

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DEL SURCO NASAL EN AVES

Lucía Ibañez¹, Claudia P. Tambussi², & Carolina Acosta Hospitaleche²

¹CIC, División Zoología Vertebrados, Sección Ornitología, Campus Universitario Florencio Varela, Calchaquí km 23, Florencio Varela, CP 1888. *E-mail*: luciamibanez@yahoo.com.ar

²CONICET, División Paleontología Vertebrados/ Museo de La Plata/ Facultad de Ciencias Naturales y Museo/UNLP, Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata, Argentina.

Abstract. – **Morphometric analysis of the nasal furrow in birds.** – The location of the salt gland in birds can be supra- or infraorbital, leaving generally a mark on the skull. The first type leaves a mark on the frontals, the *fossa glandulae nasalis* or nasal furrow, placed in the interorbital region. The second type leaves an *impressio glandulae nasalis* in the antero-ventral side of the frontals. The shape of the nasal furrow of birds habitant of different environments belonging to several guilds was analyzed through a Fourier Elliptic Analysis and others related metric features. An outlines analysis of the *fossa glandulae nasalis* was made in 18 species (marine, continental and ubiquitous taxa), and another one was applied to two skuas species distinguishing males from females. According to the obtained results, the outline of the nasal furrow is not related with the environment, and its length vary intra- and inter-specifically. Morphology and size of the nasal furrow are independent from sex in the Gentoo Penguin (*Pygoscelis papua*) and the South Polar Skua (*Catharacta maccormicki*), while in the Brown Skua (*Catharacta antarctica*) differences in size were detected between males and females.

Resumen. – En las aves, la ubicación de la glándula de la sal puede ser suprañ o infraorbitaria, dejando generalmente una marca en el cráneo. El primer tipo deja una marca, la *fossa glandulae nasalis* (surco nasal) sobre los frontales en la zona interorbitaria. El segundo, deja una *impressio glandulae nasalis* en la zona antero-ventral de los frontales. En este trabajo se analiza la forma del surco nasal en aves relacionadas a distintos ambientes y gremios tróficos a través de un Análisis Elíptico de Fourier y los caracteres métricos relacionados. Se realizó un análisis del contorno de la *fossa glandulae nasalis* en 18 especies de aves (acuáticas marinas, continentales y ubicuas) y otro aplicado a dos especies de skúas discriminando machos y hembras. De acuerdo a los resultados obtenidos, el contorno del surco nasal y su extensión varía intra- e inter-específicamente. La morfología y tamaño del surco nasal son independientes del sexo en el Pingüino papua (*Pygoscelis papua*) y en el Skúa Polar del sur (*Catharacta maccormicki*), mientras que en el Skúa pardo (*Catharacta antarctica*), se encuentran diferencias de tamaño entre machos y hembras. *Aceptado el 12 de Marzo de 2010.*

Key words: Salt gland furrow, Elliptic Fourier Analysis, environment, sea birds.

INTRODUCCIÓN

La glándula de la sal se encuentra en numerosas especies de aves, con distinto grado de desarrollo, alcanzando el máximo en las aves marinas (Schmidt-Nielsen 1960). La concentración de la secreción producida por la glán-

dula, también es mayor en aves marinas pelágicas con respecto a las que habitan en estuarios (Peaker 1971). Se encuentra en dos ubicaciones posibles, supra- o infraorbitaria y se aloja en un surco del cráneo. Cuando su posición es supraorbitaria (Fig. 1), se ubica en la zona interorbitaria sobre los límites exter-

nos de los frontales, en un surco nasal o *fossa glandulae nasalis* en la terminología de Baumel & Witmer (1993). Cuando es infraorbitaria, su ubicación es antero-ventral al *os frontale*. Sin embargo, la presencia de la glándula no se corresponde inequívocamente con la presencia de surco nasal (Ibañez 2009).

Los objetivos de este trabajo son estudiar la morfología de la *fossa glandulae nasalis* desde una perspectiva taxon-free (en el sentido de Damuth 1992) en aves que se distribuyen en distintos ambientes y pertenecientes a distintos gremios; por otro lado, estudiar si existen diferencias morfológicas interespecíficas y entre sexos en dos especies de skúas simpátricas, y establecer comparaciones de la extensión de la *fossa glandula nasalis* en el cráneo. Se pretende testear la hipótesis de que aves que habitan el mismo ambiente presentan morfologías similares del surco nasal, debido a que se enfrentan a los mismos problemas de regulación osmótica. Se espera también encontrar una morfología similar en cada especie de skúa y en cada sexo. En cuanto al tamaño proporcional del surco nasal se espera que sea mayor en especies marinas pelágicas y en consumidoras de kril que en especies de otros ambientes y con diferentes requerimientos alimenticios.

Para ello se emplea aquí un Análisis Elíptico de Fourier, una técnica especial del campo de la morfometría geométrica con la que se evalúa el contorno de una determinada estructura independientemente del tamaño. También se obtuvieron índices relacionando las dimensiones del surco nasal con las del cráneo.

MÉTODOS

En este trabajo se estudiaron 18 especies de aves que habitan distintos ambientes, la mayoría son marinas (13 especies) tanto oceánicas como costeras, dos especies oportunistas, una de ambientes salobres no marinos, una espe-

cie de agua dulce, y una con poblaciones marinas y continentales. Los materiales empleados para el análisis se encuentran depositados en las colecciones del Museo de La Plata (MLP), Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN), Instituto Antártico Argentino (IAA) y Reserva Ecológica Costanera Sur (RECS), Argentina y se detallan a continuación. Pingüino emperador (*Aptenodytes forsteri*): IAA 9; Paloma antártica (*Chionis alba*): MLP 412; Skúa pardo (*Catharacta antarctica*): IAA 1527 (macho), IAA 1389 (hembra), IAA 1529 (hembra), IAA 1289 (hembra), IAA 1285 (hembra), IAA 1291 (hembra); Skúa polar del sur (*Catharacta maccormicki*): IAA 1284 (macho), IAA 1483 (macho), IAA 1648 (macho), IAA 1283, (macho), IAA 1279 (hembra), IAA 1388 (hembra), IAA 1288 (hembra); Pingüino de adelia (*Pygoscelis adeliae*): MLP 1; Pingüino de barbijo (*Pygoscelis antarctica*): MLP 441; Pingüino papua: IAA 81 (macho), IAA 82 (hembra); Pingüino de magallanes (*Spheniscus magellanicus*): MACN 53510; Gaviotín golondrina (*Sterna hirundo*): MLP 529; Quetro volador (*Tachyeres patachonicus*): MLP 564; Flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*): MLP 564; Cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*): MLP 544; Albatros real (*Diomedea epomophora*): MACN 17565; Petrel gigante común (*Macronectes giganteus*): MACN 105, MACN 18251; Albatros de ceja negra (*Diomedea melanophrys*): MACN 54409, MACN 54410; Tero Real (*Himantopus melanurus*): RECS (sin numerar); Tero común (*Vanellus chilensis*): MLP 275; Gaviota capucho café (*Larus maculipennis*): MLP 528.

