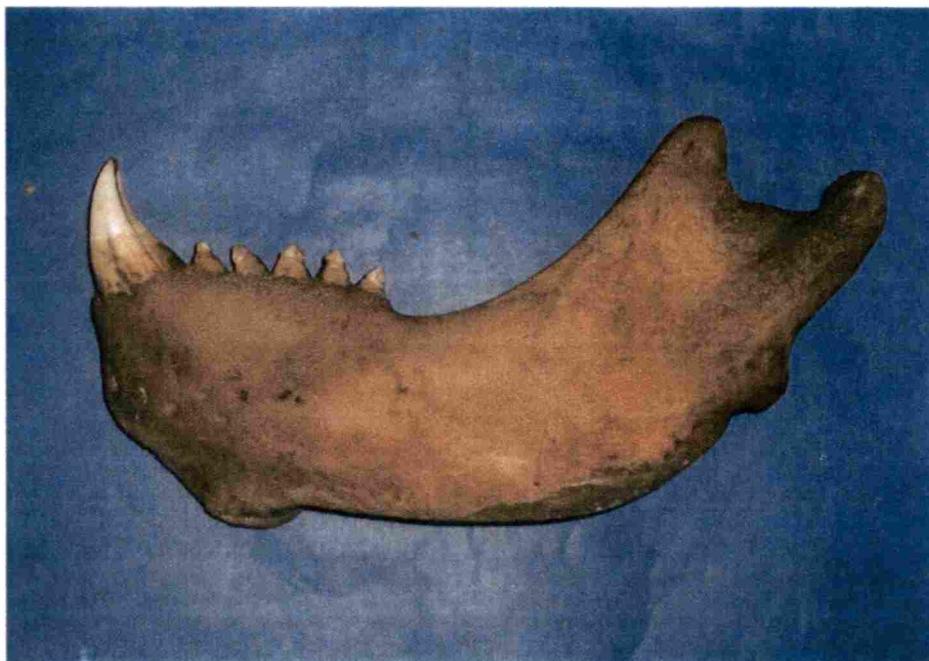


j

Fig. 3.1.7. i) Vista frontal cráneo hembra adulta, j) vista dorsal mandíbula macho adulto.



k



l

Fig. 3.1.7. Vista lateral externa hemimandíbula. k) Hembra adulta l) Macho adulto. Referencias en texto. Macho MLP 947, hembra MACN-Ma 22613 y cría MACN-Ma 22615.

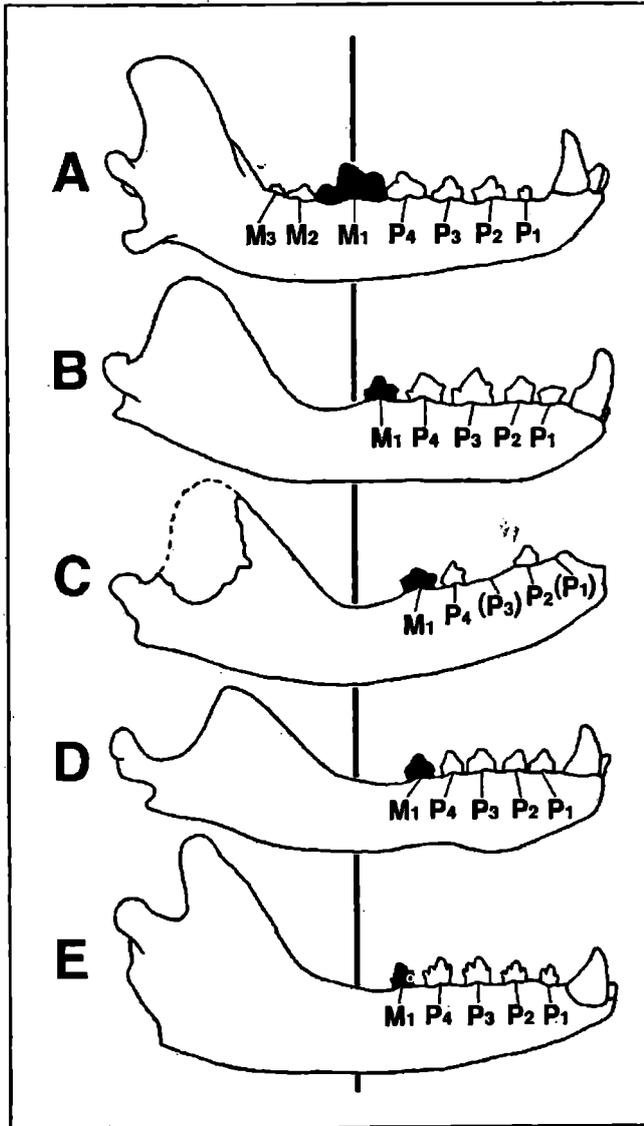
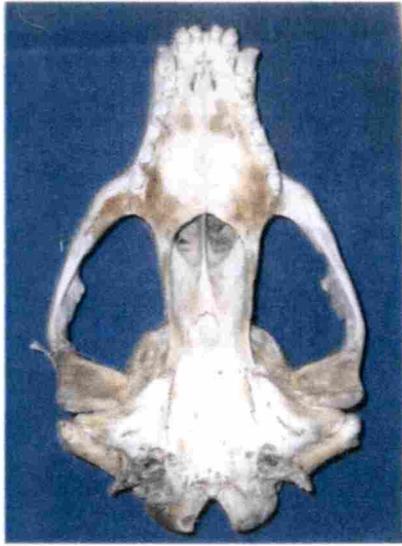
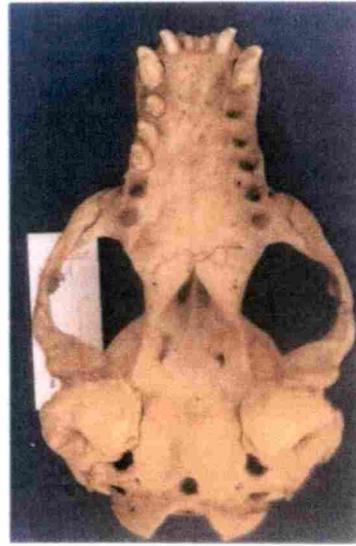


