

## MORFOMETRÍA CRANEANA COMPARADA DEL LOBO FINO ANTÁRTICO (*Arctocephalus gazella*) DE ISLAS ORCADAS DEL SUR E ISLAS SHETLAND DEL SUR

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SKULL MORPHOMETRICS OF ANTARCTIC FUR SEALS (*Arctocephalus gazella*) FROM SOUTH ORKNEY AND SOUTH SHETLAND ISLANDS

Gustavo Adolfo DANERI<sup>1</sup>; Esperanza Amalia VARELA<sup>1</sup>; Cecilia Carina DI MARTINO<sup>1</sup>; Laura PLA<sup>2</sup>; Luciano José María DE SANTIS<sup>3</sup>; Javier NEGRETE<sup>4</sup>; Ana HARRINGTON<sup>1</sup>

1. División Mastozoología, Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Av. Angel Gallardo 470, C1405 DJR, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
2. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola, Apartado 7434, Coro 4101, Falcón-Venezuela.
3. Cátedra de Anatomía Comparada, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Calle 64 s/n (e/Diag.113 y Calle120), 1900, La Plata, Argentina.
4. Laboratorio Biología de Predadores Tope -Instituto Antártico Argentino/Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP Calle 64 s/n, 1900, La Plata Laboratorios Anexos de FCNyM.

#### RESUMEN

Se estudió la morfometría craneana de dos agrupamientos poblacionales de lobo fino antártico, *Arctocephalus gazella*, pertenecientes a diferentes localidades del Arco de Scotia, con el objetivo de detectar variación geográfica. Esto podría aportar evidencias sobre migración y flujo génico entre las mismas. Además, de corroborarse la variación geográfica, podría constituir una herramienta útil para identificar la procedencia de individuos errantes de origen incierto. Se midieron 22 variables craneométricas para cada ejemplar, de un total de 78, provenientes de Islas Orcadas del Sur (n=43) e Islas Shetland del Sur (n=35). El análisis comparativo univariado y multivariado incluyó estadística standard, análisis de la varianza, análisis de componentes principales y análisis discriminante. No se halló una diferencia clara ni significativa entre los grupos analizados lo que indicaría que se mantiene el flujo génico entre ambos. Por lo tanto, la morfometría craneana por sí sola no puede utilizarse como una herramienta útil para determinar el origen de individuos errantes de esta especie.

**Palabras claves:** *Arctocephalus gazella*, morfometría craneana, variación geográfica.

#### ABSTRACT

Skull morphometrics of two populations of Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*) located at different islands of the Scotia Arc were compared in order to detect possible geographical variation. This could provide evidence on migration and gene flow between them. In addition, if variation was shown to occur, this could be useful in identifying the source of vagrant seals of this species of unknown origin. Twenty two metric variables were measured from adult male skulls from South Orkney Islands (n=43) and South Shetland Islands (n=35). Comparative univariate and multivariate statistical analyses included standard statistics, one-way analysis of variance, principal component analysis and discriminant analysis. No significant separation between the two island groups, based on cranial characteristics, was found. This would indicate that gene flow is still occurring between them. Therefore, skull morphometrics cannot be used to determine the origin of vagrant fur seals.

**Keywords:** *Arctocephalus gazella*, skull morphometrics, geographical variation

#### INTRODUCCIÓN

Numerosas especies de mamíferos marinos desarrollan características morfológicas divergentes cuando sus poblaciones se aíslan geográficamente (1-4).

En el caso de los otáridos, algunos estudios sobre variación geográfica se han realizado mediante investigaciones genéticas en poblaciones de *Zalophus californianus* (5), *Arctocephalus* spp (6), *Eumetopias jubatus* (7) y *Otaria byronia* (8) entre otros.

Otros estudios han abordado esta misma problemática, principalmente en especies del género *Arctocephalus*, a través del análisis morfológico craneano intraespecífico (9-13) o bien mediante una combinación de ambas metodologías (14).

El lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*) se distribuye ampliamente en el Océano Austral, presentando colonias reproductivas principalmente en islas situadas al sur de la Convergencia Antártica (Georgias

del Sur, Sandwich del Sur, Shetland del Sur, Orcadas del Sur, Bouvet, Kerguelen, Heard, Mac Donald) y unas pocas al norte de dicho frente oceánico (Marion, Crozet, Príncipe Eduardo y Macquarie) (15).