Los cráneos seleccionados fueron fotografiados en vista dorsal y a partir de sus fotografías se trazó digitalmente el contorno del surco nasal (*fossa glandulae nasalis*). Para el estudio del contorno del surco nasal se empleó un Análisis Elíptico de Fourier, propuesto por primera vez por Kuhl & Giardina

(1982). El empleo de un análisis de este tipo es conveniente cuando, por las características del material bajo estudio, no puede definirse una importante cantidad de landmarks de tipo I (Monteiro 1999) y cuando desean resaltarse pequeñas diferencias en el contorno de las estructuras bajo estudio. Consiste en descomponer ortogonalmente una curva en una suma de elipses armónicamente relacionadas, que se combinan para ajustarse de manera precisa a casi cualquier curva. Los contornos son definidos mediante los coeficientes paramétricos x e y . Cada uno de éstos se expande independientemente (Sicard *et al.* 2001). Para cada armónico se obtiene un par de coeficientes de cada eje, debido a lo cual se obtienen un total de cuatro coeficientes para cada armónico (Crampton 1995). El análisis de los primeros armónicos representa la forma más general; cuantos más armónicos se estudian, se observan mayores detalles de las figuras (Zhang & Lu 2001).

Para realizar el Análisis de Fourier se utilizó el software Shape 1.2 (Iwata & Ukai 2002) que permite utilizar fotografías o dibujos, siempre que se trate de imágenes con curvas cerradas, que contrasten con el fondo. Se analizaron los 20 primeros armónicos excepto el primero tal como sugiere Crampton (1995) debido a que éste retiene casi la totalidad de la variabilidad y posee poco poder de discriminación morfológica.

Para evaluar el poder de discriminación morfológica de esta herramienta se realizó un Análisis de Fourier a dos conjuntos de aves: el primero compuesto por 18 especies de aves acuáticas: el Pingüino emperador, el Pingüino de adeliae, el Pingüino de barbijo, el Pingüino papua, el Pingüino de magallanes, el Skúa pardo, el Skúa polar del sur, el Albatros de ceja negra, el Albatros real, el Petrel gigante común, la Paloma antártica, la Gaviota capucho café, el Gaviotín golondrina, el Quetro volador, el Flamenco austral, el Cisne coscoroba, el Tero real y el Tero común. El segundo

análisis estuvo compuesto por machos y hembras de dos especies de skúas simpátricas, el Skúa pardo (*Catbaracta antarctica*, un macho y cinco hembras,) y el Skúa polar del sur (*Catbaracta maccormicki*, cuatro machos y tres hembras).

Sobre los coeficientes de los armónicos obtenidos a partir del Análisis de Fourier se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el fin de reducir las dimensiones del conjunto de datos y conservar lo más posible la variación presente en el conjunto analizado (Francis & Wills 1999) y evaluando los primeros componentes pues retienen la mayor cantidad de variación encontrada en la totalidad de las variables originales (Jolliffe 2002). Para el Análisis de Componentes Principales se utilizó el software Past (Paleontological Statistics) 1.8 (Hammer *et al.* 2001).

Independientemente, se calcularon tres índices que evidenciaran la proporción de cráneo y de neurocráneo ocupada por la *fossa glandulae nasalis* (Fig. 1). El I1 = As/At refleja la extensión del surco nasal en relación al ancho del cráneo (As es el ancho del surco nasal, At : el ancho máximo del cráneo). El I2 = Ls/Lt refleja la extensión del surco en referencia a la longitud total del cráneo (Ls la longitud del surco nasal, Lt : la longitud total del cráneo). El I3 = Ls/Ln fue obtenido para eliminar las diferencias en los largos de los picos (Tabla 1) de las diferentes aves (Ln = la longitud del neurocráneo).

La información sobre la distribución de las especies estudiadas y la caracterización ecológica de cada una de ellas fue tomada de la bibliografía (Carboneras 1992a, 1992b, 1992c; del Hoyo 1992, Martínez 1992, Williams *et al.* 1992, Burger 1996, Burger & Gochfeld 1996, Pierce 1996, Piersma & Wiersma 1996, Wienecke & Robertson 1997, Coria & Montalti 2000, Childerhouse *et al.* 2003, Schiavini *et al.* 2005, Silva Rodríguez *et al.* 2005, Narosky 2003, NatureServe 2007, Phillips *et*

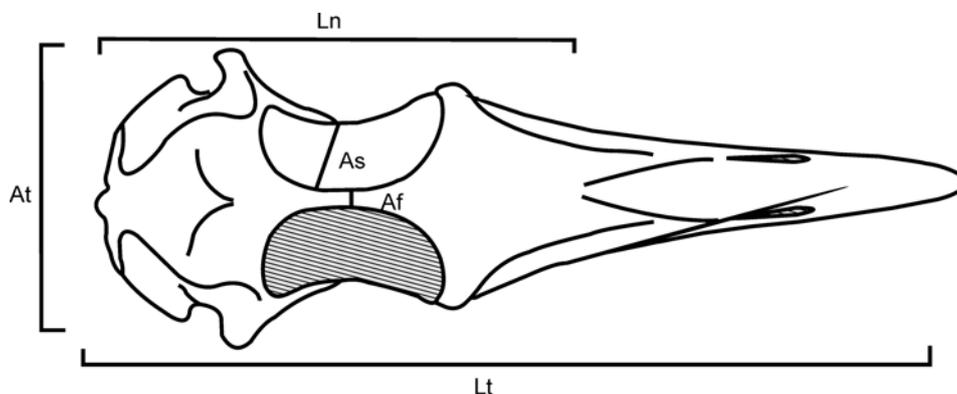


FIG. 1. Medidas tomadas para la obtención de los índices. Lt: longitud máxima del cráneo; At: ancho máximo del cráneo; Ls: longitud máxima de las *fossae glandulae nasale*; As: ancho máximo de las *fossae glandulae nasale*; Ln: longitud máxima del neurocráneo; Af: ancho de los frontales en la zona de mayor cercanía de las *fossae glandulae nasale*. El área rayada muestra la ubicación de la glándula de la sal.

al. 2007, Santos *et al.* 2007, Lara & Acuña Gonzalez 2008, Malzof & Quintana 2008).

RESULTADOS

Los resultados del ACP fueron analizados de acuerdo a los agrupamientos observados a lo largo de cada uno de los componentes.

El componente 1 representa el 49,69% de la variabilidad explicada. Este componente generó un agrupamiento y mantuvo aisladas a dos especies, el Cisne coscoroba y el Tero común. Las restantes especies (Pingüino emperador, Pingüino de adeliae, Pingüino papua, Pingüino de barbijo, Pingüino de magallanes, Flamenco austral, Albatros de ceja negra, Albatros real, Skúa pardo, Skúa polar del sur, Quetro volador, Paloma antártica, Gaviota capucho café, Tero real, Gaviotín golondrina y Petrel gigante común) permanecieron agrupadas (Figs. 2, 3).

El segundo componente reúne un 13,18% de la variabilidad explicada. Según este componente queda aislado el Pingüino papua (Figs. 3, 4).