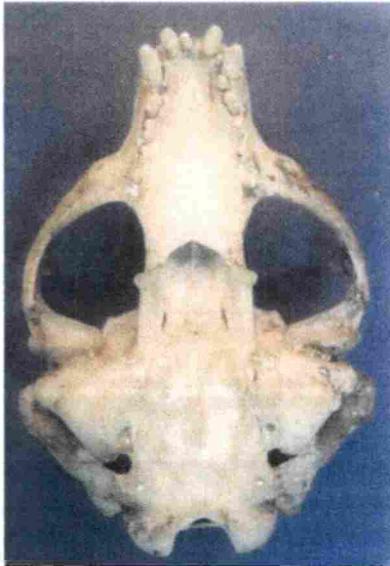
Fig. 3.1.8. Vistas laterales de mandíbulas de A. Coyote (*Canis latrans*), B. *Enaliarctos meal si* (Pinnipedio fósil), C. *Pteronarctos goedertae* (Pinnipedio fósil), D. Leon marino californiano (*Zalophus californianus*) y E. Foca de Bahía (*Phoca vitulina*) escalados a un mismo tamaño. La línea vertical negra representa el punto medio de la longitud del dentario. P₁-P₄. Poscaninos 1 a 4. M₁ (ó Poscanino₅). Notese que el M₁ se posiciona en forma anterior al punto medio dentario en todos los pinnipedios fósiles y vivientes. Tomado de Adam y Berta (2002).



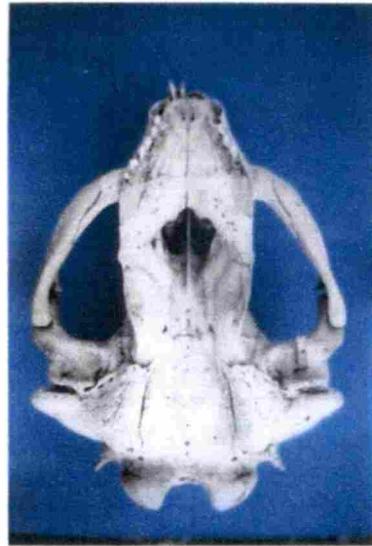
a: *Hydrurga leptonyx*



b: *Lobodon carcinophagus*



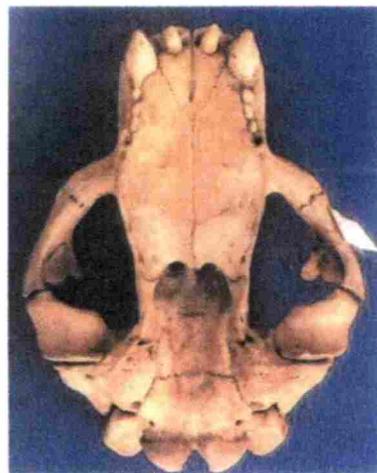
c: *Leptonychotes weddelli*



d: *Ommatophoca rossi*



e: *Mirounga leonina* (hembra)



f: *Mirounga leonina* (macho)



a: *Hydrurga leptonyx*



b: *Lobodon carcinophagus*



c: *Leptonychotes weddelli*



d: *Ommatophoca rossi*



e: *Mirounga leonina* (hembra)

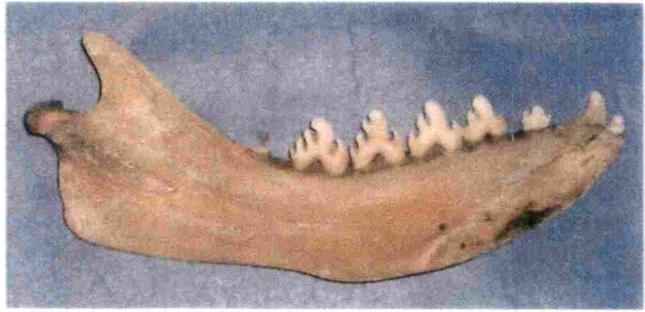


f: *Mirounga leonina* (macho)

Fig. 3.2.2. Vistas laterales de cráneos **a:** MACN-Ma 20435 **b:** MLP 161 **c:** MACN-Ma 20628
d: MACN-Ma 48.259 **e:** MACN-Ma 22613 **f:** MLP 947.



