

EVALUACION CON FINES SISTEMÁTICOS DE LOS CARACTERES DEL TARSOMETATARSO DE LOS SPHENISCIDAE

Carolina Acosta Hospitaleche & Germán Gasparini

CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), División Paleontología Vertebrados, Museo de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Argentina.

Correo electrónico: acostacar@fcnym.unlp.edu.ar

Abstract. – Evaluation for systematic purposes of the tarsometatarsal characters in Spheniscidae.

The importance of the tarsometatarsus in the systematic studies of birds, and particularly of penguins, is well established. To determine the diagnostic value of metric characters of the tarsometatarsus, a multivariate analysis was performed using 8 variables measured in 46 adults specimens. The results allowed to distinguish the different morphological patterns in the living and fossil Patagonian penguins, making possible to discriminate which variables are systematically significant.

Resumen. – La importancia del tarsometatarso en los estudios sistemáticos de las aves, y en particular de los pingüinos, resulta indiscutible. A fines de determinar el valor diagnóstico de los caracteres métricos del tarsometatarso, se realizaron análisis multivariados utilizando 8 variables medidas en 46 especímenes adultos. Los resultados obtenidos permiten distinguir los diferentes patrones anatómicos de los pingüinos actuales y fósiles patagónicos que hacen posible discernir qué variables son sistemáticamente significativas. *Aceptado el 8 de Febrero de 2007.*

Key words: Spheniscidae, tarsometatarsus, multivariate analysis, systematic, anatomy.

INTRODUCCIÓN

El tarsometatarso constituye uno de los elementos del esqueleto de las aves con mayores implicancias en los estudios sistemáticos. El caso de los Spheniscidae ilustra claramente la importancia del tarsometatarso en la taxonomía del grupo. Aunque las 17 especies vivientes se encuentran diagnosticadas a partir de un conjunto de caracteres anatómicos osteológicos y de partes blandas (O'Hara 1989, 1991; Giannini & Bertelli 2004, Bertelli & Giannini 2005), los taxones fósiles se encuentran fundados exclusivamente a partir del conocimiento de partes esqueléticas, en general aisladas. Entre ellas, el tarsometatarso, junto con el húmero, ha sido uno de los ele-

mentos más empleados en la sistemática de los géneros y las especies (Ameghino 1905, Moreno & Mercerat 1891, Simpson 1946, 1972). Ambos elementos apendiculares, el húmero y el tarsometatarso, han sido empleados para la determinación de las subfamilias propuestas originalmente por Simpson (1946), y reformuladas por Marples (1952, 1960). Aunque este esquema supragenérico no se encuentra actualmente consensuado, resulta sumamente útil para la determinación de grupos morfológicos. El tarsometatarso de los pingüinos constituye el elemento que ha posibilitado la creación de la mayor parte de especies fósiles que se conocen hasta el momento (e.g., Myrcha *et al.* 2002).

Un conjunto de caracteres morfológicos,

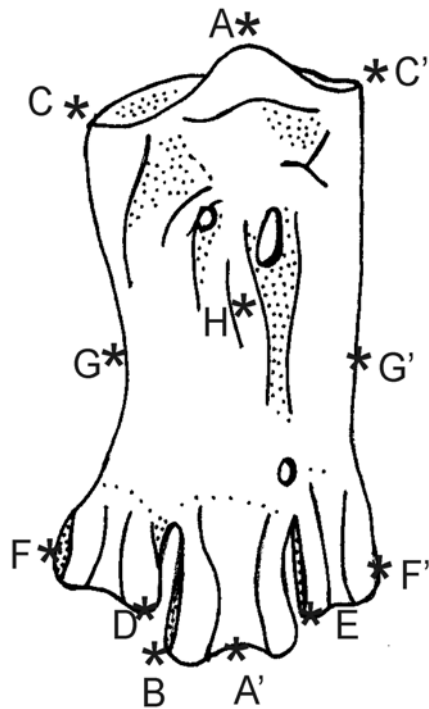


FIG. 1. Medidas incluidas en los análisis efectuados de los tarsometatarsos: A-A longitud, A-B longitud máxima, C-D longitud lateral interna, C-E longitud lateral externa, C-C ancho proximal, G-G ancho medio, F-F ancho distal, H-H distancia anteroposterior.

como la disposición de los forámenes vasculares, el grado de desarrollo de los surcos vasculares proximales o la elongación distal y lateral de las trócleas digitales permiten el reconocimiento de cada una de las especies y géneros fósiles conocidos. Pero como ocurre muchas veces durante el estudio de los fósiles, el estado de preservación de los restos no siempre permite la observación directa de estos caracteres.