Esta especie fue sometida a una intensa explotación comercial durante el siglo XIX hasta principios del siglo XX, la cual llevó a sus poblaciones al borde de la extinción (16,17). Sin embargo, con el cese de la caza comercial, se produjo una recuperación sustancial de la especie, la cual restableció progresivamente sus colonias reproductivas en distintas localidades del Océano Austral, entre ellas en las islas del Arco de Scotia, particularmente Georgias del Sur, cuya colonia representa actualmente poco más del 90% de su población reproductiva mundial (18,19).

El objetivo del presente estudio fue analizar comparativamente la morfometría craneana de ejemplares machos adultos correspondientes a dos agrupamientos poblacionales de *A. gazella* localizados en dos localidades del Arco de Scotia (Orcadas del Sur y Shetland del Sur), a efectos de detectar la posible existencia de variación geográfica.

Se asumió, en base a antecedentes sobre el proceso de recolonización de *A. gazella* en esta región, que es-

tos dos grupos podrían estar asociados a diferentes colonias reproductivas del Océano Austral *i.e.*, Georgias del Sur e Isla Livingston, respectivamente (17,20,21).

La información obtenida podría aportar evidencias sobre migración y flujo génico entre estos agrupamientos, y de existir variación geográfica, podría constituir una herramienta potencial para identificar el origen de ejemplares errantes de esta especie de procedencia desconocida. Cabe mencionar además que, para nuestro conocimiento y hasta la fecha, el presente estudio constituye el primero en analizar intraespecíficamente la morfometría craneana de *A. gazella* en archipiélagos del sector Antártico Argentino.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se basó en 78 cráneos de *A. gazella*, correspondientes a ejemplares machos adultos provenientes de Isla Laurie, Orcadas del Sur (n=43) e Islas 25 de Mayo, Nelson y Media Luna, Shetland del Sur (n=35). Los especímenes examinados pertenecen a las colecciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MACN-Ma), Museo de La Plata (MLP) e Instituto Antártico Argentino (IAA) (Apéndice 1).