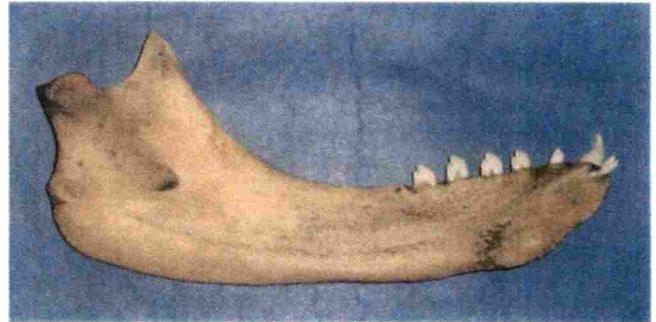
a: *Hydrurga leptonyx*



b: *Lobodon carcinophagus*



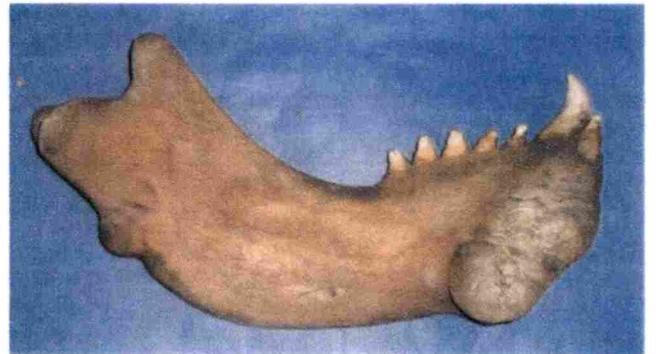
c: *Leptonychotes weddelli*



d: *Ommatophoca rossi*

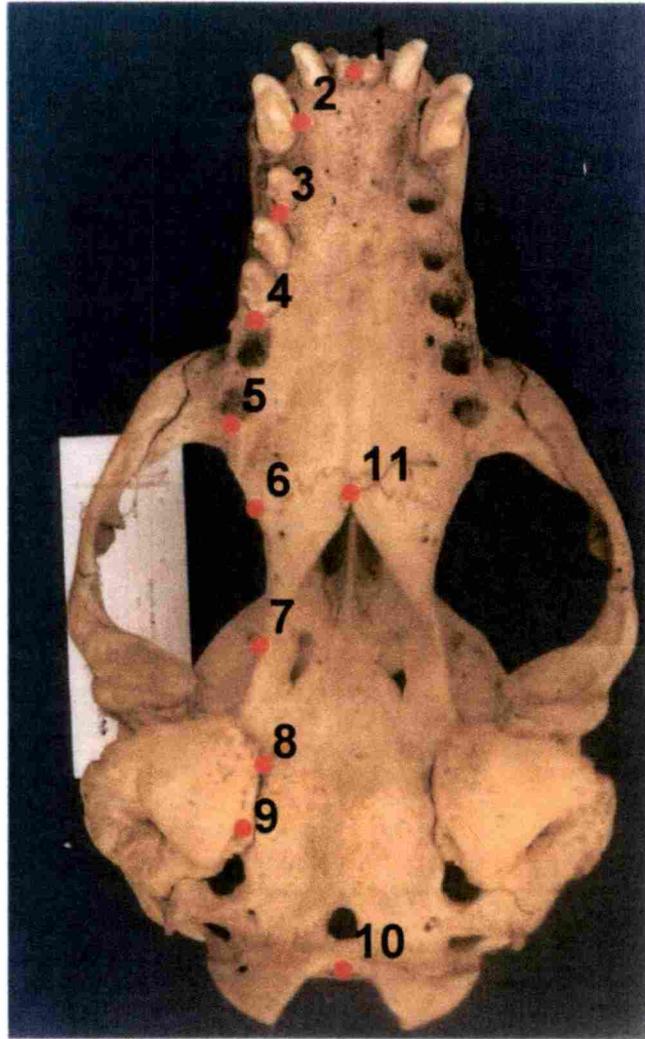


e: *Mirounga leonina* (hembra)



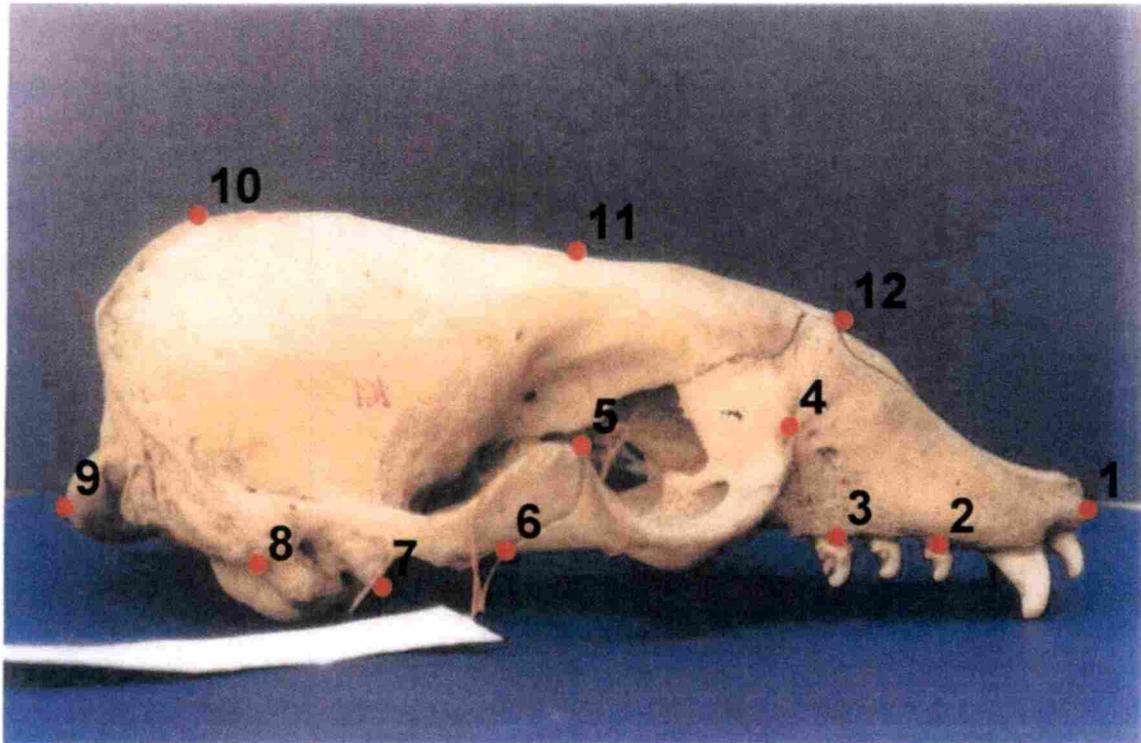
f: *Mirounga leonina* (macho)

Fig. 3.2.3. Vista interna de hemimandíbulas. **a:** MACN-Ma 20435 **b:** MACN-Ma 19.20 **c:** MACN-Ma 20628 **d:** MACN-Ma 48.259 **e:** MACN-Ma 222613 **f:** MLP 947.