Surge entonces a partir de estas características del registro, la necesidad de hallar nuevas herramientas de aplicación en la sistemática de los pingüinos. Ciertos parámetros métricos como el índice de elongación (longitud total/

ancho proximal) son actualmente usados en el reconocimiento de los taxones. Es de esperar entonces que otras variables métricas que condicionan la morfología general del tarsometatarso sean también útiles en la sistemática de los pingüinos, y puedan aplicarse en un esquema único inclusivo de los taxones modernos y extintos.

Esta contribución forma parte de un proyecto más amplio, cuyo fin es estudiar las variables osteológicas de los distintos elementos del esqueleto de los Spheniscidae. En este contexto, han sido ya analizados los caracteres presentes en el húmero de los taxones fósiles y actuales (Acosta Hospitaleche *et al.* 2006) y las variables del cráneo y la mandíbula (Acosta Hospitaleche & Gasparini 2006, Acosta Hospitaleche & Tambussi 2006).

Con el fin de evaluar el uso potencial de los caracteres métricos del tarsometatarso en la sistemática de los pingüinos y determinar su valor diagnóstico, se realiza el presente análisis.

MATERIALES Y METODOS

El estudio de los tarsometatarsos comprendió las etapas a continuación se detallan.

Selección de las unidades de estudio. Se seleccionaron un total de 46 especímenes de pingüinos pertenecientes a 9 especies actuales y fósiles, controlando cuidadosamente que fueran aves adultas con el tarsometatarso íntegramente preservado para evitar las posibles variaciones debidas a la edad o al estado de conservación de los mismos. Si bien este factor disminuyó considerablemente el número de esqueletos disponibles, aseguró la minimización de las variaciones no taxonómicas.

Los tarsometatarsos analizados (Apéndice 1) se encuentran depositados en las siguientes instituciones: Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MACN) de la Ciudad Autónoma de Buenos

Aires, Museo de La Plata (MLP) de la Ciudad de La Plata, Museo Paleontológico Egidio Feruglio (MEF-PV) de Trelew, e Instituto Antártico Argentino (IAA) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Las especies fósiles, corresponden a formas patagónicas que se encuentran representadas por *Palaeospheniscus bergi*, *P. patagonicus* y *P. biloculata*, mientras que los taxones actuales lo están por *Spheniscus magellanicus*, *Endyptes chrysocome*, *Pygoscelis adeliae*, *P. papua* y *P. antarctica*. El criterio para la inclusión de estos taxones en el análisis obedeció al área de distribución y su disponibilidad en las colecciones consultadas.

Selección de caracteres. Para cada unidad taxonómica operativa se registraron ocho variables cuantitativas correspondientes a rasgos métricos del tarsometatarso (Fig. 1). Las especies actuales fueron determinadas de acuerdo a la propuesta sistemática de Martínez (1992), mientras que las fósiles se asignaron de acuerdo al criterio de Acosta Hospitaleche (2005). La terminología osteológica empleada es la indicada por Baumel & Witmer (1993).

Las variables métricas se tomaron empleando un calibre vernier de 0,01 mm de incremento y son expresadas en milímetros.

Procesamiento de los datos. Los datos registrados fueron volcados en una matriz básica de datos (MBD) de 46 unidades taxonómicas por 8 caracteres (Tabla 1) y se determinaron las relaciones de similitud de las unidades taxonómicas.

Se estandarizó la MBD por caracteres, volcándose los resultados en una matriz básica de datos estandarizada (MBDS), a fin de eliminar el peso diferencial que pudiesen ejercer las diferentes dimensiones sobre las relaciones de similitud (Sneath & Sokal 1973).

