

NUEVOS RESTOS DE PROCELLARIIFORMES (AVES) DE LA FORMACIÓN PISCO, PERÚ

NEW REMAINS OF PROCELLARIIFORMES (AVES) FROM THE PISCO FORMATION, PERU

Marcelo STUCCHI ¹ & Mario URBINA ²

RESUMEN

Se estudia el material fósil de Procellariiformes proveniente de distintas localidades de la Formación Pisco (Mioceno tardío - Plioceno temprano). Como metodología se estudió comparativamente las especies actuales, a fin de determinar las diferencias entre éstas y utilizar los mismos criterios para la clasificación del material fósil. Debido a la gran similitud morfológica entre las especies actuales y al escaso material fósil en estudio, se obtuvo como resultado que el material paleontológico sólo pudo ser identificado a nivel de familia para el caso de Diomedidae, y Tribu Puffinini para el caso de Procellariidae. La fauna de Procellariiformes de la Formación Pisco apoyaría la propuesta de la existencia de una corriente marina fría desde finales del Mioceno en el Pacífico sur.

Palabras Clave: *Aves, Procellariiformes, Formación Pisco, Mioceno, Plioceno, Perú.*

ABSTRACT

Procellariiformes fossil material from different locations of the Pisco formation (late Miocene - early Pliocene) is studied. The methodology was to study comparatively the extant species, in order to determine the differences between these and to use the same criteria to classify the fossil material. Due to the great morphologic similitude between the extant species and due to the scarce fossil material in study, the results were that the paleontologic material could only be identified to family level in the case of Diomedidae, and Tribe Puffinini in the case of Procellariidae. The Procellariiformes fauna of the Pisco formation supports the proposal of the existence of a cold marine current since the ending of the Miocene in the south Pacific.

Keywords: *Aves, Procellariiformes, Pisco Formation, Miocene, Pliocene, Peru.*

INTRODUCCIÓN

Procellariiformes es un orden de aves marinas de hábitos oceánicos que se distribuyen en la actualidad en los mares de todo el mundo. Este orden está integrado por cuatro familias (Diomedidae, Procellariidae, Hydrobatidae y Pelecanoididae). En el presente estudio se reportan las familias Diomedidae y Procellariidae en el Mioceno-Plioceno marino de la Formación Pisco, ubicada en la costa centro-sur del Perú.

Diomedidae está integrada por las especies comúnmente conocidas como «Albatros». Son aves pelágicas, rara vez vistas en tierra, salvo en las islas oceánicas donde anidan. En el Perú, se conocen 8 especies, asociadas por lo general a las corrientes marinas frías (Clements & Shany, 2001). La familia Diomedidae se remonta al Oligoceno tardío de Carolina del Sur (EEUU) con el género extinto *Plotornis* (Olson, 1985a). Además, presenta 7 especies fósiles y 18 registros, incluyendo los géneros actuales *Diomedea* y *Phoebastria* (Warheit, 2002; Walsh & Hume, 2001). La clasificación y las relaciones filogenéticas de la familia han sido estudiadas por Penhallurick & Wink (2004), confirmando los 4 generos actuales aceptados por la mayoría de investigadores.

¹ Asociación Ucumari. Jr. Los Agrólogos 220, Lima 12, Perú. Correo electrónico: asociacion_ucumari@yahoo.com

² Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Departamento de Paleontología de Vertebrados. Av. Arenales 1256, Lima 14, Perú. Correo electrónico: mariourbina01@hotmail.com

Por su parte, las aves conocidas como «Pardelas» integran la familia Procellariidae. También son aves pelágicas que anidan en islas, a lo largo de todo el mundo, predominando en ambientes fríos. En el Perú, se han reportado 26 especies para la familia, dentro de 8 géneros (Clements & Shany, 2001). Esta familia se remonta al Eoceno de Inglaterra con el género extinto *Neptuniavis* (Warheit, 2002). Además presenta más de 30 especies fósiles con casi 70 registros (Warheit, 2002). La clasificación y las relaciones filogenéticas de la familia Procellariidae han sido estudiadas en varias oportunidades desde mediados del siglo pasado. El último estudio de Penhallurick & Wink (2004) revela que *Puffinus* es un género parafilético, proponiendo que las especies más relacionadas con *Calonectris* (*Puffinus carneipes*, *P. creatopus*, *P. gravis*, *P. griseus*, *P. tenuirostris*, *P. pacificus* y *P. bulleri*) se incluyan en el género *Ardenna*, y dejando al resto de especies del género *Puffinus* de forma invariable (Penhallurick & Wink, 2004:139-142). Así, se propone la Tribu Puffinini, compuesta por los géneros *Lugensa*, *Calonectris*, *Ardenna* y *Puffinus*. Estos tres últimos son los conocidos en inglés como «shearwaters» y su agrupación se apoya en estudios de ADN (Penhallurick & Wink, 2004: 130). Esta propuesta confirmaría lo planteado por Austin (1996:83) que agrupa estas especies en un clado independiente, sin proponer el cambio genérico.