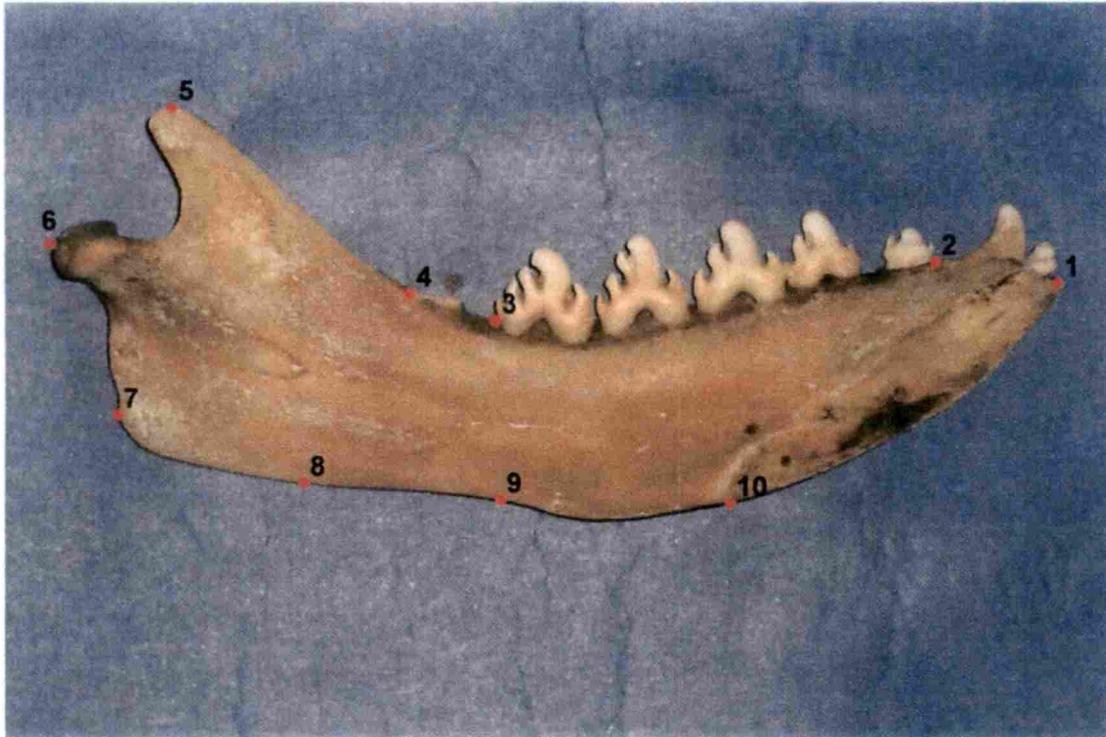
a

Fig. 3.2.4 a. Vista ventral de *L. carcinophagus* (MLP 161) mostrando los 10 landmarks seleccionados para el análisis morfológico.



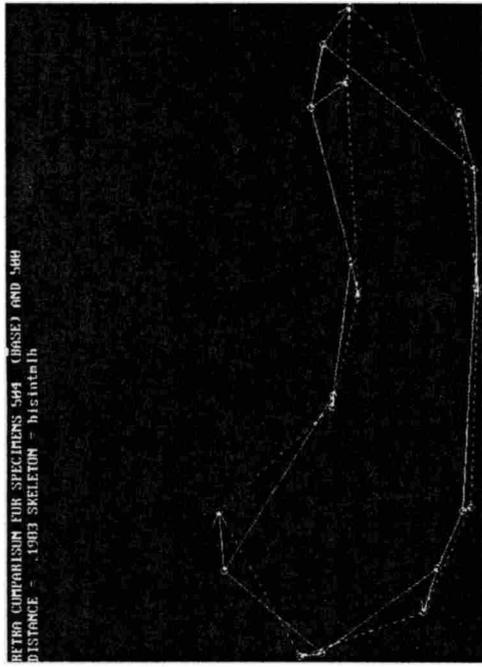
b

Fig. 3.2.4 b. Vista lateral del cráneo de *L. carcinophagus* (MLP 161) mostrando los 12 landmarks seleccionados para el análisis morfológico.