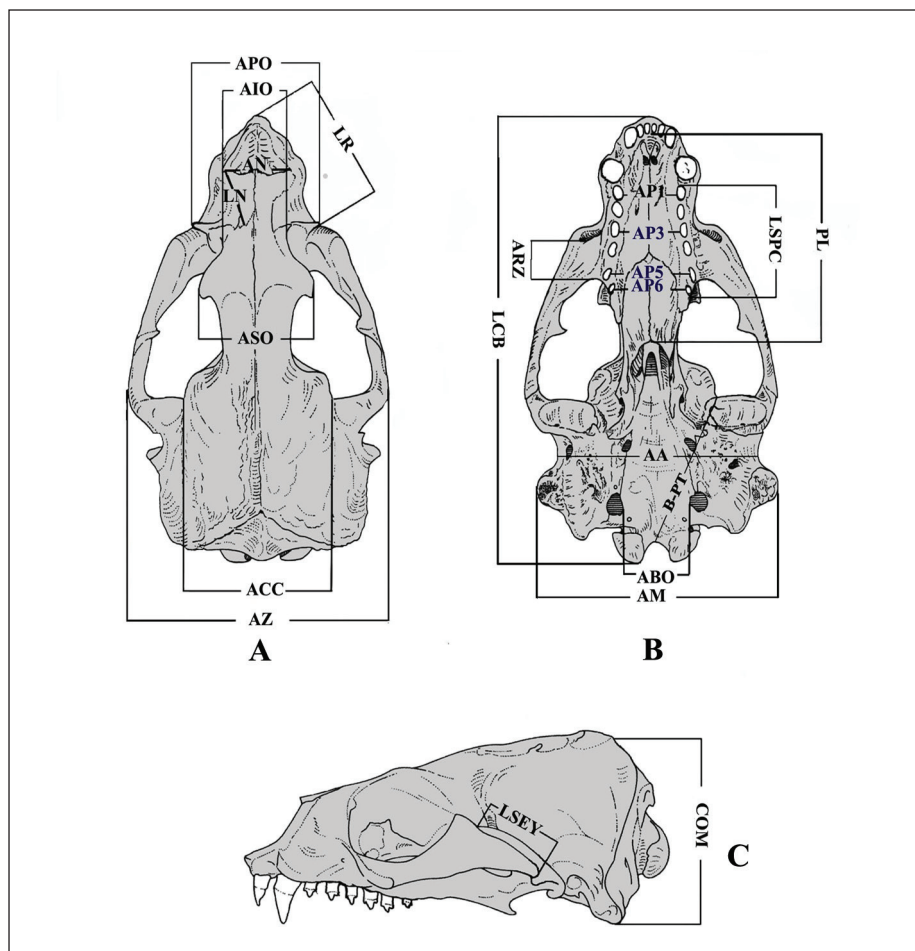


Figura 1. Localidades de procedencia de los cráneos analizados A. Islas Shetland del Sur (n=35) B. Islas Orcadas del Sur (n=43)

Los ejemplares fueron asignados a una categoría de edad relativa a partir del índice de sutura (IS) según Sivertsen (22) quien consideró como adultos a aquellos cráneos cuyo valor de IS perteneciera al rango 19-36. Sin embargo, Brunner (9) en base al análisis morfométrico craneano de dos especies de lobo fino, *Arctocephalus pusillus* y *Arctocephalus forsteri*, estimó que los machos adultos que alcanzaban la madurez fisiológica eran aquellos cuyo valor de IS era  $\geq 24$ .

Por tal razón, incluimos en el análisis estadístico sólo aquellos especímenes que cumplieran con este requisito. Se midieron 22 variables craneanas (Fig. 2) con calibre vernier (0-300 x 0.05mm). Dichas variables se corresponden con aquellas usadas en otros estudios previos sobre morfometría craneana de otáridos (10-12,23) entre otros.

Se aplicó análisis estadístico univariado y multivariado para ambos grupos utilizando el programa STATISTICA versión 7.1 (StatSoft Inc., 2005). La estadística descriptiva incluyó media, desviación standard, coeficiente de variación y rango. Se realizó un análisis de la varianza para cada variable craneana a efectos de detectar diferencias significativas entre las localidades estudiadas. Con el mismo fin se determinó el porcentaje de diferencia entre medias (%D) y a su vez, se calculó la media de esos porcentajes (24,25). Siguiendo el criterio de Kerley y Robinson (26) aquellas variables que presentaron un valor de coeficiente de variación relativamente alto ( $CV > 9$ ) se excluyeron del análisis multivariado ulterior ( $n=2$ ). Aquellas medidas craneanas faltantes en un espécimen dado fueron estimadas por



**Figura 2.** Medidas de las variables tomadas en cráneos de *A. gazella* en vista A) dorsal, B) ventral y C) lateral (tomada de Daneri et. al 2005)(12)  
**Referencias medidas:** AA: Ancho auditivo; ABO: Ancho basioccipital; ACC: Ancho caja craneana; AIO: Ancho interorbital; AM: Ancho mastoideo; AN: Ancho nasal; AP1: Ancho borde interno a nivel del postcanino 1; AP3: Ancho borde interno a nivel del postcanino 3; AP5: Ancho borde interno a nivel del postcanino 5; AP6: Ancho borde interno a nivel del postcanino 6; APO: Ancho preorbital; ARZ: Ancho raíz zigomática; ASO: Ancho suprorbital; AZ: Ancho zigomático; B-Pt: Distancia basion-curvatura pterigoides; COM: Altura cresta occipital-mastoideo; LCB: Longitud cóndilo basal; LN: Longitud nasal; LP: Longitud palatal; LR: Longitud rostral; LSPC: Longitud serie postcaninos superiores; LSEY: Longitud sutura escamoso-yugal.

regresión múltiple y selección stepwise a partir del conjunto remanente de variables disponibles para ese ejemplar siguiendo el criterio de Shin y Raudenbush (27). Se calcularon 33 medidas faltantes en 7 de las variables craneanas, lo que representó el 2.09% del total de datos. Se realizó además un análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de función discriminante de modo de examinar la variación morfológica dentro de cada grupo y las relaciones entre los grupos según su localidad de procedencia.