Construcción de análisis de componentes principales. Las relaciones de similitud entre las unidades

taxonómicas fueron representadas en un análisis de componentes principales (ACP). Este método fue seleccionado debido a que presenta la ventaja de indicar la relativa contribución de cada carácter a cada vector (Blackith & Reyment 1971). Para ello se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (Michener & Sokal 1957). El ACP fue realizado sobre la matriz de similitud de caracteres (MSC), extrayéndose los correspondientes eigenvalores y eigenvectores. Los dos primeros eigenvectores fueron retenidos para calcular posteriormente la proyección de las unidades taxonómicas en el espacio por ellos delimitados. El número de componentes principales a retener fue calculado empleando el método de las raíces promedios ("Average root").

RESULTADOS

Como se observa en la Figura 2, nuestros análisis permiten distinguir varias agrupaciones de significación sistemática. Se han retenido y graficado los dos primeros componentes.

Una primera apreciación permite discriminar claramente las especies fósiles de las actuales, siendo las primeras las que presentan los mayores valores en ambos ejes y se ubican por consiguiente en el cuadrante superior derecho.

El primer componente, reuniendo cerca del 64% de la variación explicada, es en gran parte el responsable de la separación de las especies vivientes, *Spheniscus magellanicus*, *Endyptes chrysocome*, *Pygoscelis adeliae*, *P. papua* y *P. antarctica*, de las extintas, *Palaeospheniscus bergi*, *P. patagonicus*, *P. biloculata*, más el ejemplar indeterminado de *Palaeospheniscus*. Métricamente, la especie fósil *Palaeospheniscus bergi*, una de las más pequeñas aquí comparadas, es la representante fósil más cercana a las especies actuales, adoptando valores cercanos al género actual *Pygoscelis*. El primer componente nos permite separar dos de las especies del género *Pygoscelis* de acuerdo a los valores que

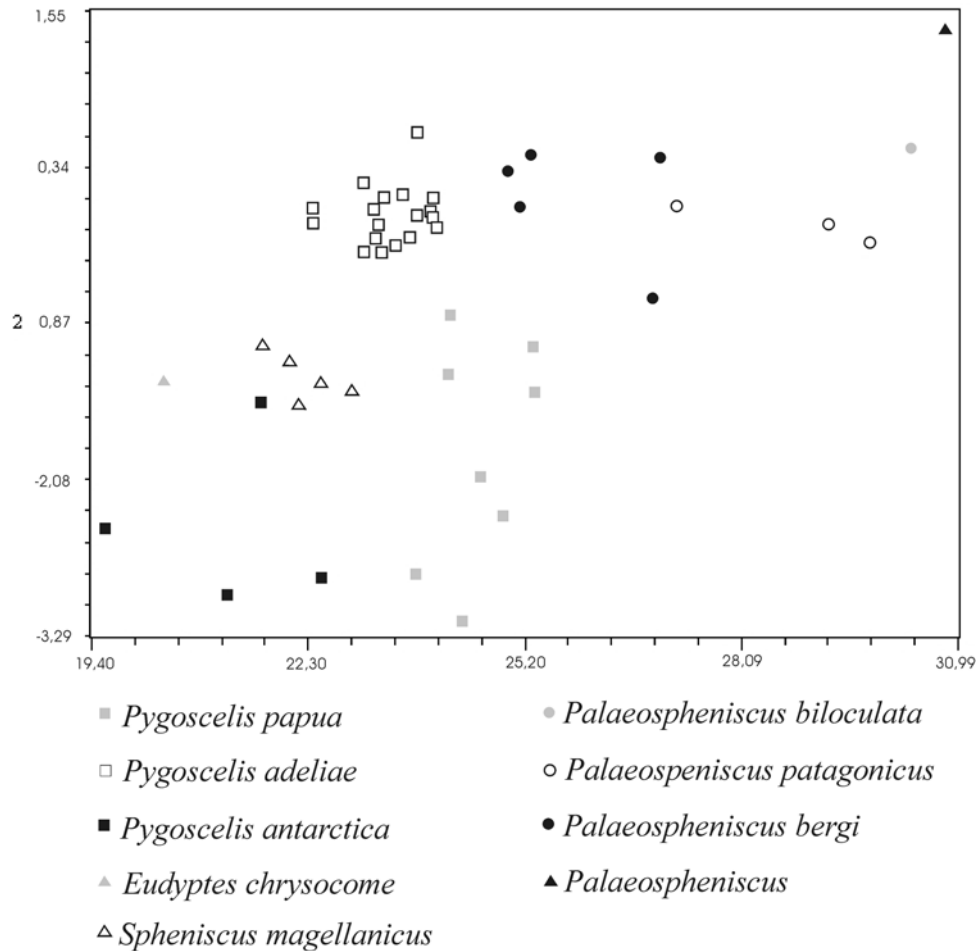


FIG. 2. Gráfico de análisis de los componentes principales.