El tercer componente explica el 12,47% de la variabilidad. Determina tres agrupa-

ciones, la primera formada por Skúa polar del sur, Pingüino papua y Gaviotín golondrina; la segunda formada por Flamenco austral, Albatros de ceja negra, Quetro volador y Pingüino emperador y la tercera agrupa a las restantes especies.

En el segundo Análisis de Fourier, aplicado a los skúas, el componente 1 representa el 77,83% de la variabilidad explicada. En el gráfico de los ejes 1 vs 2 (Fig. 5) se forman dos agrupamientos, uno de ellos constituido por tres ejemplares de Skúa polar del sur machos junto a un Skúa pardo hembra. El otro grupo, reúne a nueve de los ejemplares estudiados, tanto machos como hembras de ambas especies. Los mismos resultados se obtuvieron en el gráfico de los componentes 1 vs 3 (Fig. 6).

El segundo componente representa el 8,04% de la variabilidad explicada. En el gráfico de los ejes 1 vs 2 todos los especímenes quedan agrupados excepto un ejemplar hembra de Skúa pardo. Se observa una dispersión de ejemplares donde se mezclan tanto los individuos de ambos sexos como los de las distintas especies (Fig. 5). En el gráfico 2 vs 3 se observan los mismos resultados para este componente (Fig. 7).

TA BLA 1. Medidas e índices de los cráneos con *fossae glandulae nasale*. Lt: Longitud máxima del cráneo; At: ancho máximo del cráneo; Ls: longitud máxima del surco nasal; As: ancho máximo del surco nasal; Ln: longitud máxima del neurocráneo; Af: ancho de los frontales en la zona de mayor cercanía de las *fossae glandulae nasale*. S/n: sin numerar.

Especie	Nro.	Lt	At	Ls	As	Ln	Af	Ls/Lt	Ls/Ln	As/At
<i>Coscoroba coscoroba</i>	MLP 544	15,17	4,00	2,64	0,73	6,46	0,56	0,17	0,40	0,18
<i>Tachyeres patachonicus</i>	MLP 564	12,84	4,32	4,00	1,61	5,77	0,03	0,31	0,69	0,37
<i>Vanellus chilensis</i>	MLP 275	6,79	2,67	1,06	0,22	3,28	0,21	0,15	0,32	0,08
<i>Chionis alba</i>	MLP 412	6,64	2,87	1,69	0,69	3,77	0,02	0,25	0,44	0,24
<i>Diomedea melanophrys</i>	MACN 54409	22,56	7,91	4,24	1,75	7,93	0,18	0,53	0,22	0,22
	MACN 54410	22,55	8,61	4,46	2,09	8,69	0,20	0,51	0,24	0,24
<i>Diomedea epomophora</i>	MACN 17565	27,91	8,63	3,5	1,79	8,40	0,80	0,12	0,41	0,20
<i>Larus macculipennis</i>	MLP 528	8,56	2,87	1,84	0,48	4,35	0,08	0,21	0,42	0,16
<i>Spheniscus magellanicus</i>	MACN 53510	12,29	5,40	3,77	0,94	6,54	0,40	0,30	0,57	0,17
<i>Pygoscelis adeliae</i>	MLP 1	13,25	6,02	4,51	1,54	6,99	0,01	0,34	0,64	0,25
<i>Pygoscelis antarctica</i>	MLP 441	14,20	5,81	4,50	1,56	6,84	0,32	0,31	0,65	0,26
<i>Pygoscelis papua</i>	IAA 81	15,07	5,67	4,28	1,28	6,65	0,28	0,63	0,22	0,22
	IAA 82	15,77	6,14	4,71	1,30	7,46	0,29	0,63	0,21	0,21
<i>Aptenodytes forsteri</i>	IAA 9	18,65	7,03	3,68	1,09	9,29	1,65	0,19	0,39	0,15
<i>Catharacta antarctica</i>	IAA 1527	11,5	5,03	3,2	1,41	5,74	0,27	0,55	0,28	0,28
	IAA 1291	12,09	5,03	3,14	1,67	5,8	0,25	0,54	0,33	0,33
	IAA 1529	12,51	5,52	3,43	1,63	6,04	0,27	0,56	0,29	0,29
	IAA 1285	13,22	5,31	3,36	1,70	5,86	0,25	0,57	0,32	0,32
	IAA 1289	12,11	5,11	3,27	1,47	5,58	0,27	0,58	0,28	0,28
<i>Catharacta maccormicki</i>	IAA 1389	11,96	5,56	3,56	1,69	6,25	0,29	0,56	0,30	0,30
	IAA 1284	10,61	4,42	2,86	1,25	4,83	0,26	0,59	0,28	0,28
	IAA 1648	10,17	4,18	2,64	1,22	5,00	0,25	0,52	0,29	0,25
	IAA 1483	10,32	4,31	2,56	1,16	5,08	0,24	0,50	0,26	0,26
	IAA 1279	9,75	4,64	2,47	1,16	5,03	0,25	0,49	0,25	0,25
	IAA 1288	10,35	4,74	2,74	1,25	5,21	0,26	0,52	0,26	0,26
	IAA 1388	10,37	4,84	2,73	1,30	5,30	0,26	0,51	0,26	0,26
	IAA 1283	10,21	4,49	2,45	1,15	4,89	0,23	0,50	0,25	0,29
<i>Sterna hirundo</i>	MLP 529	8,01	2,68	1,9	0,36	4,03	0,02	0,23	0,47	0,13
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	MLP 564	15,05	4,07	2,69	1,29	4,21	0,27	0,17	0,63	0,31
<i>Macronectes giganteus</i>	MACN 105	16,99	6,21	3,68	1,15	6,72	0,21	0,54	0,18	0,18
	MACN 18251	17,41	6,66	4,10	1,11	6,80	0,23	0,60	0,16	0,16
<i>Himantopus melanurus</i>	RECS s/n	10,07	2,34	1,33	0,18	3,46	0,11	0,13	0,38	0,07

El tercer componente proporciona el 4,81% de la variabilidad explicada. Agrupa a todos los ejemplares con excepción de una hembra de Skúa polar del sur (Figs. 6, 7).

Con respecto a la extensión de la *fossa glandulae nasalis* evaluada a través de los tres índices propuestos, se encontraron tanto variaciones inter- como intra-específicas

(Tabla 1). Por ejemplo de esta última, se obtuvo una variación importante en el índice Ls/Ln entre los dos ejemplares de Petrel gigante común aún mayor que la calculada entre algunas especies pertenecientes a distintas familias.