### RESULTADOS

En promedio, los cráneos procedentes de ambas localidades fueron similares en casi todas sus dimensiones siendo la media de los porcentajes de diferencia para todas las variables analizadas de 0,03. El análisis de la varianza no mostró diferencias significativas en las medias de ninguna de las variables estudiadas en ambos grupos (Tabla 1). El ACP indicó que los dos primeros componentes explicaron poco más del 50% de la varianza total. El Componente principal 1 representó el 38,8% de la varianza y expresa la variación de tamaño de los cráneos tal como lo sugieren los coeficientes positivos y rela-

tivamente altos para casi todas las variables. Por su parte el Componente principal 2, que expresa la variación de forma por los valores negativos y positivos de sus coeficientes, explicó un 11,9 % adicional de la varianza total, siendo sus eigenvalores respectivos 142,6 y 48,6. Asimismo, el Componente principal 2 estuvo influenciado principalmente, y en forma decreciente, por la longitud del paladar (LP), la longitud cóndilo basal (LCB), el ancho auditivo (AA) y el ancho mastoideo (AM) (Tabla 2). El gráfico bidimensional que ilustra el ordenamiento de casos sobre los ejes de estos dos componentes no evidencia una separación clara de los grupos poblacionales analizados (Fig.3).

El análisis discriminante no indicó diferencias significativas entre los cráneos de *A. gazella* provenientes de las dos localidades mencionadas ( $W = 0.73$ ;  $F = 1.03$ ;  $gl=20, 57$ ;  $P: 0.44$ ); y por su parte la función discriminante tuvo un alto porcentaje de error (>30%) al clasificar a los especímenes analizados (Tabla 3). Cabe mencionar que la examinación de los coeficientes canónicos estandarizados indicó que las variables que más contribuyeron a esta función fueron, en orden decreciente, ancho preorbital (APO), ancho zigomático (AZ) y ancho mastoideo (AM).