En la Formación Pisco, los Procellariiformes han sido descritos sólo para las localidades superiores (Plioceno) a nivel del género *Fulmarus* (Cheneval, 1993). Del Mioceno medio al Plioceno tardío, es decir contemporáneo a esta formación peruana, se ha reportado Procellariiformes en el Pacífico de América del Norte, Australia y Chile (Walsh & Hume, 2001), y en el Atlántico norte (EEUU, Olson & Rasmussen, 2001) y sur (Argentina y Sudáfrica, Olson, 1983; 1984 y 1985b).

GEOLOGÍA

La Formación Pisco (Figura 1) es una unidad estratigráfica que se extiende desde el Mioceno medio hasta el Plioceno tardío, correspondiente a sedimentos marino-costeros. Estos yacimientos afloran en la costa centro-sur del Perú desde la ciudad de Pisco (Ica) hasta el pueblo de Yauca (Arequipa), a lo largo de unos 350 km. En esta formación y en base a sus antigüedades, se han establecido 6 niveles de vertebrados: Cerro La Bruja: 14 - 12 Ma; El Jahuay: 9.5 - 9 Ma; Aguada de Lomas: 8.8 - 7 Ma; Montemar: 6 Ma; Sacaco Sur: 5 Ma y Sacaco: 3.9 - 3 Ma (Muizon & DeVries, 1985; Marocco & Muizon, 1988). En el presente trabajo, estos niveles son considerados como localidades debido a que no han sido caracterizados con bioindicadores (DeVries *com. pers.* 2004).



Figura 1.- Mapa de la formación Pisco Tomado de Muizon & DeVries (1985)

Recientemente se ha descubierto la localidad de Yauca (Stucchi, 2003; Muizon *et al.*, 2004) ubicada unos 3 Km. al nor-oeste del pueblo de Yauca, 30 Km. al sur de la zona de Sacaco. Muizon *et al.* (2004) consideran que esta localidad pertenecería al Plioceno tardío o Uquiense temprano (1.5 – 3 Ma). Probablemente algo menor que Sacaco.

Paleoambiente

Según Marocco & Muizon (1988), el paleoambiente de esta formación corresponde a ambientes litorales semi-protegidos y muy cercanos a la costa, pudiendo dividirse en tres zonas: a) playa poco agitada, que habría sido una zona aislada del mar abierto (Sacaco, Sacaco Sur, Montemar y Cerro La Bruja); b) zona de arrecifes, que habría estado expuesta a la corriente marina, pero donde la agitación del agua decrecía rápidamente conforme se alejaba de la orilla (Sacaco Sur y Montemar) y c) playa agitada, directamente expuesta a la corriente marina (Aguada de Lomas y El Jahuay). En algunas zonas de Montemar también se encuentran islotes, roqueríos y lagunas entre las rocas y la orilla (DeVries *com pers.* 2003).

Fauna

Hasta el momento ha sido descrita una gran diversidad de fauna marina, compuesta de diversos invertebrados, tales como moluscos, crustáceos y braquiópodos (Muizon & DeVries, 1985). Entre los vertebrados, se conocen peces (teleósteos y selacios), mamíferos (cetáceos: misticetos y odontocetos; pinnípedos: focas y lobos marinos; y perezosos), reptiles (cocodrilos y tortugas) y aves (Muizon & DeVries, 1985; Marocco & Muizon, 1988).

Las aves fueron reportadas de manera preliminar en varias oportunidades, por Hoffstetter (1970), Muizon & DeVries (1985), Marocco & Muizon (1988). En 1993, Cheneval hace el primer estudio sobre las mismas, reportando las familias: Spheniscidae, Procellariidae, Sulidae, Phalacrocoracidae, Pelagornithidae y Scolopacidae. Recién en los últimos años, se inicia un estudio sistemático detallado de la avifauna de esta formación. Así, se reportan hasta el momento los siguientes grupos: Spheniscidae (*Spheniscus urbinai* y *S. megaramphus*); Procellariidae (*Fulmarus* sp.); Diomedidae indet.; Sulidae (*Sula magna*, *S. sulita*, *S. aff. variegata*, *Morus peruvianus* y *Ramphastosula ramirezi*); Phalacrocoracidae (*Phalacrocorax aff. bougainvillii* y *Phalacrocorax* sp.); Pelagornithidae (*Pelagornis cf. miocaenus*); Pelecanidae (gen. et sp. indet.), Scolopacidae

(Tringinae indet.); Laridae (*Larus* sp.), Vulturidae (*Peruyps diazi*) y Ciconidae indet. (Chávez & Stucchi, 2002; Cheneval, 1993; Stucchi, 2002, 2003; Stucchi *et al.*, 2003; Stucchi & Urbina, 2004; Stucchi & Emslie, 2005; Stucchi & Urbina, 2005, Urbina & Stucchi, 2005a; y Urbina & Stucchi 2005b. Sin embargo, lo publicado hasta el momento es sólo una parte y aún hay mucho material que continúa sin ser estudiado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objeto de encontrar los caracteres óseos diagnósticos, se estudiaron 37 especies del orden Procellariiformes, familias Diomedidae y Procellariidae, tanto en su morfología como su morfometría. Se siguió la terminología de Kuroda (1954) & Howard (1980) y Baumel & Witmer (1993).