Las especies con *fossae glandulae nasale* más extensas son el Quetro volador seguido del

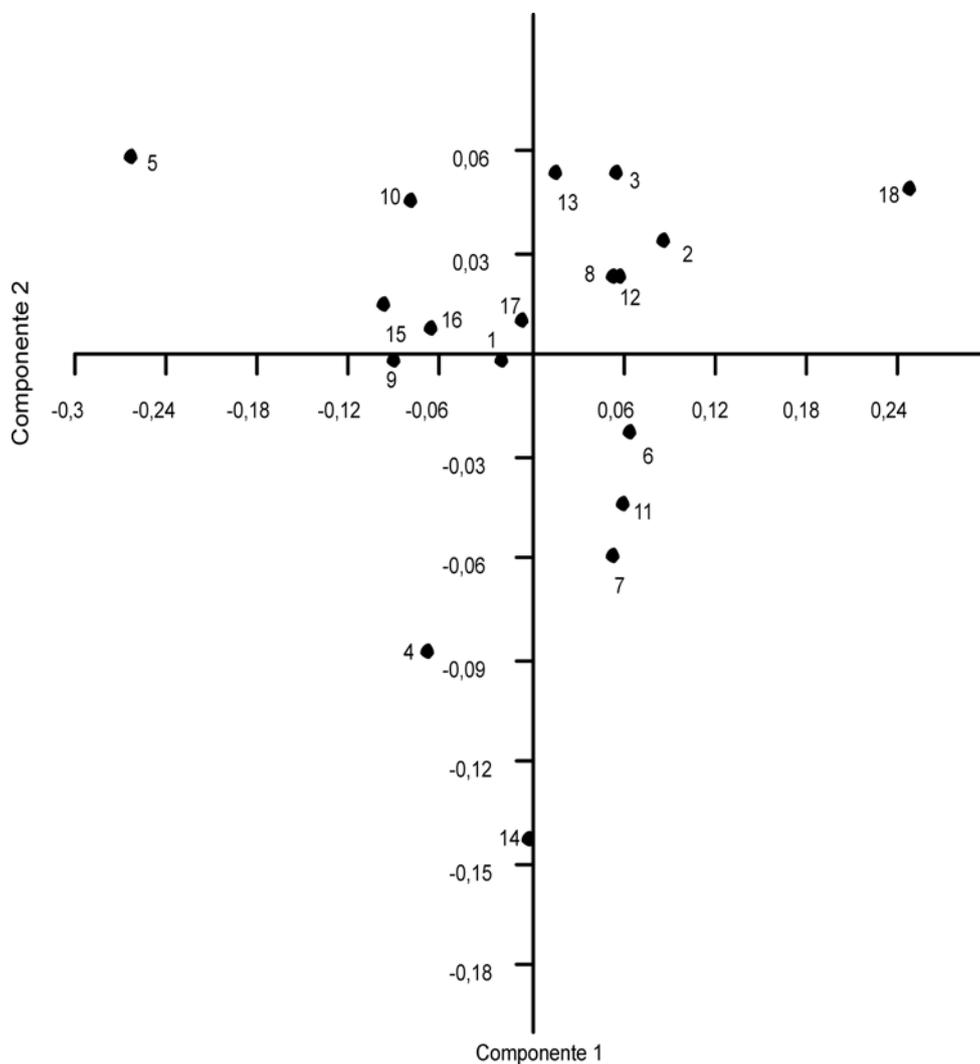


FIG. 2. Gráfico de los Análisis de Componentes Principales mostrando los resultados sobre los ejes 1 y 2 para todas las especies. 1. Pingüino emperador, 2. Skúa pardo, 3. Skúa polar del sur, 4. Paloma antártica, 5. Cisne coscoroba, 6. Albatros real, 7. Albatros de ceja negra, 8. Tero real, 9. Gaviota capucho café, 10. Petrel gigante común, 11. Flamenco austral, 12. Pingüino de adeliae, 13. Pingüino de barbijo, 14. Pingüino papua, 15. Pingüino de magallanes, 16. Gaviotín golondrina, 17. Quetro volador, 18. Tero común.

Pingüino de adelia, el Pingüino de barbijo y el Pingüino papua. Los índices obtenidos en las especies del género *Pygoscelis* son considerablemente mayores a los del Pingüino de magallanes y del Pingüino emperador.

Dentro de la familia Stercorariidae, el Skúa polar del sur presenta valores de los índices menores al Skúa pardo.

Los menores índices L_s/L_n y A_s/A_t , se observan en el Tero común y en el Tero real.

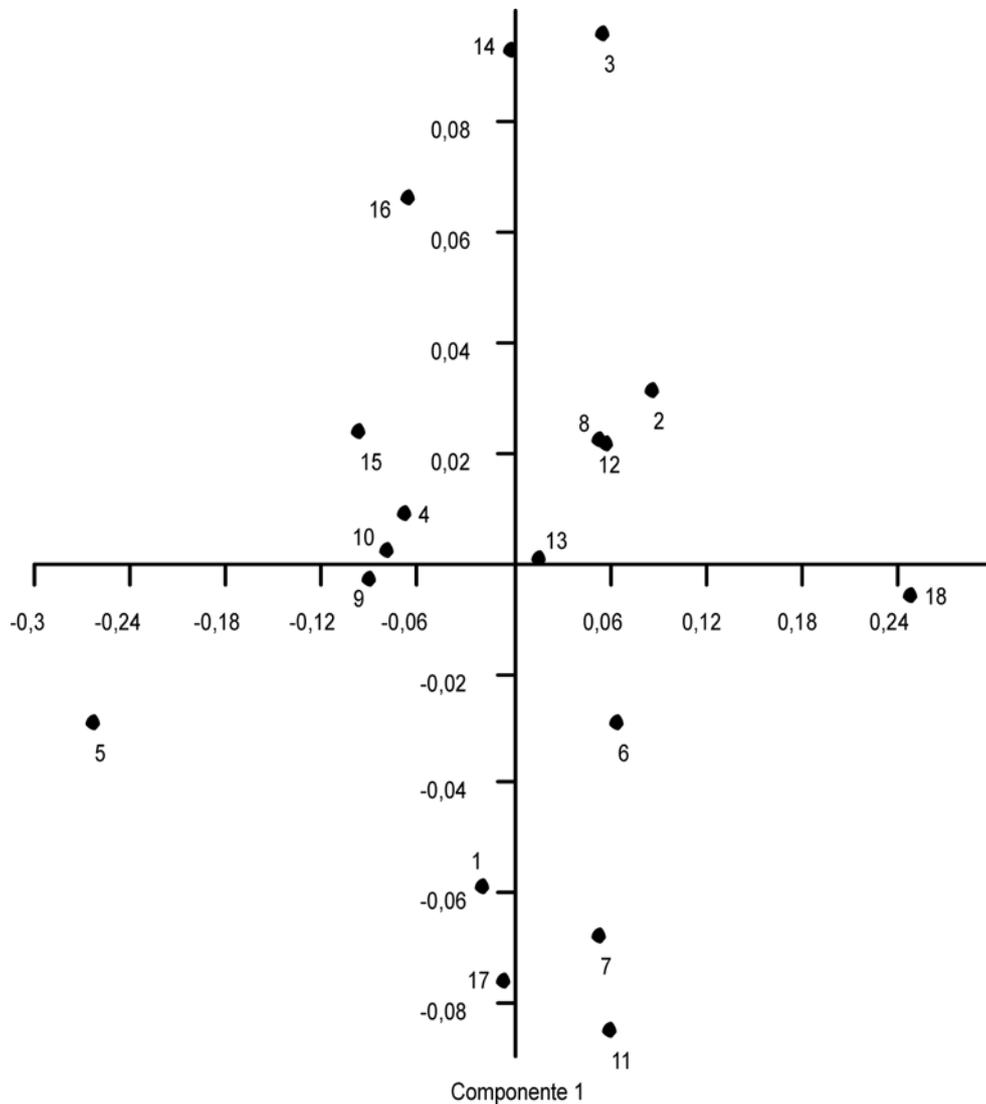


FIG. 3. Gráfico de los Análisis de Componentes Principales mostrando los resultados sobre los ejes 1 y 3 para todas las especies. Ver referencia de las especies en la leyenda de la Fig. 2.