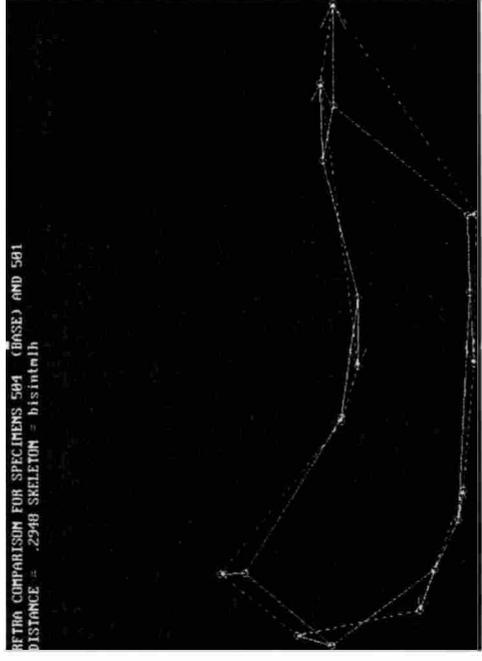


C

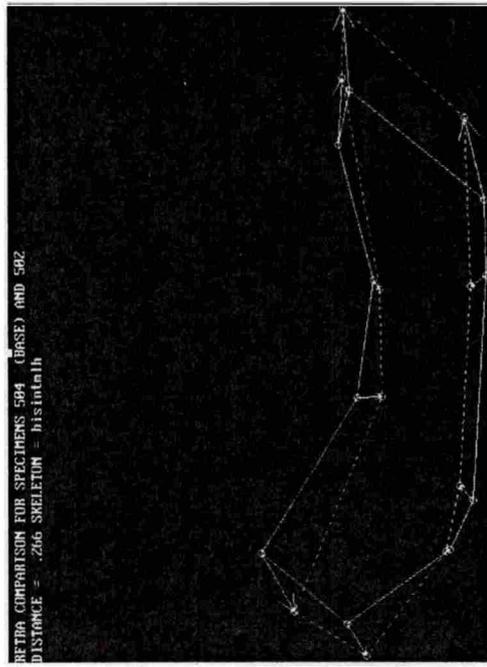
Fig. 3.2.4 c. Vista lateral interna de hemimandíbula de *L. carcinophagus* (MLP 161) mostrando los 10 landmarks seleccionados para el análisis morfológico. Referencias en texto.



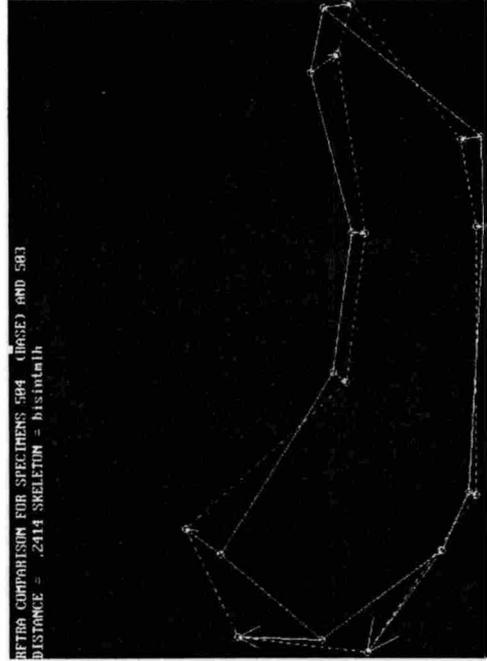
a



b



c



d

Fig. 3.3.1. Resultados del Análisis RFTRA de las mandíbulas indicando landmarks, vectores y diagramas poligonales superpuestos. Línea continua: espécimen base (*M. leonina*); línea punteada = especie comparada a) *M. leonina* – *H. leptonyx* b) *M. leonina* – *L. weddelli* y d) *M. leonina* – *O. rossi*.

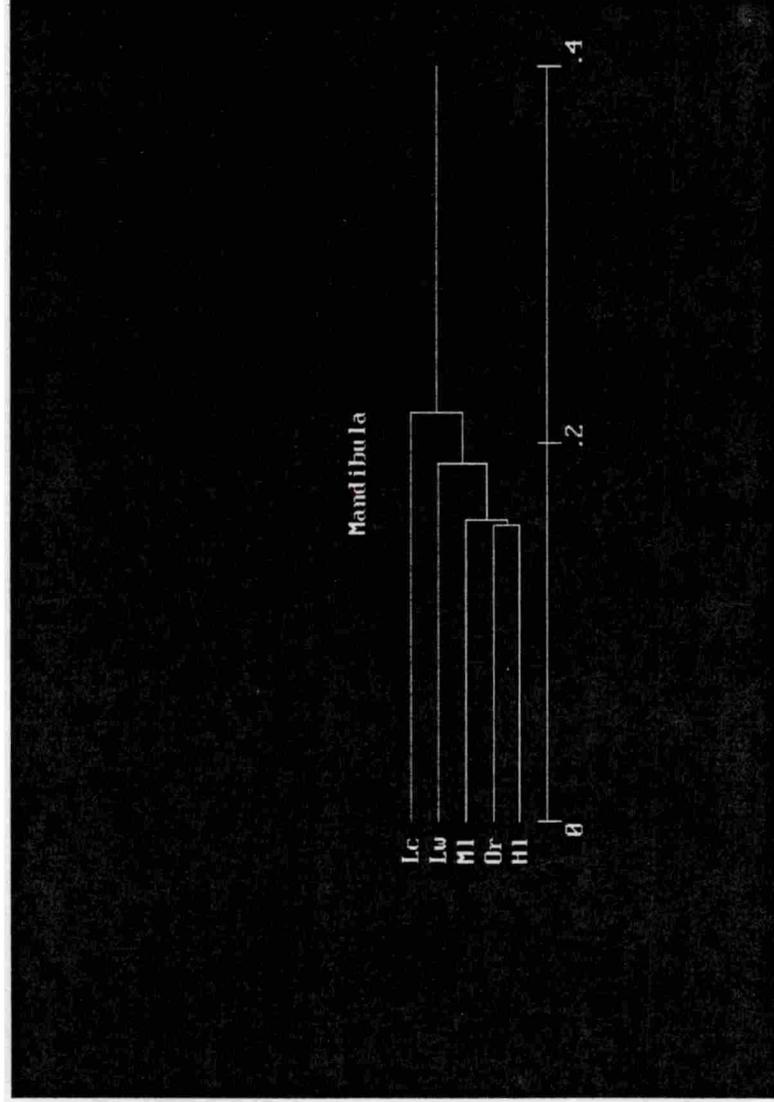
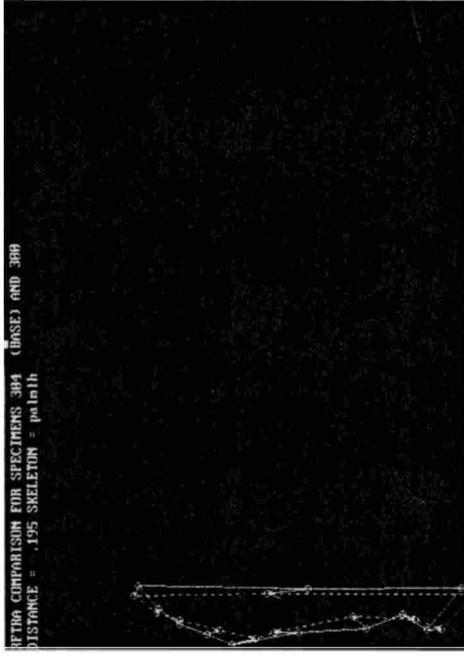
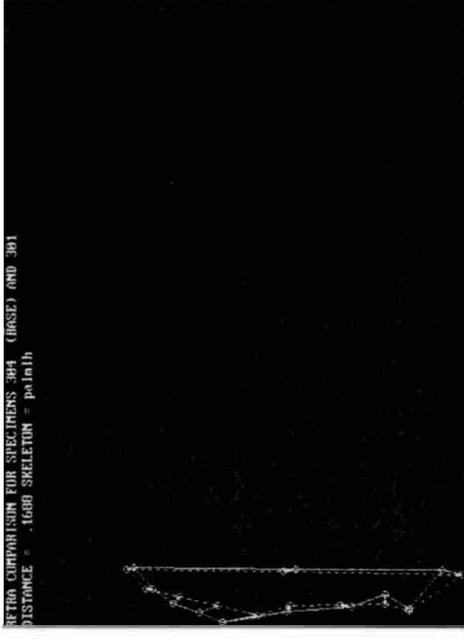