Material de comparación

Para el estudio comparativo de los fósiles se revisó el siguiente material actual: Diomedidae: *Phoebastria irrorata* (QCAZ 1222, 1559, 1560, 1561, FMNH 105001, 105052, 339600), *P. nigripes* (UF 22444, FMNH 313758, 313762, 313763, 313768, 313775), *P. immutabilis* (FMNH 313780, 313786, 313794, 313796, 313800), *Phoebetria fusca* (UF 22450), *Diomedea epomophora* (UF 38938), *D. exulans* (FMNH 339599) y *Thalassarche cauta* (UF 38937). Procellariidae: *Bulweria bulwerii* (USNM 498246), *Calonectris diomedea* (UF 41933), *C. diomedea diomedea* (USNM 620711, 620713), *C. diomedea borealis* (USNM 17774, 347825), *C. leucomelas* (USNM 558348, 558350, 611655), *Daption capense* (MUSM 25238, FMNH 339553, USNM 559739), *Fulmarus gracilis* (FMNH 339548, UF 22464), *Halobaena caerulea* (FMNH 339560, UF 22497), *Lugensa brevirostris* (UF 22489), *Macronectes halli* (FMNH 339546), *Pachyptila vittata* (FMNH 339561), *P. salvini* (USNM 559778), *Pagodroma nivea* (UF 39325), *Procellaria cinerea* (FMNH 339565), *P. aequinoctialis* (MUSM 25237, USNM 488359), *Pterodroma phaeopygia* (MECN 003, FMNH 313946), *Ardenna grisea* (FMNH 339577, 339578, 339579, 339580, 339582, 339583), *A. pacifica* (FMNH 339566, 313948, 393173, USNM 498258), *A. bulleri* (FMNH 339568, 339569, USNM 613921), *A. carneipes* (USNM 620813), *A. creatopus* (FMNH 339570, 339571, USNM 558424), *A. gravis* (FMNH 364583, 339574, 339575, 339576, 364696, USNM 490274), *A. tenuirostris* (FMNH 317845, 339584, 364713), *Puffinus huttoni* (FMNH 390846), *P. nativitatis* (FMNH 339586, USNM 289177), *P. lherminieri* (FMNH 339588, 339592,

USNM 498416), *P. puffinus* (USNM 488789), *P. assimilis* (USNM 18286), *P. gavia* (USNM 614345), *Thalassoica antarctica* (UF 39329).

ABREVIATURAS INSTITUCIONALES

MUSM: Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima). **QCAZ:** Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Quito). **MECN:** Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (Quito). **UF:** University of Florida Museum (Gainesville). **FMNH:** Field Museum of Natural History (Chicago). **USNM:** Smithsonian Institution (Washington).

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Orden: Procellariiformes Fürbringer, 1888

Familia: Diomedidae Gray, 1840

Diomedidae gen. et sp. indet.

MATERIAL

MUSM 258. Carpometacarpo izquierdo. (Figura 2 A). Medidas: Longitud: 136.3 mm; Ancho proximal: 20.2 mm; Ancho distal: 11.7 mm. Colector: M. Stucchi, 2000.

MUSM 207. Tarsometatarso izquierdo. (Figura 2 B). Medidas: Longitud total: 76.5 mm; Ancho proximal: 14.8 mm; Ancho distal: 14.6 mm. Colector: M. Urbina, 2000.

Ambos materiales proceden de Montemar.

DESCRIPCIÓN

Se estudió los cuatro géneros actuales de la familia y no se encontró diferencias significativas en la morfología de los huesos carpometacarpo y tarsometatarso, a excepción de las dimensiones, siendo *Diomedea* el que presentó el mayor tamaño y *Phoebetria* el menor (Tabla 1).

El tarsometatarso MUSM 207 tiene dimensiones similares al del Albatros Oscuro *Phoebetria fusca*, mientras que el carpometacarpo MUSM 258 posee una longitud más cercana al del Albatros Real *Diomedea epomophora* (Tabla 1). Esta similitud dimensional no debe indicar necesariamente relación con estos géneros, debido a que en la formación Pisco se ha encontrado especímenes de distintas familias y géneros que varían considerablemente de tamaño con respecto a sus congéneres actuales (Stucchi, 2002 y 2003). En base al material actual revisado, se comprobó que la relación carpometacarpo / tarsometatarso se mantiene constante a nivel intraespecífico (Tabla 1), incluso considerándola entre los especímenes más grandes (en el carpometacarpo) y más pequeños (en el tarsometatarso) de una misma especie. Por ello, debido a la gran diferencia dimensional que presenta MUSM 207 y 258 ($CMC/TMT = 1.8$), se espera que pertenecieran a taxones distintos. En base a este argumento, se esperaría la presencia de más de una especie de Diomedidae en los mares de América del Sur en las épocas de la Formación Pisco.