Estos índices no permitieron discriminar entre machos y hembras en el Pingüino papua pero sí en una de las especies de skúa. Las hembras de Skúa pardo presentan cráneos y *fossa glandulae nasalis* más grandes que los machos. En cambio en el Skúa polar del sur todos los ejemplares mostraron variaciones en

los índices y medidas totales no atribuibles al sexo.

DISCUSIÓN

En el Análisis de Fourier, el primer componente mantuvo aisladas a dos especies, el

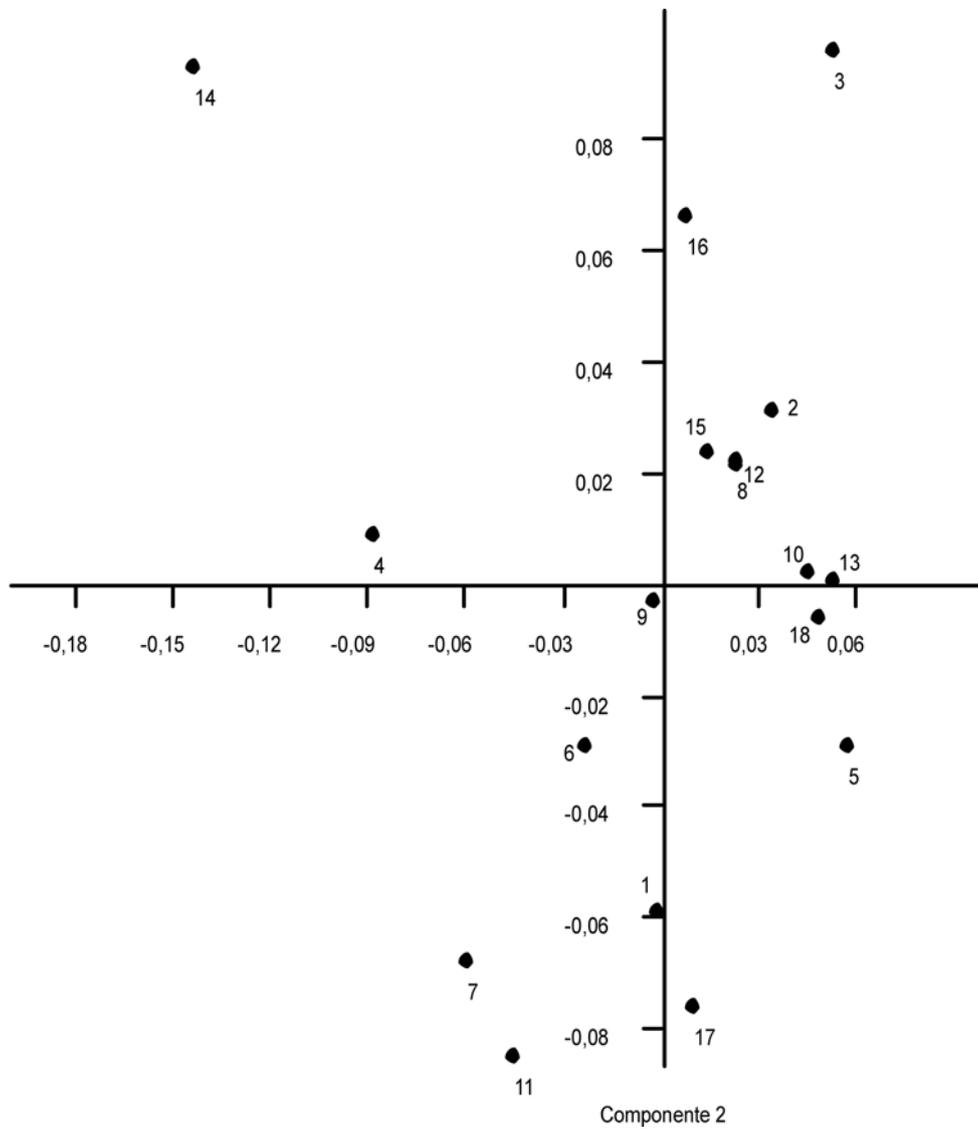


FIG. 4. Gráfico de los Análisis de Componentes Principales mostrando los resultados sobre los ejes 2 y 3 para todas las especies. Ver referencia de las especies en la leyenda de la Fig. 2.

Cisne coscoroba y el Tero común. La primera es principalmente habitante de ambientes de aguas continentales. La segunda es generalista en cuanto a sus requerimientos ambientales, pudiendo encontrarse en zonas con agua

dulce, salobre, en campo abierto como en zonas urbanas. Las restantes especies que permanecieron agrupadas, en su mayoría son marinas. La Gaviota capucho café además de habitar zonas costeras también presenta