presentan en la gráfica. Los menores valores de este eje corresponden a *P. antarctica*, mientras que a *P. papua* le pertenecen los intermedios. De manera similar, *Eudyptes chrysocome* se separa de *Spheniscus magellanicus* a lo largo de este componente. El género *Palaeospheniscus*, representado a través de sus tres especies fósiles más un taxón indeterminado, presenta nítidos agrupamientos. *P. bergi*, *P. patagonicus* y *P. biloculata* se ubican de izquierda a derecha, evidenciando una gradación de tamaño entre ellos.

El segundo componente, que acumula cerca del 93% de la variación explicada, no permite individualizar los taxones fósiles de los actuales. Agrupa por un lado a *P. adeliae* junto a todas las especies extintas con los máximos valores del eje, y por el otro a los restantes taxones modernos en la mitad inferior de la gráfica. Dentro del género *Pygoscelis*, este eje permitió discriminar dos grupos, uno de ellos formado solo por *P. adeliae*, mientras que el otro incluyendo a *P. papua* y *P. antarctica*. Finalmente, cabe mencionar que los géneros

TABLA 1. Matriz de datos empleada en los análisis de los componentes principales. Medidas: A-A' longitud, A-B longitud máxima, C-D longitud lateral interna, C'-E longitud lateral externa, C-C' ancho proximal, G-G' ancho medio, F-F' ancho distal, H-H' distancia anteroposterior.