Figura 2.- A: Carpometacarpo (MUSM 258) y B: Tarsometatarso (MUSM 207), de Diomedidae. Ambos de Montemar. La escala indica 20 mm

Tabla 1
Relación entre las longitudes del carpometacarpo y tarsometatarso
de los distintos géneros de Diomedidae

Especies	Long. CMC	Long. TMT	Relación CMC / TMT
<i>Diomedea epomophora</i>	144	126	1.1
<i>Diomedea exulans</i>	150.5	126.2	1.2
<i>Thalasarche cauta</i>	121	10	1.2
<i>Phoebastria nigripes</i>	108.3	96.1	1.1
<i>Phoebastria irrorata</i>	113.5	102.1	1.1
<i>Phoebastria albatrus</i>	--	98.4	--
<i>Phoebastria immutabilis</i>	99.4	86.5	1.2
<i>Phoebetria fusca</i>	95	79	1.2
MUSM 207	--	76.5	
MUSM 258	136	--	

n=1 para *D. epomophora*, *D. exulans*, *T. cauta* y *P. fusca*. *P. irrorata* (n=7), *P. nigripes* (n=6), *P. immutabilis* (n=5). *P. albatrus* tomado de Olson y Rasmussen (2001). La Relación CMC/TMT, CMC: carpometacarpo; TMT: Tarsometatarso, en el caso de los fósiles de la Formación Pisco es igual a 1.8.

Familia: **Procellariidae** (Boie, 1826).

Subfamilia: **Puffininae** sensu Penhallurick & Wink (2004).

Tribu: **Puffinini** sensu Penhallurick & Wink (2004).

MATERIAL

MUSM 353. Región distal de Húmero izquierdo (Figura 3 A). Procedencia: El Jahuay. Medidas: Ancho distal: 9.9 mm.

MUSM 352. Cráneo sin región occipital y hemimandíbula derecha (Figura 5). Procedencia: Aguada de Lomas. Medidas: longitud total: 85 mm; longitud rostrum: 46 mm; Ancho sutura fronto-nasal: 11 mm; Tamaño de la órbita: 15.6 mm; Ancho porcosos post-orbitarios: 28 mm.

MUSM 256. Tarsometatarso derecho (Figura 4 C). Procedencia: Aguada de Lomas. Medidas:

longitud: 42.5 mm; Ancho proximal: 6.9 mm; Ancho distal: 6.6 mm.

MUSM 358. Tarsometatarso izquierdo (Figura 4 B). Procedencia: Montemar. Medidas: longitud: 44 mm; Ancho proximal: 7.4 mm; Ancho distal: 7 mm.

MUSM 414. Carpometacarpo derecho (Figura 4 A). Procedencia: Montemar. Medidas: longitud: 45 mm.

MUSM 416. Región proximal y distal de húmero derecho (Figura 3 C). Procedencia: Montemar. Medidas: Ancho proximal: 15.1 mm; Ancho distal: 10.6 mm.

MUSM 354. Región distal de Húmero derecho (Figura 3 B). Procedencia: Sacaco. Medidas: Ancho distal: 11.2 mm.

El material fue colectado por M. Urbina & M. Stucchi entre 1999 y 2000.