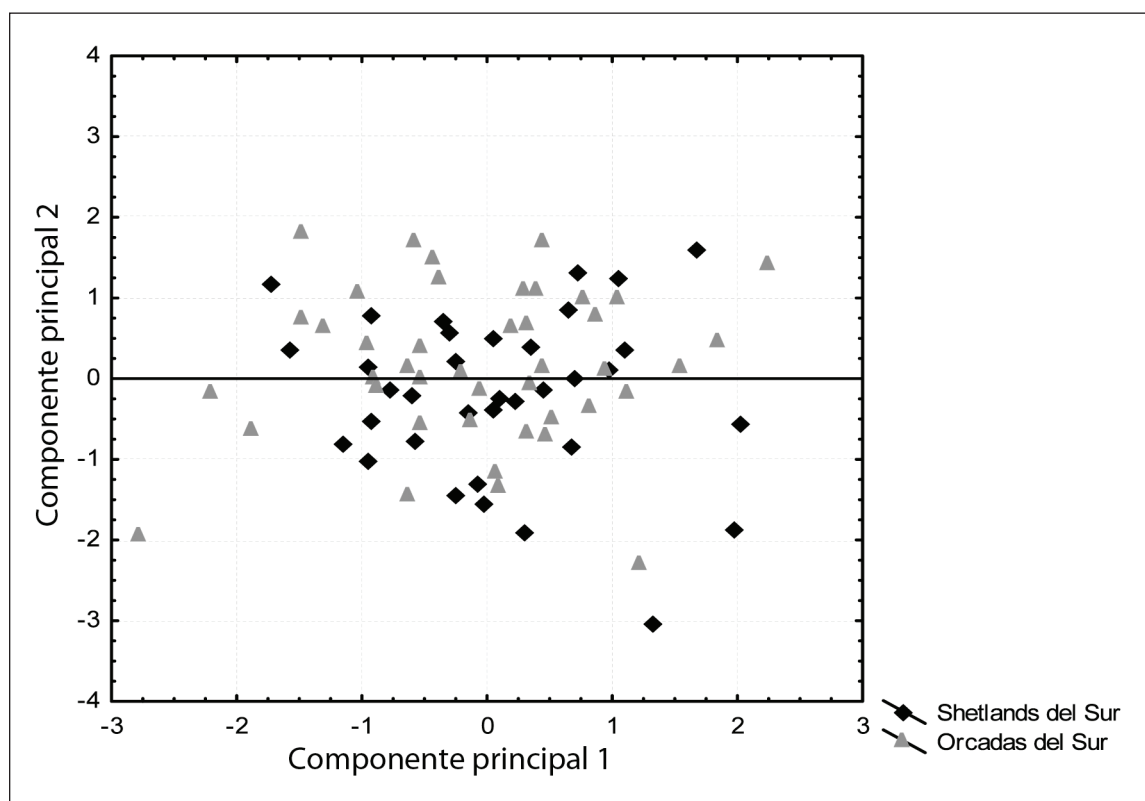


Figura 3. Diagrama comparativo de los componentes 1 y 2 resultantes del análisis de los componentes principales de los cráneos de machos adultos de lobo fino antártico, *Arctocephallus gazella*, de islas Shetland del sur (rombos) y Orcadas del Sur (triángulos)

	Shetlands del Sur					Orcadas del Sur					% dif medias	F	P
	Media	Desv Std	Min	Max	CV (%)	Media	Desv Std	Min	Max	CV (%)			
LCB	245.07	6.72	228.20	254.60	2.7	244.67	6.60	233.40	261.80	2.7	0.16	0.06	0.80
AM	136.49	5.77	120.70	149.60	4.2	139.03	5.64	124.40	150.90	4.1	-1.82	3.86	0.05
AA	117.61	4.39	108.70	129.10	3.7	119.17	4.93	108.10	130.00	4.1	-1.32	2.12	0.15
ABO	38.53	2.19	33.60	42.40	5.7	39.65	2.72	31.30	39.40	6.9	-2.83	3.54	0.06
BPT	85.45	3.14	79.20	92.30	3.7	84.51	3.18	78.10	91.70	3.8	1.12	1.68	0.19
ARZ	21.49	1.99	17.30	26.90	9.0	21.19	1.87	16.50	24.30	9.0	1.40	0.43	0.51
LP	114.48	6.32	104.80	139.90	5.5	113.29	5.44	92.60	123.30	4.8	1.05	0.76	0.39
LSPC	65.25	3.39	59.40	73.20	5.2	64.55	5.40	50.30	79.70	8.4	1.07	0.62	0.44
AP1	29.96	2.46	23.00	34.80	8.2	30.16	2.35	25.60	35.10	7.8	-0.66	0.15	0.70
AP3	32.49	2.66	24.50	36.20	8.2	32.01	2.27	28.00	38.10	7.1	1.51	0.62	0.44
AP5	42.60	2.97	36.90	48.80	7.0	42.14	3.95	31.70	52.40	9.4	1.10	0.44	0.51
AP6	43.06	3.42	36.90	51.30	7.9	42.38	3.61	35.40	51.30	8.5	1.61	0.72	0.40
AZ	144.82	4.67	132.90	156.60	3.2	146.53	4.81	133.20	156.30	3.3	-1.17	2.47	0.12
ACC	82.55	3.90	74.50	91.60	4.7	82.46	4.15	74.60	92.50	5.0	0.11	0.01	0.91
ASO	62.79	4.73	50.90	76.00	7.5	64.16	4.66	54.00	73.60	7.3	-2.14	1.57	0.22
AIO	38.37	3.93	31.60	48.30	10.3	37.77	2.82	31.10	43.90	7.5	1.57	0.89	0.35
APO	67.33	3.30	62.70	75.40	4.9	66.81	3.99	56.40	75.40	6.0	0.78	1.59	0.21
AN	32.40	2.47	27.00	37.70	7.6	33.00	2.11	27.70	37.30	6.4	-1.80	0.72	0.40
LN	40.06	3.62	31.10	45.70	9.0	40.36	2.67	35.70	45.90	6.6	-0.75	0.23	0.63
LR	74.51	3.92	65.50	81.20	5.3	74.77	4.21	65.10	85.30	5.6	-0.35	0.07	0.79
LSEY	34.45	3.03	29.00	43.70	8.8	33.79	3.23	28.90	43.80	9.6	1.95	0.93	0.34
COM	116.78	6.91	102.90	129.80	5.9	118.23	5.78	107.70	130.30	4.9	-1.23	1.11	0.30

**Tabla 1.** Estadística descriptiva de 22 variables craneanas analizadas en machos adultos de *A. gazella* de islas Shetland del Sur (n=35), y Orcadas del Sur (n=43). Referencia de abreviaciones en Figura 2.