	A-A'	A-B	C-D	C'-E	C-C'	G-G'	F-F'	H-H'
<i>Spheniscus magellanicus</i>	30,40	31,10	27,10	27,30	15,30	14,60	20,40	6,80
<i>Spheniscus magellanicus</i>	30,40	30,80	26,20	26,50	14,80	14,60	18,50	5,60
<i>Spheniscus magellanicus</i>	31,40	32,30	27,90	28,00	15,90	15,30	20,40	6,50
<i>Spheniscus magellanicus</i>	30,60	31,20	26,60	26,90	15,20	15,10	19,10	5,60
<i>Spheniscus magellanicus</i>	30,90	31,60	27,40	27,50	15,40	15,10	20,20	6,10
<i>Pygoscelis adeliae</i>	31,10	32,00	28,20	27,70	16,10	15,00	22,00	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	30,90	32,10	30,50	31,10	15,70	14,20	19,80	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	32,90	33,90	28,50	28,80	16,00	15,30	21,00	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	31,80	32,70	28,10	28,00	16,10	14,10	20,80	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	29,80	31,10	26,80	27,20	15,60	14,10	20,20	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	32,90	33,20	29,10	28,20	16,40	15,50	21,60	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	32,50	33,40	28,70	27,40	16,90	13,60	21,00	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	32,90	33,60	28,70	28,10	16,30	15,10	21,60	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	31,40	32,10	27,70	28,10	16,30	14,60	21,00	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	31,90	32,50	28,20	28,70	17,10	15,40	21,00	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	30,90	31,70	27,70	27,40	15,80	14,90	21,90	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	30,40	31,10	27,70	26,20	15,40	13,90	20,00	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	32,70	33,60	28,40	28,60	16,50	15,30	21,30	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	31,60	32,40	27,10	28,00	15,60	15,20	21,40	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	30,50	31,50	28,90	28,50	16,30	13,70	20,00	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	32,40	33,10	28,50	28,70	16,00	15,10	21,60	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	30,90	31,80	28,40	28,60	16,20	14,40	20,70	?
<i>Pygoscelis adeliae</i>	31,80	32,90	27,60	27,70	16,10	15,30	21,70	?
<i>Pygoscelis papua</i>	32,00	32,90	27,80	29,10	19,10	18,90	24,90	7,60
<i>Pygoscelis papua</i>	33,40	34,30	28,80	30,60	18,80	17,10	24,20	7,50
<i>Pygoscelis papua</i>	29,50	30,50	25,80	27,20	16,90	17,30	23,30	7,20
<i>Pygoscelis papua</i>	31,80	32,40	27,20	28,90	17,50	18,00	23,80	7,90
<i>Pygoscelis papua</i>	33,10	34,30	28,50	30,10	18,40	16,70	23,70	6,50
<i>Pygoscelis papua</i>	30,60	31,30	30,60	29,20	17,60	16,80	23,40	?
<i>Pygoscelis papua</i>	32,90	33,90	30,40	28,10	19,50	18,50	25,00	?
<i>Pygoscelis papua</i>	32,80	33,90	30,20	29,60	18,60	17,70	25,00	?
<i>Pygoscelis papua</i>	31,30	32,10	28,80	27,70	18,30	17,80	23,70	?
<i>Pygoscelis antarctica</i>	25,90	27,00	21,90	23,60	14,70	14,80	20,10	6,50
<i>Pygoscelis antarctica</i>	28,60	29,20	24,00	24,10	17,60	16,10	21,40	7,40
<i>Pygoscelis antarctica</i>	30,10	30,60	25,90	26,60	15,30	14,70	19,40	6,40
<i>Eudyptes chrysocome</i>	27,90	28,90	24,30	25,50	15,10	13,70	17,10	6,40
<i>Palaeospheniscus bergi</i>	37,40	37,90	33,50	34,30	16,80	16,70	23,30	6,40
<i>Palaeospheniscus bergi</i>	34,80	35,50	31,20	33,90	15,90	14,10	20,40	5,50
<i>Palaeospheniscus bergi</i>	37,60	38,20	35,40	36,20	15,40	15,80	20,90	6,00
<i>Palaeospheniscus bergi</i>	34,10	34,70	32,20	33,50	16,10	14,50	19,10	4,50
<i>Palaeospheniscus bergi</i>	35,10	35,70	32,20	33,50	16,10	14,50	19,10	4,50
<i>Palaeospheniscus patagonicus</i>	36,80	37,70	35,00	35,70	17,70	16,10	22,20	4,60
<i>Palaeospheniscus patagonicus</i>	40,20	41,10	38,20	38,90	20,00	18,70	23,70	5,50
<i>Palaeospheniscus patagonicus</i>	40,60	41,40	37,10	37,80	18,70	16,90	24,10	6,10
<i>Palaeospheniscus biloculata</i>	42,10	43,10	41,30	36,70	19,10	17,10	24,10	4,80
<i>Palaeospheniscus</i>	43,80	44,30	37,90	38,40	18,90	16,80	25,20	?

TABLA 2. Autovectores y autovalores resultantes del análisis de componentes principales. Variables: A-A' longitud, A-B longitud máxima, C-D longitud lateral interna, C'-E longitud lateral externa, C-C' ancho proximal, G-G' ancho medio, F-F' ancho distal, H-H' distancia anteroposterior.

Variables	Componentes		
	1	2	3
A-A'	0,9505	0,2459	0,1315
A-B	0,9560	0,2344	0,1225
C-D	0,9369	0,3026	0,0014
C'-E	0,9125	0,3186	0,1203
C-C'	0,7737	-0,5221	-0,3117
G-G'	0,6201	-0,7141	-0,0518
F-F'	0,6946	-0,6728	0,0331
H-H'	-0,3266	-0,8832	0,3139

Endyptes y *Spheniscus* se disponen ocupando los valores centrales de este componente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La importancia del tarsometatarso en los estudios sistemáticos de los pingüinos, y en las aves en general, resulta indiscutible. De hecho, gran parte de las especies fósiles de pingüinos han sido diagnosticadas a partir de la morfología del tarsometatarso. Aún así, los caracteres presentes en este elemento han sido pocas veces discutidos y menos aún, abordados analíticamente. Los resultados aquí presentados constituyen un aporte significativo para el estudio del grupo.

El conjunto de caracteres aquí empleado responde a las variables métricas más comúnmente utilizadas en los últimos tiempos para los estudios sistemáticos de los Spheniscidae (Acosta Hospitaleche 2003, 2004, 2005, no publ.; Acosta Hospitaleche & Stucchi 2005, Myrcha *et al.* 2002, Stucchi 2002, Walsh & Suárez 2006).