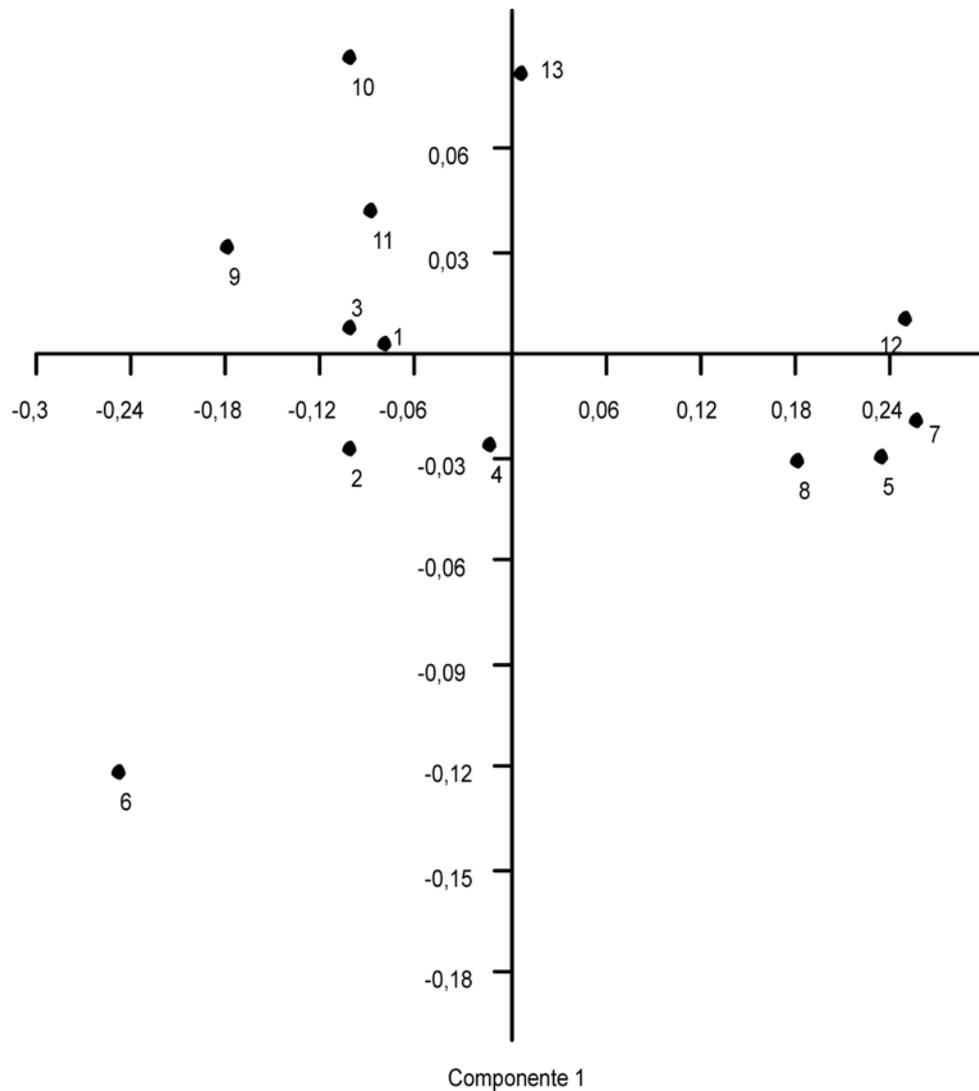


FIG. 5. Gráfico de los Análisis de Componentes Principales mostrando los resultados sobre los ejes 1 y 2 para los skúas. 1: Skúa pardo, macho; 2, 3, 4, 5 y 6: Skúa pardo, hembra; 7, 8, 12 y 13: Skúa polar del sur, macho; 9, 10 y 11: Skúa polar del sur hembra.

poblaciones en aguas continentales, el Flamenco austral habita humedales de agua salobre y el Tero real es generalista (Figs. 2, 3).

Ni el segundo ni el tercer componente reúnen aves que compartan sus hábitos tróficos o los ambientes en que viven. Estos

resultados no muestran una asociación entre la morfología del surco nasal y el hábitat de las distintas especies.

En el segundo Análisis de Fourier, aplicado a los skúas, en todos los componentes se observa una dispersión de ejemplares donde

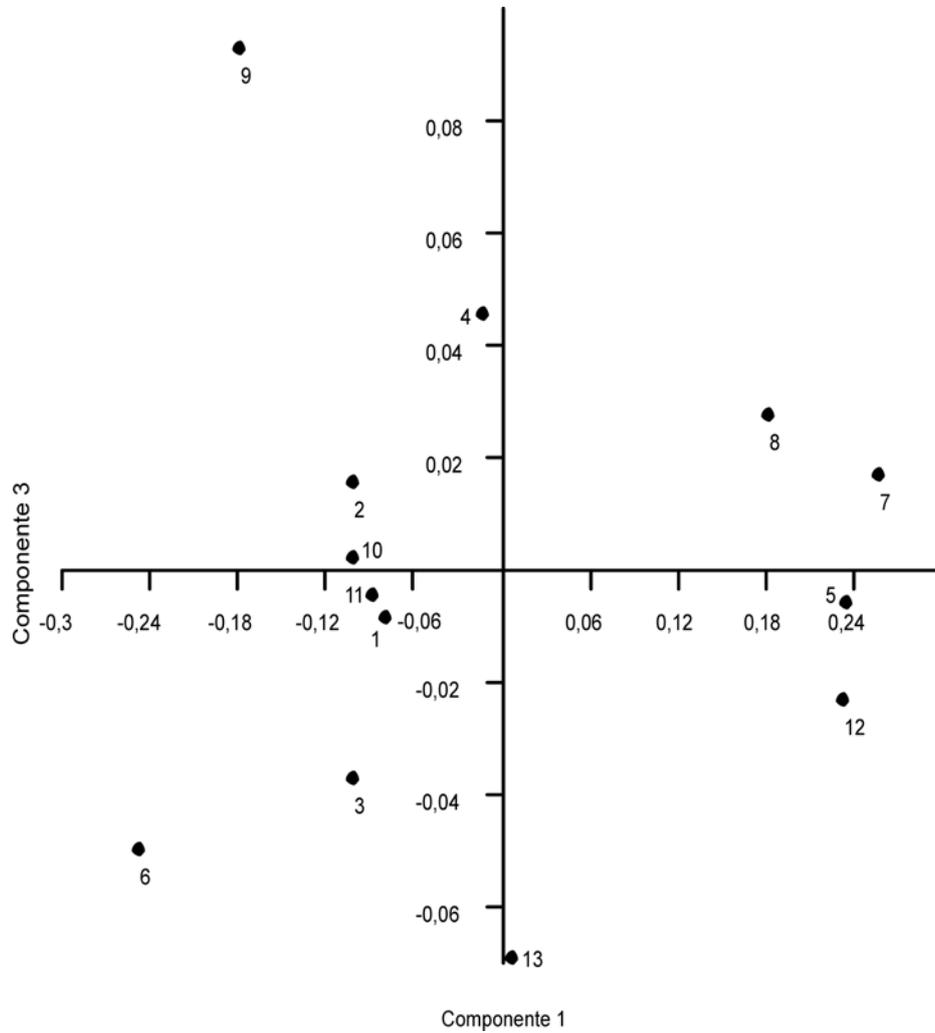


FIG. 6. Gráfico de los Análisis de Componentes Principales mostrando los resultados sobre los ejes 1 y 3 para los skúas. Ver referencia de las especies en la leyenda de la Fig. 5.

se mezclan tanto los individuos de ambos sexos como de ambas especies (Fig. 5). Por lo tanto, la morfología del surco nasal no está asociada a la especie o al sexo en los skúas.

Con respecto a la variación intraespecífica en la extensión de la *fossa glandulae nasalis* encontrada en el Petrel gigante común, podría estar vinculada a diferencias debidas al sexo o poblacionales.