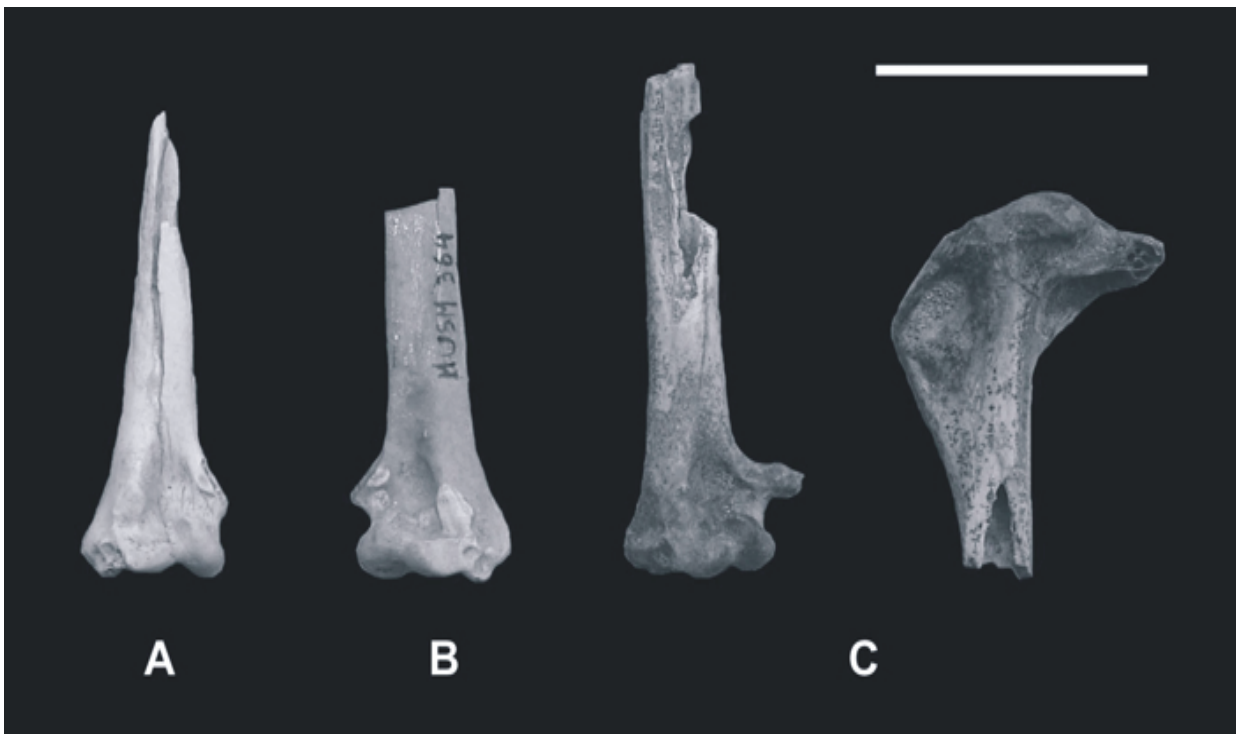


Figura 3.- Húmeros de Puffinini indet. A: Región distal, de El Jahuay (MUSM 353); B: Región distal, de Sacaco (MUSM 354); C: Regiones proximal y distal de Montemar (MUSM 416). La escala indica 20 mm.



Figura 4.- Puffinini indet. A: Carpometacarpo (MUSM 414) y B: Tarsometatarso (MUSM 358), de Montemar; C: Tarsometatarso (MUSM 256), de Aguada de Lomas. La escala indica 20 mm

DESCRIPCIÓN

El cráneo

Las pardelas de los géneros *Puffinus*, *Calonectris* y *Ardenna* son muy similares osteológicamente a *Procellaria*, anteriormente considerado muy cercano filogenéticamente a éstas (Kuroda, 1954). En referencia a la morfología craneal, *Ardenna* y *Puffinus* se diferencian de *Procellaria* y *Calonectris* porque carecen del lámina lateral anterior (anterior lateral plate), dentro de las fosas nasales, presente en los últimos (Kuroda, 1954: 147 y 149, aunque este autor lo menciona sólo para *Calonectris*). *Procellaria* presenta las fosas nasales y la fosa preorbitaria anteriores, en relación a los otros tres géneros. *Calonectris* presenta las fosas nasales, en relación a la longitud del rostrum, ligeramente más pequeñas que *Ardenna*, *Puffinus* y *Procellaria*, aunque existe cierto grado de superposición en esta medida. En cuanto al tamaño del cráneo, en todos los casos se presenta gran variabilidad, pudiendo

encontrarse especímenes del mismo tamaño en *Ardenna*, *Calonectris* y *Procellaria*. *Puffinus* siempre se presenta más pequeño y grácil (Tabla 2).

Kuroda (1954: 32) define a las pardelas de los géneros *Puffinus* y *Calonectris* de la siguiente forma: «generally delicate and long, being protuded posteriorly, with marked temporal fossa and prominent squamoso-parietal wing, while the lacrymal is free, the orbito-olfactoryseptum is a mere wing that supports the lacrymal, with a large opening to olfactory chamber and the orbital septum is largely holed. The post-orbital process is high in position and the quadrate bone is situated behind it». El mismo Kuroda (1954:94) explica que el cráneo de *Calonectris* se caracteriza por ser: «generally rough, frontal rather flat, cerebellar prominence weakly developed, lacrymal bulky, post-orbital process prominent, occipital condyle laterally non-visible, vomer narrow and nasal apertures closed anteriorly. Brain capacity (cerebral swelling) small».