Los resultados de nuestros análisis permiten rescatar a la totalidad de las variables para su uso con fines sistemáticos (Tabla 2). Cua-

tro de ellas, a-a', a-b, c-d y c'-e, tuvieron gran influencia en los agrupamientos generados a lo largo del primer componente, mientras que las restantes, c-c', g-g', f-f' y h-h', lo hicieron en el segundo. Si bien cada uno de estos caracteres no permite diferenciar la totalidad de los taxones analizados por sí mismos, su empleo en conjunto ha demostrado ser de suma utilidad en las determinaciones sistemáticas de los tarsometatarsos.

Al igual que en los cráneos y mandíbulas (Acosta Hospitaleche & Gasparini 2006) y en los húmeros (Acosta Hospitaleche *et al.* 2006), el comportamiento de las variables del tarsometatarso permite la diferenciación de las especies. A escala genérica, gráficamente puede diferenciarse a *Palaeospheniscus*, mientras que *Pygoscelis* se agrupa de acuerdo a sus especies. Al evaluar las categorías específicas, se observan dos casos en particular, el del género actual *Pygoscelis* y el del fósil *Palaeospheniscus*. *Pygoscelis* se asiste de ambos componentes para sus agrupamientos. *P. antarctica* se diferencia de las demás especies a lo largo del primer eje (variables a-a', a-b, c-d y c'-e), mientras que *P. adeliae* lo hace a través del segundo (variables c-c', g-g', f-f' y h-h'). El caso de *Palaeospheniscus* es diferente, ya que sus tres especies extintas, *P. bergi*, *P. patagonicus* y *P. biloculata*, se discriminan mediante el análisis del primer componente, el cual se ve afectado principalmente por las variables a-a', a-b, c-d y c'-e.

Tanto los patrones anatómicos de los pingüinos actuales y fósiles patagónicos analizados, como las variables del tarsometatarso que los determinan, se encuentran reflejados en los resultados aquí presentados. Esto constituye un gran aporte al conocimiento de la anatomía esquelética de los pingüinos y su empleo con fines sistemáticos.

REFERENCIAS

Acosta Hospitaleche, C. 2003. *Paraptendytes antarcticus* (Aves: Sphenisciformes) en la Formación