Las especies con *fossae glandulae nasale* más extensas son marinas y principalmente consumidoras de invertebrados (el Quetro volador seguido del Pingüino de adelia, el Pingüino de barbijo y el Pingüino papua). Dentro de la familia Spheniscidae, la extensión de la *fossa glandulae nasalis* se encuentra relacionada con la alimentación. Los índices obtenidos en las especies del género *Pygoscelis*

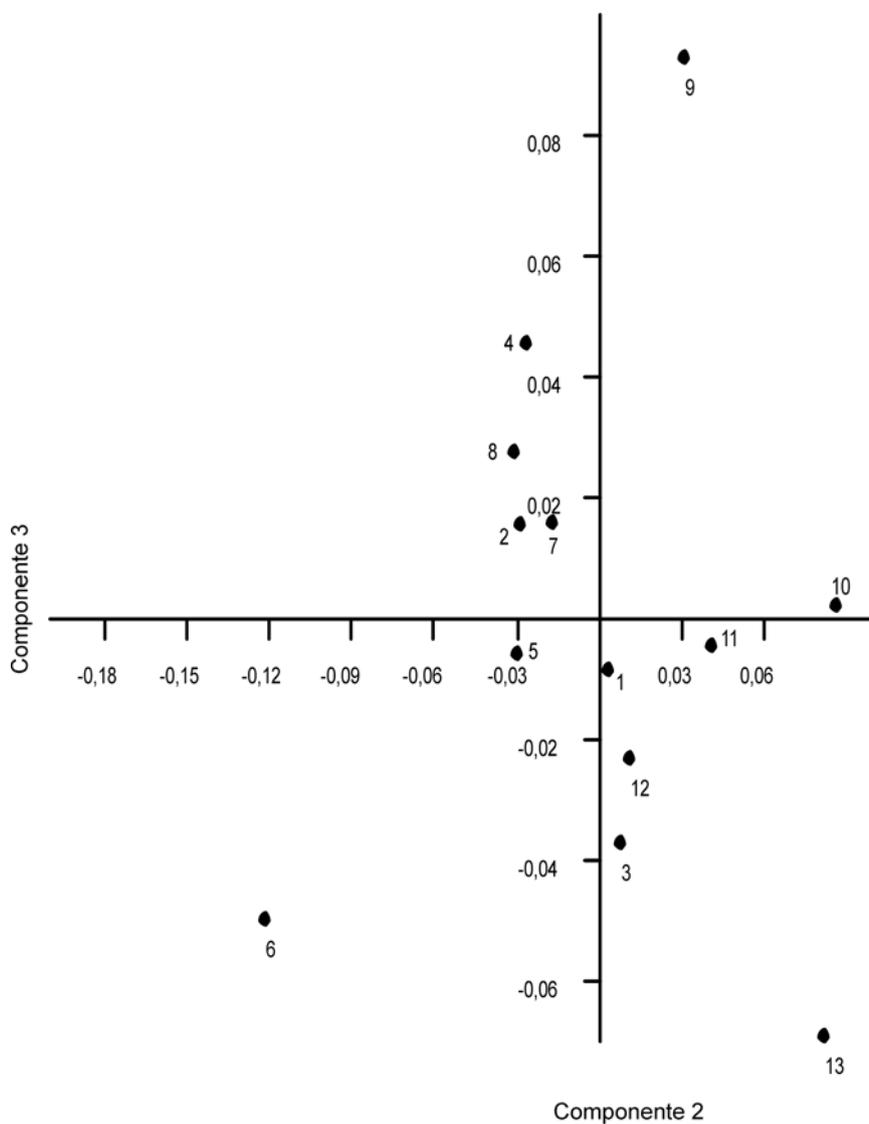


FIG. 7. Gráfico de los Análisis de Componentes Principales mostrando los resultados sobre los ejes 2 y 3 para los skúas. Ver referencia de las especies en la leyenda de la Fig. 5.

son considerablemente mayores a los del Pingüino de magallanes y del Pingüino emperador, estas dos últimas principalmente piscívoras.

Llama la atención el resultado obtenido para la familia Stercorariidae, el Skúa polar

del sur, la especie que se alimenta mayormente en el agua, presenta valores de los índices menores al Skúa pardo, que se alimenta principalmente en tierra. Se esperaba que el resultado fuera inverso, debido a que el Skúa polar del sur está más expuesta e ingiere

más cantidad de agua salada que el Skúa pardo, motivo por el cual se esperaría que hubiese desarrollado un sistema excretor más eficiente reflejado en el tamaño de la *fossa glandulae nasalis*.

Sin embargo, en algunas aves como por ejemplo ciertos Anatidae, el tamaño de la glándula de la sal no necesariamente queda reflejado por el tamaño o extensión del surco nasal (Ibañez 2009). En consecuencia, puede sostenerse que las especies piscívoras presentan *fossa glandulae nasalis* menos desarrollada que otras de hábitos alimenticios diferentes como por ejemplo las filtradoras. Esto es así tanto para los Spheniscidae como los Stercorariidae.

El Flamenco austral, un ave de ambientes salobres, presenta valores de los índices As/At y Ls/Ln muy elevados, incluso más que los de la mayoría de las aves marinas. Al observar la extensión de la *fossa glandulae nasalis* de esta especie junto a la del Quetro volador podemos sugerir que una alimentación filtradora en agua salada, podría asociarse a una *fossa glandulae nasalis* de gran extensión.

La menor extensión del surco nasal se observa en el Tero común y en el Tero real, en los cuales por su alimentación y hábitat, no se esperaba encontrar *fossae glandulae nasale*.

Aún cuando la muestra analizada es pequeña, y sería necesario ampliarla para afirmar más certeramente los resultados aquí obtenidos, podemos concluir lo siguiente: la morfología y tamaño del surco nasal no se encontrarían relacionados con el sexo en el Pingüino papua y en el Skúa polar del sur. En el Skúa pardo se encuentran diferencias en cuanto al tamaño entre machos y hembras. Por lo tanto, el comportamiento de este carácter es desigual en las distintas especies de skúas.

Si las hembras del Skúa pardo presentan surco nasal más grandes que los machos, podría inferirse *a priori* que tuvieran masas o

volúmenes de la glándula también mayores. Existe información publicada de que la masa de la glándula varía entre machos y hembras en varias especies de Anseriformes, siendo significativamente mayor en machos que en hembras de la misma especie (Cornelius 1982, Woodin *et al.* 2008) debido a lo cual podría suponerse que el Skúa pardo sería otro caso en el cual se presentan diferencias entre sexos. Sin embargo, como señala Ibañez (2009) el tamaño de la glándula no necesariamente queda reflejado por el tamaño del surco. Lamentablemente no contamos con información referida a la masa o volumen de la glándula en ninguna de las especies de skúas como para afirmar qué tipo de correlación surco-glándula presentan estas aves.

Esta contribución constituye el primer aporte al estudio del surco para la glándula nasal supraorbitaria. Si bien, el análisis de contornos del surco nasal resultó no ser informativo en cuanto al hábitat y las diferencias sexuales, los índices calculados permitieron reconocer las diferencias intra-específicas atribuidas al sexo y aquellas inter-específicas en los grupos analizados. La profundización de este tipo de análisis incrementando el número de muestras así como la cantidad de especies incluídas permitirá obtener resultados más confiables en términos estadísticos.

AGRADECIMIENTOS

A P. Tubaro de la Sección Ornitología del MACN quien facilitó las comparaciones con aves bajo su custodia. Al personal de la Reserva Ecológica Costanera Sur y del Instituto Antártico Argentino quienes proveyeron de material fresco para disecciones o acceso a colecciones. A los revisores A. Rinderknecht y E. Höfling por sus sugerencias. Esta es una contribución del PICT 3-24617 (C. Tambussi), PICT 499 y PIP 0131 (C. Acosta Hospitaleche).