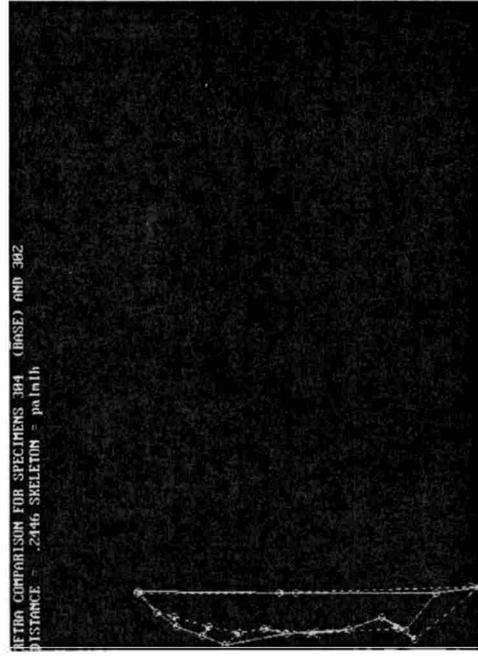
Fig. 3.3.2. Dendrograma resultante del análisis de cluster por el método UPGMA utilizando distancias RFTRA de las mandíbulas
Lc: *Lobodon carcinophagus* **Lw:** *Leptonychotes weddelli* **Ml:** *Mirounga leonina* **Or:** *Ommatophoca rossi* **Hl:** *Hydrurga leptonyx*.



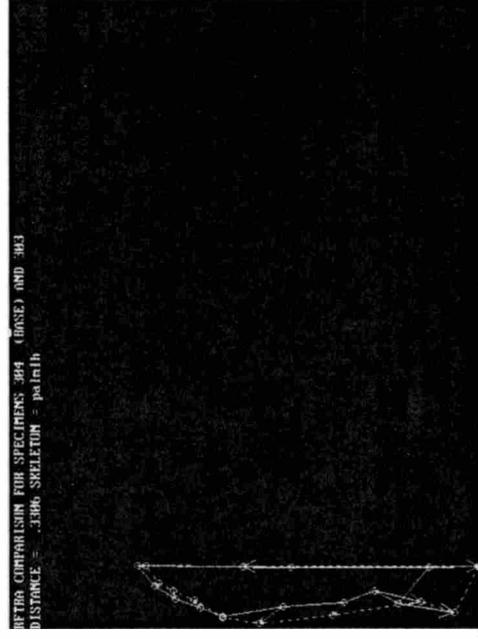
a



b



c



d

Fig. 3.3.3. Resultados del Análisis RFA de los cráneos en vista palatal indicando landmarks, vectores y diagramas poligonales superpuestos. Línea continua = espécimen base (*M. leonina*); línea punteada = especie blanca a) *M. leonina* – *H. leptonyx* b) *M. leonina* – *L. carcinophagus* c) *M. leonina* – *L. weddelli* y d) *M. leonina* – *O. rossi*.