- Puerto Madryn (Mioceno Tardío temprano), provincia de Chubut, Argentina. *Rev. Esp. Paleontol.*, 18: 179–183.
- Acosta Hospitaleche, C. 2004. Los pingüinos (Aves, Sphenisciformes) fósiles de Patagonia. Sistemática, biogeografía y evolución. Tesis Doc., Univ. Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Acosta Hospitaleche, C. 2005. Systematic revision of *Arthrodytes* Ameghino, 1905 (Aves, Spheniscidae) and its assignment to the Paraptendytinae. *N. Jb. Geol. Palaont.* 7: 404–414.
- Acosta Hospitaleche, C., F. Degrange, C. Tambussi, N. Corrado, & J. J. Rustán. 2006. Evaluación de los caracteres del húmero de los pingüinos actuales y fósiles para su uso con fines sistemáticos. *Ornitol. Neotrop.* 17: 81–94.
- Acosta Hospitaleche, C., & G. Gasparini. 2006. Evaluación de caracteres craneales y mandibulares en los Spheniscidae con fines sistemáticos. *Ornitol. Neotrop.* 17: 235–241.
- Acosta Hospitaleche, C., & M. Stucchi. 2005. Nuevos restos terciarios de Spheniscidae (Aves, Sphenisciformes) procedentes de la costa del Perú. *Rev. Soc. Española de Paleont.* 20: 1–5.
- Acosta Hospitaleche, C., & C. Tambussi. 2006. Skull morphometry of *Pygoscelis* (Sphenisciformes): inter and intraspecific variations. *Polar. Biol.* 29: 728–734.
- Ameghino, F. 1905. Enumeración de los Impennes fósiles de Patagonia y de la isla Seymour. *An. Mus. Nac. B. Aires* 3: 97–167.
- Baumel, J., & L. M. Witmer. 1993. Osteologia. Pp. 451–32 in Baumel, J., A. King, A., J. Breazile, H. Evans, & J. Vanden Berge (eds.). *Handbook of avian anatomy: Nomina anatomica avium*. Publications of the Nuttall Ornithological Club No. 23, Cambridge, Massachusetts.
- Bertelli, S., & N. Giannini, N. 2005. A phylogeny of extant penguins (Aves: Sphenisciformes) combining morphology and mitochondrial sequences. *Cladistics* 21: 209–239.
- Blackith, R. E., & R. A. Reyment. 1971. *Multivariate morphometrics*. Academic Press, London, UK.
- Giannini, N. P., & S. Bertelli, S. 2004. Phylogeny of extant penguins based on integumentary and breeding characters. *Auk* 121: 421–434.
- Marples, B. J. 1952. Early Tertiary penguins of New Zealand. *Geol. Surv. Paleontol.* 20: 1–66.
- Marples, B. J. 1960. A fossil penguin from the Late Tertiary of North Canterbury. *Rec Canterbury Mus.* 7: 185–195.
- Martínez, I. 1992. Order Sphenisciformes. Pp. 140–160 in del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). *Handbook of the birds of the world*. Volume 1: Ostrich to ducks. Links Edicions, Barcelona, España.
- Michener, C. D., & R. R. Sokal. 1957. A quantitative approach to a problem in classification. *Evolution* 11: 130–162.
- Moreno F. P., & A. Mercerat. 1891. Catálogo de los pájaros fósiles de la República Argentina conservados en el Museo de La Plata. *Anal. Mus. La Plata (Paleontol. Argent.)* 1: 7–71.
- Myrcha, A., P. Jadwiszczak, C. Tambussi, J. Noriega, A. Gazdzicki, A. Tatur, & R. Del Valle. 2002. Taxonomic revision of Eocene Antarctic penguins based on tarsometatarsal morphology. *Pol. Polar Res.* 23: 5–46.
- O Hara, R. 1989. Systematics and the study of natural history, with an estimate of the phylogeny of the living penguins (Aves: Spheniscidae). Ph.D. Thesis, Harvard Univ., Cambridge, Massachusetts.
- O Hara, R. 1991. An estimate of the phylogeny of the living penguins (Aves: Spheniscidae). *Am. Zool.* 29: 11A.
- Simpson, G. G. 1946. Fossil penguins. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 87: 1–100.
- Simpson, G. G. 1972. Conspectus of Patagonian fossil penguins. *Am. Mus. Novit.* 2488: 1–37.
- Sneath, P. H. A., & R. E. Sokal. 1973. *Numerical taxonomy*. W. H. Freeman Co., San Francisco, California.
- Stucchi, M. 2002. Una nueva especie de *Spheniscus* (Aves: Spheniscidae) de la Formación Pisco, Perú. *Bol. Soc. Geol. Peru* 94: 19–26.
- Walsh, S., & M. Suárez. 2006. New penguin remains from the Pliocene of northern Chile. *Hist. Biol.* 18: 115–126.

APÉNDICE 1. Lista de los materiales incluidos en el presente análisis.

Endyptes chrysome: MLP A39; *Palaeospheniscus bergi*: MLP 97-VI-1-9, MLP 20-81, MLP 20-235, MLP 20-236, MLP M-613; *Palaeospheniscus biloculata*: MLP 20-236; *Palaeospheniscus patagonicus*: MLP 20-240, MLP 20-238, MEF-PV 3070, MLP M-618; *Palaeospheniscus*: MEF- PV 1878; *Pygoscelis adeliae*: IAA 142, IAA 183, IAA 145, IAA 146, IAA 181, IAA 168, IAA 165, IAA 166, IAA 164, IAA 180, IAA 178, IAA 176, IAA 188, IAA 187, IAA 173, IAA 175, IAA 170; *Pygoscelis antarctica*: MLP A37, MLP A448, MLP A465; *Pygoscelis papua*: MLP A452, MLP A468, MLP A38, MLP A463, MACN 52364, IAA 82, IAA 81, IAA 24, IAA 160; *Spheniscus magellanicus*: MLP A35, MLP A31, MACN 52767, MACN 54681, MACN 54682.