VARIABLE	CP 1	CP 2
LCB	0.76	0.53
AM	0.82	-0.32
AA	0.71	-0.40
ABO	0.29	-0.11
BPT	0.58	0.28
ARZ	0.58	-0.02
LP	0.38	0.74
LSPC	0.22	0.03
AP1	0.54	-0.05
AP3	0.52	-0.07
AP5	0.29	-0.07
AP6	0.36	-0.19
AZ	0.73	-0.24
ACC	0.25	-0.11
ASO	0.52	-0.03
APO	0.55	0.04
AN	0.27	0.16
LN	0.46	0.18
LR	0.75	-0.04
COM	0.84	-0.22

**Tabla 2:** Correlaciones de los componentes principales 1 y 2 con las variables originales (loadings)

	Shetlands del sur	Orcadas del sur	Total	Error (%)
Shetlands del sur	21	14	35	40
Orcadas del sur	10	33	43	23.3
Total	31	47	78	30.8

**Tabla 3:** Matriz de clasificación cruzada de los cráneos de *A. gazella* de ambas islas según la función discriminante

## DISCUSIÓN

La ausencia de una separación clara en base a la morfometría craneana de los cráneos de *A. gazella* procedentes de Islas Orcadas e Islas Shetland del Sur, sugiere la ocurrencia de migración y flujo génico entre los agrupamientos de ambos archipiélagos.

Dada la amplia capacidad de dispersión y desplazamiento en el océano de esta especie de otárido, según lo reportado en estudios previos (28,29,30) entre otros) es esperable que ocurra un intercambio frecuente de individuos entre ambas localidades. Más aún, reforzando esta hipótesis, existen registros de ejemplares de *A. gazella* que fueron marcados y posteriormente avistados en distintas Islas del Arco de Scotia, incluyendo a las Islas Georgias del Sur (20).

Debido a la compleja interdependencia entre función y anatomía del cráneo, los cambios morfológicos se manifestarán sólo si se dan presiones selectivas diferentes y un marcado aislamiento reproductivo (3 1). Por el contrario, si entre las poblaciones de ambas localidades estudiadas existe intercambio de individuos, los factores que pueden favorecer la diferenciación geográfica entre las mismas estarán contrabalanceados por el flujo génico (32). Kerley et al. 2000 (26) mencionan que, en casos donde ocurre entrecruzamiento entre dos poblaciones de diferentes islas, éstas podrán mantenerse distintivas una de otra solamente si ese cruzamiento fuese raro o muy poco frecuente. Esta condición no se cumpliría con los agrupamientos poblacionales de Islas Orcadas del Sur y Shetland del Sur, dada la falta de variación geográfica significativa en la morfología craneana de los machos adultos de *A. gazella* analizados.

Cabe mencionar que el tamaño muestral del presente estudio no difirió substancialmente del de otros estudios sobre variación geográfica craneana en otáridos (11,12). No obstante, una mayor disponibilidad de cráneos en buen estado permitiría el uso de un mayor número de variables y de este modo obtener mayor información sobre la variación morfológica craneana además de incrementar la potencia de los análisis estadísticos.

De los resultados del presente estudio se concluye que, la imposibilidad de poder discriminar a los especímenes provenientes de los dos agrupamientos insulares, indicaría que la morfometría craneana de *A. gazella*, por sí sola, no puede utilizarse como herra-

menta para identificar el origen de ejemplares errantes de esta especie de procedencia desconocida. En su lugar se sugiere la implementación de otro tipo de metodologías a este efecto, como pueden ser estudios de tipo genético.