TABLA 2
Medidas de algunos elementos óseos de Procellariidae

Género/Especie	Long. Rostrum	Long. Cráneo	Fosa Nasal	Ancho PPO	Fr-Na / Fr-Na	Fr-Na /	Long. TMT	Long. CMC	Ancho	Ancho
						Long. Rostrum			Hum. distal	Hum. Proximal
<i>Procellaria</i>										
<i>P. cinerea</i>	58.2	108.2	15.1	40.2	12.8	0.26	62.5	63.7	16.9	22.7
<i>Calonectris</i>										
<i>C. d. borealis</i>	63.1	109.4	15.6	38.4	13.9	0.25	58.8	64.8	13.7	19.6
<i>C. d. diomedea</i>	58.2	99.4	13.1	35.0	12.0	0.23	52.6	60.5	12.8	17.6
<i>C. leucomelas</i>	56.4	97.4	12.2	32.9	11.5	0.22	51.7	58.1	11.6	16.9
<i>Ardenna</i>										
<i>A. gravis</i>	55.9	99.7	14.6	32.6	11.0	0.26	58.7	60.8	13.4	18.3
<i>A. creatopus</i>	54.6	99.5	15.1	34.7	12.4	0.28	54.8	59.8	13.2	18.0
<i>A. grisea</i>	50.8	93.7	14.4	31.2	10.7	0.28	56.1	55.3	13.2	18.3
<i>A. bulleri</i>	49.1	90.6	13.0	31.7	11.8	0.26	51.8	50.2	10.8	14.9
<i>A. pacifica</i>	44.1	83.4	12.1	29.5	9.6	0.27	47.8	50.3	10.8	15.1
<i>A. tenuirostris</i>	40.8	81.1	12.9	28.1	9.4	0.32	50.9	49.8	12.2	17.1
<i>Puffinus</i>										
<i>P. huttoni</i>	47.0	83.1	12.7	26.2	8.5	0.27	43.7	40.1	9.6	13.1
<i>P. gavia</i>	43.5	76.3	12.8	23.4	9.3	0.29	42.1	38.3	10.1	13.3
<i>P. nativitatis</i>	41.5	77.1	11.5	26.2	8.7	0.28	45.0	44.1	10.4	13.7
<i>P. lherminieri</i>	38.9	71.5	10.5	24.3	8.6	0.27	41.5	38.3	9.6	12.5
Puffinini indet.										
MUSM 352	46.0	85.0	12.4	28.0	11.0	0.27	x	x	x	x
MUSM 353	x	x	x	x	x	x	x	x	9.9	x
MUSM 256	x	x	x	x	x	x	42.5	x	x	x
MUSM 414	x	x	x	x	x	x	x	45.0	x	x
MUSM 358	x	x	x	x	x	x	44.0	x	x	x
MUSM 354	x	x	x	x	x	x	x	x	11.2	x
MUSM 416	x	x	x	x	x	x	x	x	10.6	15.1

Procellaria cinerea (n=1), *Calonectris diomedea diomedea* (n=2), *C. d. borealis* (n=2), *C. leucomelas* (n=2), *Ardenna grisea* (n=6), *A. pacifica* (n=3), *A. bulleri* (n=2), *A. creatopus* (n=2), *A. gravis* (n=5), *A. tenuirostris* (n=3), *Puffinus huttoni* (n=1), *P. nativitatis* (n=1), *P. lherminieri* (n=2), PPO: Procesos post orbitarios, Fr-Na: Sutura naso frontal.



Figura 5.- *Puffinini* indet. Cráneo (MUSM 352), de Aguada de Lomas. La escala indica 10 mm.

Y en base a las especies utilizadas, se deduce que su definición de *Ardenna* sería la siguiente: «Generally delicate, frontal convex, cerebellar prominence well developed, squamoso-parietal wing very prominent, lacrymal delicated holed, occipital condyle laterally well visible, vomer broad and nasal apertures wide open. Brain capacity large».

De este mismo autor y en base a la clasificación actual, se deduce que *Puffinus* se presenta más pequeño, con el ala escamoso parietal menos desarrollada y el cóndilo occipital menos prominente.

Sin embargo, en base al estudio realizado en los especímenes actuales se puede manifestar lo siguiente: Tanto en *Calonectris* como en *Ardenna* el cráneo se presenta de delicado a robusto. En general, *Calonectris* y algunos especímenes de *Ardenna grisea*, *A. gravis* y *A. creatopus* presentan un cráneo bastante grande y robusto comparable a *Procellaria*. Otros individuos de *Ardenna grisea*, *A. gravis*, *A. tenuirostris*, *A. pacifica* y *A. bulleri* presentan cráneos medianos y todas las especies de *Puffinus* lo presentan pequeños (Tabla 2). Contrario a lo que dice Kuroda (1954:94), la región frontal se encontró convexa en *Calonectris* (USNM 620711, 620713, 558348 y 17774); la prominencia cerebelar se encontró tan desarrollada en *Calonectris* (USNM 620711, 620713) como en *Ardenna* y *Puffinus*; la capacidad cerebral se observó similar en todos los

casos, dependiendo del tamaño del cráneo; los procesos postorbitales y las alas escamoso parietales varían mucho de tamaño, incluso intraespecíficamente en los tres géneros; y la perforación del lacrymal se aprecia igual en *Calonectris leucomelas* (USNM 558350) y *Ardenna grisea* (FMNH 339578).

En conclusión, para el material estudiado, se encontraron las siguientes características:

Calonectris: Tamaño mediano y grande. Aperturas nasales cerradas anteriormente por la lámina lateral anterior (Kuroda, 1954). Aperturas nasales, en relación al rostrum, pequeñas (entre 0.22 y 0.25, ver Tabla 2). Crestas y ala escamoso parietales desarrolladas. Impresiones musculares en el techo craneano muy marcadas.

Ardenna: Tamaño mediano. En algunos casos grande. Aperturas nasales, en relación al rostrum, grandes (entre 0.26 y 0.32, ver Tabla 2). Sin lámina lateral anterior. Crestas y ala escamoso lateral desarrolladas. Impresiones musculares en el techo craneano muy marcadas.

Puffinus: Tamaño pequeño. Aperturas nasales, en relación al rostrum, grandes (entre 0.27 y 0.29, ver Tabla 2). Sin lámina lateral anterior. Crestas y ala escamoso parietal poco desarrolladas. Rostrum grácil. Impresiones musculares en el techo craneano poco marcadas.