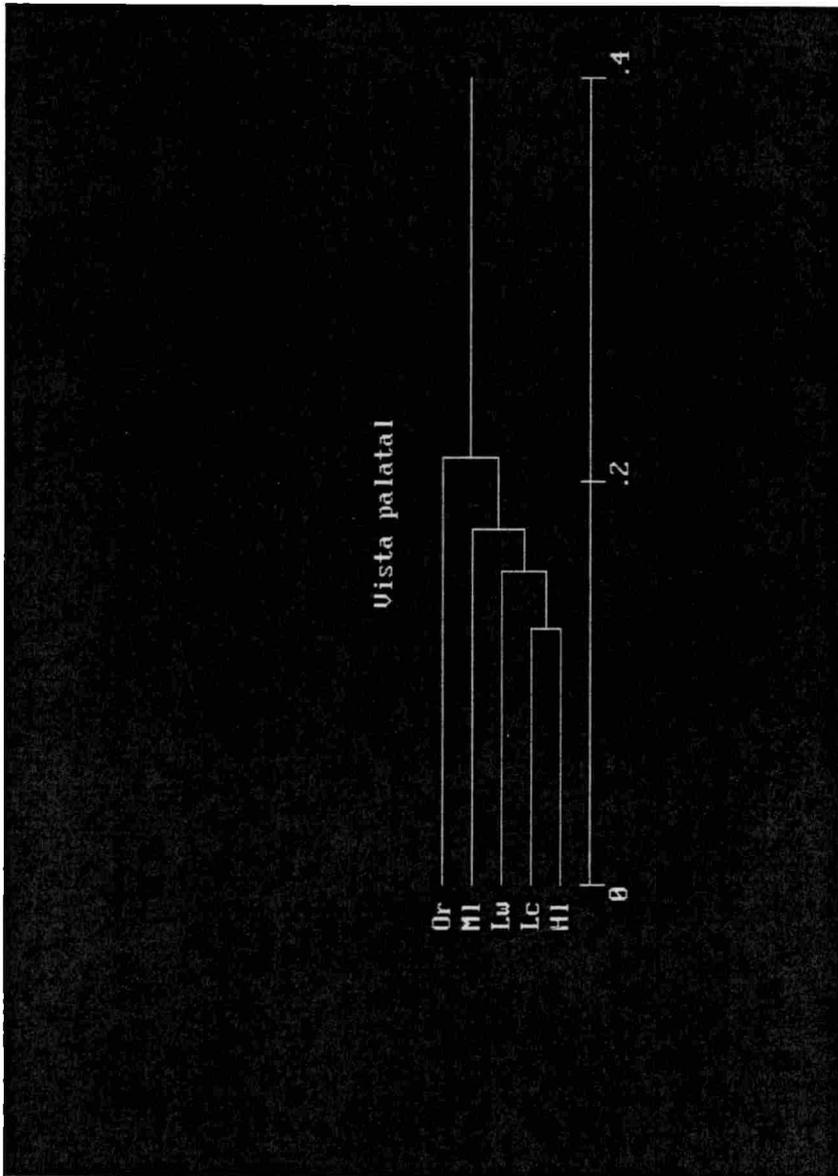
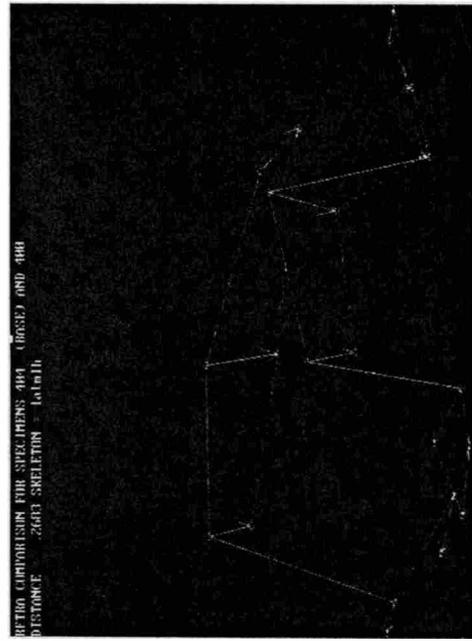
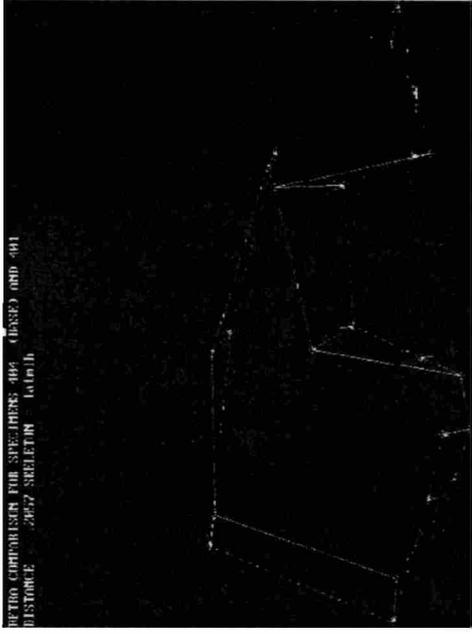


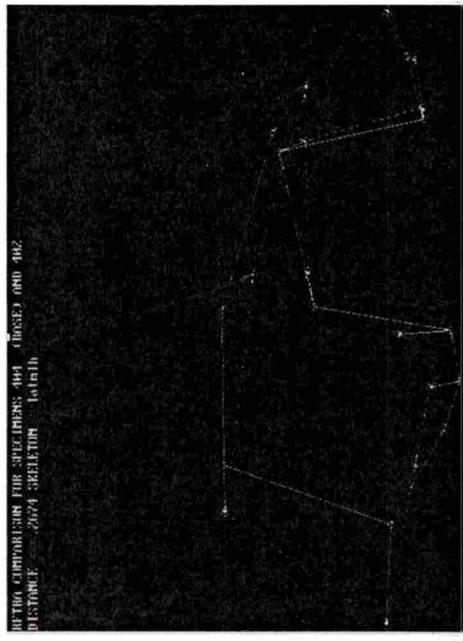
Fig. 3.3.4. Dendrograma resultante del análisis de cluster por el método UPGMA utilizando distancias RFTRA de los cráneos en vista palatal
 Lc: *Lobodon carcinophagus* Lw: *Leptonychotes weddelli* MI: *M. leonine* Or: *Ommatophoca rossi* HI: *Hydrurga leptonyx*.