REFERENCIAS

- Baumel, J., & L. M. Witmer. 1993. Osteología. Pp. 45–132 *in* Baumel, J., A. King, J. Breazile, H. Evans, & J. Vanden Berge (eds.). Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium. Publ. Nuttall Ornithol. Club 23.
- Burger, J. 1996. Family Chionidae (Sheathbill). Pp. 546–555 *in* del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). Handbook of the birds of the world. Volume 3: Hoatzin to auks. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Burger, J., & M. Gochfeld. 1996. Family Laridae (gulls). Pp. 572–623 *in* del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). Handbook of the birds of the world. Volume 3: Hoatzin to auks. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Carboneras, C. 1992a. Family Anatidae (Ducks, geese and swans). Pp. 536–628 *in* del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). Handbook of the birds of the world. Volume 1: Ostrich to ducks. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Carboneras, C. 1992b. Family Diomedidae (Albatrosses). Pp. 198–215 *in* del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). Handbook of the birds of the world. Volume 1: Ostrich to ducks. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Carboneras, C. 1992c. Family Procellariidae (Petrels and shearwaters). Pp. 216–257 *in* del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). Handbook of the birds of the world. Volume 1: Ostrich to ducks. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Childerhouse, S., C. Robertson, W. Hockly, & N. Gibbs. 2003. Royal albatross (*Diomedea epomophora*) on Enderby Island, Auckland Islands. Doc. Science Internal Ser. 144: 1–19.
- Coria, N., & D. Montalti. 2000. A newly discovered breeding colony of emperor penguins *Aptenodytes forsteri*. Mar. Ornithol. 28: 119–120.
- Cornelius, S. E. 1982. Wetland salinity and salt gland size in the Redhead *Aythya americana*. Auk 99: 774–778.
- Crampton, J. S. 1995. Elliptic Fourier shape analysis of fossil bivalves: some practical considerations. Lethaia 28: 179–185.
- Damuth, J. 1992. Terrestrial Ecosystems through time. Pp. 183–203 *in* Behrensmeier, A. K. (ed.). Taxon-free characterization of animal communities. Univ. of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- del Hoyo, J. 1992. Family Phoenicopteridae (Flamingos). Pp. 508–526 *in* del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). Handbook of the birds of the world. Volume 1: Ostrich to ducks. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Francis, P., & B. Wills. 1999. Introduction to Principal Component Analysis. Pp. 363 *in* Ferland, G., & J. Baldwin (eds.). Quasars and cosmology. ASP Conference Series, Volume 162. Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, California.
- Hammer, O., D. Harper, & P. Ryan. 2001. Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontología electrónica 4: 9.
- Ibañez, L. 2009. Anatomía de los surcos nasales y significado funcional de la glándula de la sal en aves marinas. Tesis de licenciatura, Univ. CAECE, Buenos Aires, Argentina.
- Iwata, H., & Y. Ukai. 2002. SHAPE: A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. J. Hered. 93: 384–385. Consultado en Mayo de 2009 de <http://cse.naro.affrc.go.jp/iwatah/shape/>.
- Jolliffe, I. 2002. Principal component analysis. Springer Series in Statistics. Springer, Nueva York, Nueva York.
- Kuhl, F., & C. Giardina. 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. Comp. Graph. Im. Process. 18: 236–258.
- Lara, J., & D. Acuña Gonzalez. 2008. Aves en peligro de extinción en Chile. Cienc. Ahora 21: 1–7.
- Malzof, S., & R. Quintana. 2008. Diet of the south polar skua *Catbaracta maccormicki* and the brown skua *C. antarctica lonnbergi* at Cierva Point, Antarctic Peninsula. Polar Biol. 31: 827–835.
- Martínez, I. 1992. Family Spheniscidae (Penguins). Pp. 140–160 *in* del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). Handbook of the birds of the world. Volume 1: Ostrich to ducks. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Monteiro, L. R. 1999. Principios de morfometría geométrica. Holos Editora, Ribeirão Preto, Brasil.
- Narosky, T., & D. Yzurieta. 2003. Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay. Edición de oro. Vázquez Mazzini, Buenos

- Aires, Argentina.
- NatureServe 2007. InfoNatura: aves, mamíferos y anfibios de América latina, 2007. Version 5.0. Arlington, Virginia. Disponible en <http://www.natureserve.org/infonatura> en Junio de 2008.
- Peaker, M. 1971. Avian salt glands. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B.* 262: 289–300.
- Phillips, R., P. Catry, J. Silk, S. Bearhop, R. McGill, V. Afanasyev, & I. Strange. 2007. Movements, winter distribution and activity patterns of Falkland and brown skuas: insights from loggers and isotopes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 345: 281–291.
- Pierce, R. 1996. Family Recurvirostridae (Stilts and avocets). Pp. 332–347 in del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). *Handbook of the birds of the world. Volume 3: Hoatzin to auks.* Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Piersma, T., & P. Wiersma. 1996. Family Charadriidae (Plovers). Pp. 384–442 in del Hoyo, J., A. Elliott, & J. Sargatal (eds.). *Handbook of the birds of the world. Volume 3: Hoatzin to auks.* Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Santos, M., M. Juarez, I. Gould, J. Negrete, D. Montalti, & N. Coria. 2007. Predación del Skua Pardo (*Catharacta antarctica lonnbergi*) sobre un grupo reproductivo de Pingüinos Adelia (*Pygoscelis adeliae*). VI Simposio Argentino y III Latinoamericano sobre investigaciones antárticas CD-ROM. Comunicación N° CVCO314, 2 pp.
- Schiavini, A., P. Yorio, P. Gandini, A. Raya Rey, & P. Boersma. 2005. Los pingüinos de las costas argentinas: estado poblacional y conservación. *Hornero* 20: 5–23.
- Schmidt-Nielsen, K. 1960. The salt-secreting gland of marine birds. *Circulation* 21: 955–967.
- Sicard, N., A. Alkhodre, M. Belarbi, G. Langs, S. Tosovic, & A. Aguado. 2001. Shape description via Fourier analysis. ERASMUS. Intensive Program. Consultado en Mayo 2009 de <http://vision.unipv.it/IP2001/report/Four-an.doc>.
- Silva Rodríguez, M., M. Favero, M. Berón, R. Mariano-Jelicich, & L. Mauco. 2005. Ecología y conservación de aves marinas que utilizan el litoral bonaerense como área de invernada. *Hornero* 20: 111–130.
- Wienecke, B., & G. Robertson. 1997. Foraging space of emperor penguins *Aptenodytes forsteri* in Antarctic shelf waters in winter. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 159: 249–263.
- Williams, T., D. Briggs, J. Croxall, Y. Naito, & A. Kato. 1992. Diving pattern and performance in relation to foraging ecology in the gentoo penguin, *Pygoscelis papua*. *J. Zool.* 227: 211–230.
- Woodin M. C., T. C. Michot, & M. C. Lee. 2008. Salt gland development in migratory redheads (*Aythya americana*) in saline environments on the winter range, Gulf of Mexico, USA. *Acta Zool. Hung.* 54: 251–264.
- Zhang, D., & G. Lu. 2001. A comparative study on shape retrieval using Fourier descriptors with different shape signatures. Proc. of the International Conference on Multimedia and Distance Education, Fargo, ND, USA, June 2001, pp. 1–9.