MUSM 352 cumple con las características que los diferencian de los demás géneros de la familia y de *Lugensa*. Presenta la región frontal convexa y los procesos postorbitales y ala escamoso parietales pequeñas. No presenta lámina lateral anterior, como *Ardenna* y *Puffinus*. Entre estos dos últimos géneros, *Puffinus* presenta una morfología mucho más grácil, especialmente en el rostrum y la mandíbula. Sin embargo, MUSM 352 presenta dimensiones cercanas a las especies mayores de *Puffinus* y menores de *Ardenna*, lo que imposibilita su designación genérica (Tabla 2). Sus dimensiones son similares a los representantes actuales medianos, como *P. huttoni*, *A. bulleri*, *A. pacifica* y *A. tenuirostris*.

El Post-cráneo

A nivel del post-cráneo la morfología ósea es muy similar entre las pardelas de los géneros *Puffinus*, *Calonectris* y *Ardenna*. Tanto el carpometacarpo como el tarsometatarso presenta similitud en *Ardenna*, *Puffinus* y *Calonectris*. Kuroda (1954:102) menciona que *Calonectris* se diferencia de los otros dos géneros por poseer un tarsometatarso redondeado y no comprimido. Sin embargo, se verificó que esto también puede variar dependiendo del espécimen (ver FMNH 339568, 339569 y USNM 620711).

En el húmero, *Puffinus* y algunas especies de *Ardenna* (*A. grisea*, *A. tenuirostris*) se diferencian de *Calonectris* por presentar la diáfisis comprimida y con expansión del área supracondylar ventral. MUSM 354 es una región distal de húmero derecho que presenta morfología similar a la que presenta *Puffinus* y *Ardenna grisea* y *A. tenuirostris*. Por su parte, MUSM 353 y MUSM 416 presenta esta misma región menos expandida, similar a *Calonectris* y algunas otras especies de *Ardenna* (*A. creatopus*, *A. pacifica*, *A. bulleri*).

Los huesos carpometacarpo MUSM 414 y tarsometatarso MUSM 256 y 358 presentan una morfología muy similar entre los tres géneros mencionados. Sin embargo, sus dimensiones son ligeramente menores a lo esperado para el cráneo MUSM 352, siendo similares a *P. huttoni* y *P. nativitatis*, pero presentándose más robustos que éstos.

En base a estas comparaciones, se podría esperar más de una especie de Procellariidae en la formación Pisco, sin poder especificarlas.

DISCUSIÓN

Procellariiformes han sido reportados para la

Formación Pisco como familia Procellariidae para las localidades de Sacaco Sur (5 Ma) y Sacaco (3.9 - 3 Ma) por Muizon & DeVries (1985). Posteriormente, Cheneval (1993) reporta en la misma familia el género *Fulmarus* para estos mismos niveles. En América del Sur, además se conocen registros de este orden (familia Diomedeidae) en el Mioceno tardío de Argentina (9.4 Ma)(Olson, 1984) y en la formación Bahía Inglesa (de la misma antigüedad de la formación Pisco) en Chile, con el género *Diomedea* (Walsh y Hume, 2001). En el Plioceno de Sudáfrica, donde se encuentran paralelos notables con la fauna marino-costera peruana actual, se registra la presencia de al menos dos familias en común con la formación Pisco, Diomedeidae y Procellariidae (Olson, 1985b). Esta coincidencia junto con la que se aprecia a nivel de otros grupos de aves marinas, como Sulidae, Spheniscidae, Phalacrocoracidae y Laridae, indicaría condiciones similares en ambos ecosistemas desde esta época.

Para el Mioceno de la formación Pisco ha sido reportado un ecosistema particular, caracterizado por aguas con una temperatura cálida, mayor a la actual, pero dentro de un paisaje compuesto de costas con lagunas poco profundas y bahías protegidas del mar abierto por una franja de islas (Muizon & DeVries, 1985). Este mar abierto, según sugieren Alpers & Brimhall (1988), tuvo un decrecimiento de temperatura desde el Mioceno medio por un reemplazo con la corriente de Humboldt ancestral y el incremento de intensidad de los afloramientos debido al establecimiento de la capa de hielo antártico ocurrida hace 13-15 Ma. Esta situación provocó a la larga el cambio de los ecosistemas a partir de los inicios del Plioceno, donde las aguas se volvieron más frías. En la formación Pisco, por tratarse de ecosistemas protegidos, se dio de manera gradual y no bruscamente como se apreciaría en Chile (Muizon & DeVries, 1985) y en Sudáfrica (Olson, 1983), probablemente también por su mayor latitud.

Olson (1985:143) propone a los Procellariiformes como indicadores de aguas frías, por lo que se sugiere la existencia de aguas oceánicas de bajas temperaturas, pero no sub-antárticas, para el Atlántico de Sudáfrica en el Plioceno temprano. Basados en este argumento, podemos inferir que la presencia de estas aves a nivel paleontológico en casi todos los niveles de la formación Pisco, apoyaría la idea que existían corrientes marinas frías, oceánicas durante el Mioceno, paralelas a las aguas cálidas de la costa de la formación Pisco.