#### APENDICE 1

Material examinado:

**MLP: Orcadas del Sur:** 1911, 1912, 25.VI.02.08, 25.VI.02.09, 25.VI.02.10, 25.VI.02.11, 25.VI.02.12, 25.VI.02.13, 25.VI.02.14, 25.VI.02.15, 25.VI.02.16, 25.VI.02.17, 25.VI.02.18, 25.VI.02.19, 25.VI.02.20, 25.VI.02.21, 25.VI.02.22

**Shetland del Sur:** 25.VI.02.24

**MACN-Ma: Orcadas del Sur:** 21060, 21349, 21350, 21351, 21858, 21859, 21860

**Shetland del Sur:** 20436, 21062, 21353, 21754, 21755, 21756, 21757, 21758, 21759, 21760, 21761, 21857, 21996

**IAA: Orcadas del Sur:** 00-3, 00-4, 00-5, 00-6, 01-8, 01-9, 01-10, 01-11, 01-12, 02-1, 02-2, 02-11, 05-1, 05-2, 06-1, 06-2, 06-3, 91-3, 91-4

**Shetland del Sur:** 01-1, 01-2, 01-3, 01-4, 01-5, 01-6, 02-3, 02-4, 02-5, 02-6, 02-9, 02-10, 02-21, 02-22, 02-24, 03-2, 03-3, 99-1, 99-2, 99-3, 99-4

#### AGRADECIMIENTOS

A los Sres. Jorge A. Mennucci y Aldo Corbalán (Instituto Antártico Argentino), al Dr. Diego Verzi y Dra. Itatí Olivares (Museo de Ciencias Naturales de La Plata) por permitirnos la revisión del material depositado en su colección a cargo y al Dr. Pablo Teta y Técnico Sergio Lucero (Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia").

#### BIBLIOGRAFÍA

- Perrin WF (1975) Distribution and differentiation of populations of dolphins of the genus *Stenella* in the eastern tropical Pacific. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32: 1059-1067.
- Rice DW (1998) *Marine Mammals of the World*. Special Publication No4: Society for Marine Mammalogy.
- Brunner S (2002) Geographic variation in skull morphology of adult Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Marine Mammal Science* 18: 206-222.
- Wiig Ø, Heide-Jørgensen MP, Laidre KL, Garde E, Reeves RR (2012) Geographic variation in cranial morphology of narwhals (*Monodon monoceros*) from Greenland and the eastern Canadian Arctic. *Polar Biology* 35: 63-71.
- Maldonado JE, Davila FO, Stewart BS, Geffen E, Wayne RK (1995) Intraspecific genetic differentiation in California sea lions (*Zalophus californianus*) from Southern California and the Gulf of California. *Marine Mammal Science* 11: 46-58.
- Lento GM, Haddon M, Chambers GK, Baker CS (1997) Genetic variation of southern hemisphere fur seals (*Arctocephalus spp.*): investigation of population structure and species identity. *Journal of Heredity* 88: 202-208.
- Bickham JW, Loughlin TR, Calkins DG, Wickliffe JK, Patton JC (1998) Genetic Variability and Population Decline in Steller Sea Lions from the Gulf of Alaska. *Journal of Mammalogy* 79: 1390-1395.
- Artico LO, Bianchini A, Grubel KS, Monteiro DS, Estima SC, et al. (2010) Mitochondrial control region haplotypes of the South American sea lion *Otaria flavescens* (Shaw, 1800). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 43(9), 816-820.
- Brunner S (1998) Cranial morphometrics of the southern fur seals *Arctocephalus forsteri* and *A. pusillus* (Carnivora: Otariidae). *Australian Journal of Zoology* 46: 67-108.