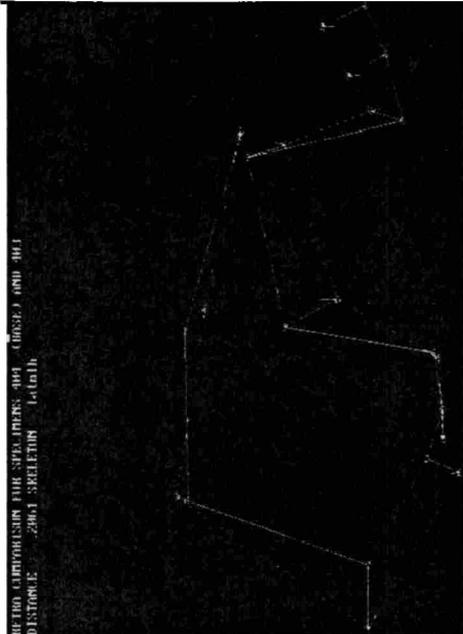
a



b

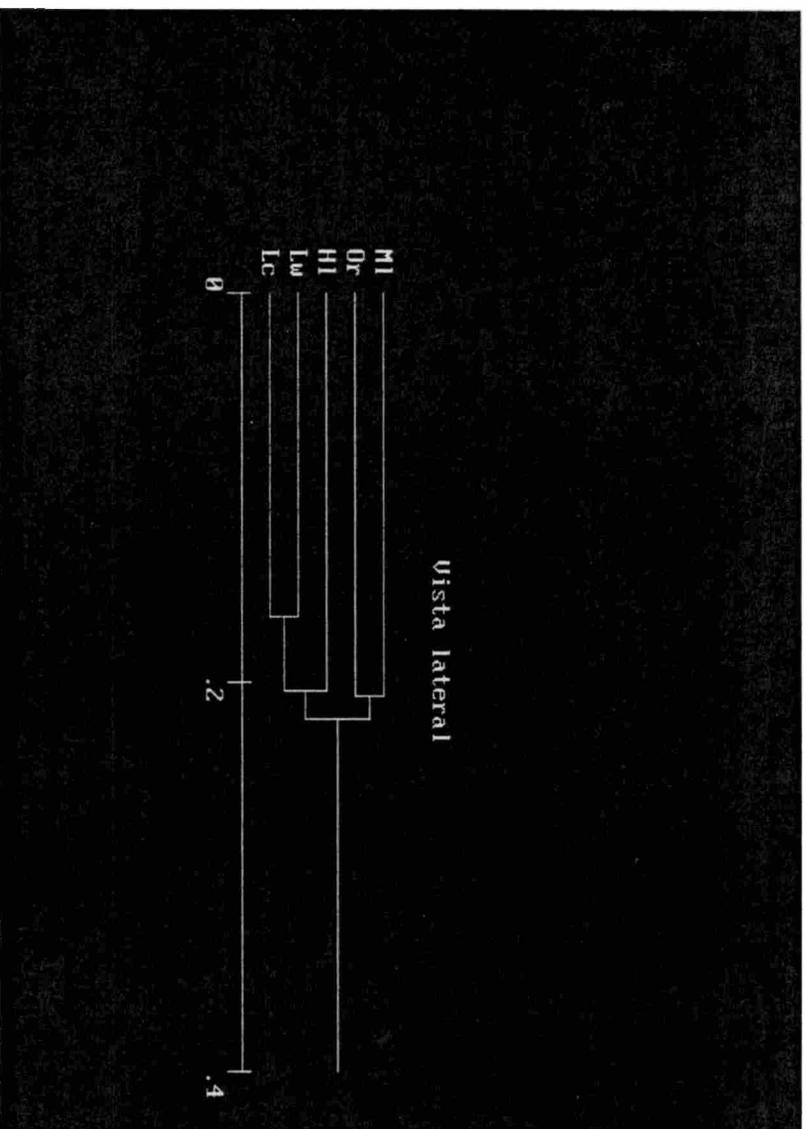


c



d

Fig. 3.3.5. Resultados del Análisis RFTRA del cráneo en vista lateral indicando landmarks, vectores y diagramas poligonales superpuestos. Línea continua = espécimen base (*M. leonina*); línea punteada = especie blanco a) *M. leonina* – H. leptonyx b) *M. leonina* – *L. carcinophagus* c) *M. leonina* – *L. weddelli* y d) *M. leonina* – *O. rossi*.



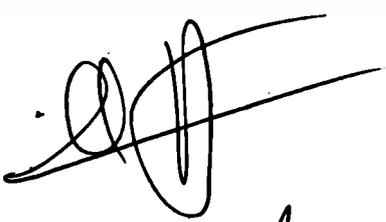
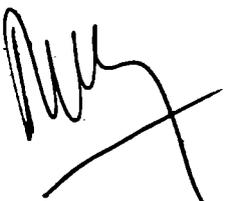

 J. B. ...


Fig. 3.3.6. Dendrograma resultante del análisis de cluster por el método UPGMA utilizando distancias RFTRA de los cráneos en vista lateral
Lc: *Lobodon carcinophagus* **Lw:** *Leptomylachotes weddelli* **M1:** *M. leonina* **Or:** *Ommatophoca rossi* **H1:** *Hydrurga leptonyx*.