10. Oliveira LR, Malabarba LR, Majluf P (1999) Variação geográfica em crânios do lobo-marinho sul-americano *Arctocephalus australis* (Zimmermann, 1783) das populações do Brasil e Peru. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* 12: 179-192.
11. Kerley GIH, Allen BR, Bester MN (2000) Skull morphometrics of male Subantarctic fur seals (*Arctocephalus tropicalis*) from Marion and Gough Islands. *African Zoology* 35: 165-171.
12. Brunner S, Shaughnessy PD, Bryden MM (2002) Geographic variation in skull characters of fur seals and sea lions (family Otariidae). *Australian Journal of Zoology* 50: 415-438.
13. Brunner S (2000) Cranial morphometrics of fur seals and sea lions (family: Otariidae) systematics, geographic variation and growth. New South Wales, Australia: University of Sydney.
14. Oliveira LR, Hoffman JJ, Hingst-Zaher E, Majluf P, Muelbert MMC, et al. (2008) Morphological and genetic evidence for two evolutionarily significant units (ESUs) in the South American fur seal, *Arctocephalus australis*. *Conservation Genetics* 9: 1451-1466.
15. Daneri GA, Carlini AR, Harrington A, Balboni L, Hernandez CM (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.
16. Bonner WN (1968) The fur seal of South Georgia. *Scientific Reports of the British Antarctic Survey* No. 56.
17. Hucke-Gaete R, Osman LP, Moreno CA, Torres D (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.
18. Boyd, I. 1993: Pup production and distribution of breeding Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*) at South Georgia. *Antarct Sci* 5, 17-24
19. Waluda CM, Gregory S, Dunn MJ (2010) Long-term variability in the abundance of Antarctic fur seals *Arctocephalus gazella* at Signy Island, South Orkneys. *Polar Biology* 33: 305-312.
20. Bengtson JL, Ferm LM, Härkönen TJ, Stewart BS. Abundance of Antarctic Fur Seals in the South Shetland Islands, Antarctica, During the 1986/87 Austral Summer. *Antarctic Ecosystems*; 1990; Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg. pp. 265-270.
21. Carlini AR, Daneri GA, Casaux R, Márquez MEI (2006) Haul-out pattern of itinerant male Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*) at Laurie Island, South Orkney Islands. *Polar Research* 25: 139-144.
22. Sivertsen E (1954) A survey of the eared seals (family Otariidae) with remarks on the Antarctic seals collected by M/K Norvegia in 1928-1929. *Scientific Results of the Norwegian Antarctic Expedition* 36: 1-76.
23. Daneri GA, García Esponda CM, De Santis LJM, Pla L (2005) Skull morphometric of adult male Antarctic fur seal, *Arctocephalus gazella* and South American fur seal *A. australis*. *Iheringia, Ser Zool* 95: 261-267.
24. King CM, Moody JE (1982) The biology of the stoat (*Mustela erminea*) in the National Parks of New Zealand III. Morphometric variation in relation to growth, geographical distribution, and colonisation. *New Zealand Journal of Zoology* 9: 81-102.
25. Reig S, Ruprecht AL Skull variability of *Martes martes* and *Martes foina* from Poland. *Acta Theriologica* 34: 595-624.
26. Kerley G, Robinson T (1987) Skull morphometrics of male Antarctic and Subantarctic fur seals, *Arctocephalus gazella* and *A. tropicalis*, and their interspecific hybrids. En: Croxall JP GR (ed). *Status, Biology and Ecology of Fur Seals*. NOAA Technical Report NMFS pp. 121-131.
27. Shin Y, Raudenbush SW (2007) Just-identified versus overidentified two-level Hierarchical Linear Models with Missing Data. *Biometrics* 63: 1262-1268.
28. Boyd IL, McCafferty DJ, Reid K, Taylor R, Walker TR (1998) Dispersal of male and female Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 845-852.
29. Guinet C, Dubroca L, Lea MA, Goldsworthy S, Cherel Y, et al. (2001) Spatial distribution of foraging in female Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*) in relation to oceanographic variables a scale-dependent approach using geographic information systems. *Marine Ecology Progress Series* 219: 251-264.
30. Staniland IJ, Robinson SL, Silk JRD, Warren N, Trathan PN (2012) Winter distribution and haul-out behaviour of female Antarctic fur seals from South Georgia. *Marine Biology* 159: 291-301.
31. Wiig O, Lie RW (1984) An analysis of the morphological relationships between the Hooded seals (*Cystophora cristata*) of Newfoundland, the Denmark Strait, and Jan Mayen. *Journal of Zoology* 203: 227-240.
32. Westgate AJ (2007) Geographic Variation in Cranial Morphology of Short-Beaked Common Dolphins (*Delphinus delphis*) from the North Atlantic. *Journal of Mammalogy* 88: 678-688.