Las costumbres de estas aves, sugieren además

que habrían sido solo visitantes ocasionales de la costa, como sucede en el presente, lo que explicaría su escasa concentración en estos yacimientos fósiles.

Finalmente, es importante señalar que los restos exhumados son en su morfología esencialmente similares entre sí y con respecto a los grupos actuales. Los Procellariidae provienen de varias localidades de la formación Pisco, desde El Jahuay (8.8 - 7 Ma) hasta Sacaco (3.9 - 3 Ma), lo que da una idea de su amplia distribución temporal y estabilidad morfológica, coincidente con lo encontrado en Sudáfrica y en el Hemisferio Norte (Olson, 1985:141).

AGRADECIMIENTOS

Jean Mattos y Rodolfo Salas (Museo de Historia Natural de San Marcos, Lima); Paul Velazco, David

Willard, John Bates y José Tello (Field Museum Natural of History, Chicago), Luis Coloma (Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica, Quito); Mauricio Vargas (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Quito); Richard Hulbert, Andy Kratter, Bruce MacFadden y David Steadman (University of Florida, Gainesville); Storrs Olson (Smithsonian Institution, Washington), por permitirnos revisar las colecciones osteológicas de sus respectivos museos. Gonzalo Cárdenas, Michael McGowan, Paul Velazco y Judith Figueroa, por su ayuda en Chicago. Storrs Olson, Helen James y Tom DeVries, por su ayuda en Washington. Bruce MacFadden, por su ayuda en Gainesville.

Se agradece a la Dra. Lidia Romero por la revisión del artículo y sus sugerencias.

REFERENCIAS

- ALPERS C. & BRIMHALL G. (1988).- Middle Miocene climatic change in the Atacama Desert, northern Chile: Evidence from supergene mineralization at La Escondida. *Geological Society of American Bulletin*, 100, 1640-1656.
- AUSTIN J. (1996).- Molecular Phylogenetics of *Puffinus* Shearwaters: Preliminary Evidence from Mitochondrial Cytochrome b Gene Sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 6 (1): 77-88.
- BAUMEL J. & WITMER L. (1993).- Osteología. En: *Nomina Anatomica Avium. An annotated anatomical dictionary of birds* (Eds. Baumel J. J., King A. S., Lucas A. M., Breazile J. E. & Evans H. E.) Academic Press, London, 45 - 132.
- CLEMENTS J. F. & SHANY N. (2001).- *A field guide to the Birds of Peru*. Ibis Publishing Company, 283 pp.
- CHÁVEZ M. & STUCCHI M. (2002).- El registro de Pelagornithidae del Pacífico sureste. *I Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados*. Santiago de Chile.
- CHENEVAL J. (1993).- L'Avifaune Mio-Pliocène de la Formation Pisco (Pérou). Étude Préliminaire. *Document Laboratoire Géologie Lyon*, 125: 85-95
- HOFFSTETTER R. (1970).- Vertebrados Cenozoicos y Mamíferos Cretácicos del Perú. *Actas del IV Congreso Latinoamericano de Zoología*, Vol. II, pp: 971 - 983.
- HOWARD H. (1980).- Illustrations of avian osteology taken from «The avifauna of Emeryville Shellmound». Los Angeles Co. Mus. Contributions in Science N° 330.
- KURODA N. (1954).- On the Classification and Phylogeny of the order Tubinares, particularly the Shearwaters (*Puffinus*), with special considerations on their osteology and habitat Differentiation (AVES). Published by the author. Tokyo, Japan.
- MAROCCO R. & MUIZON C. DE (1988).- Los vertebrados del Neógeno de la costa sur del Perú: Ambiente sedimentario y condiciones de fosilización. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos*, 17 (2), 105-117.
- MUIZON C. DE & DEVRIES T. J. (1985).- Geology and Paleontology of the late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). *Geologische Rundschau*, 74 (3), 547-563.
- MUIZON C. DE, MC DONALD G. H., SALAS R. & URBINA M. (2004).- The youngest species of the aquatic sloth *Thalassocnus* and a reassessment of the relationships of the Nothrothere sloths (Mammalia: Xenarthra). *Journal of Vertebrate Paleontology* 24 (2): 387 - 397.
- OLSON S. (1983).- Fossil Seabirds and changing marine environments in the late Tertiary of South Africa. *South African Journal of Science*, 79: 399-402.
- OLSON S. (1984).- Evidence of a large Albatross in the Miocene of Argentina (Aves: Diomedidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 97(4): 741-743.
- OLSON S. L. (1985).- The fossil record of birds. In: *Avian Biology*, Vol. 8 (Eds. Farner, D. S., King, J. R. and Parkes, K. C.) Academic Press, New York, 79-238
- OLSON S. (1985b).- Early Pliocene Procellariiformes (Aves) from Laagebanweg. South-Western Cape Province, South Africa. *Annals of the South African Museum*, 95(3):123-145.
- OLSON S. & RASMUSSEN P. (2001).- Miocene and Pliocene birds from the Lee Creek Mine, North Carolina. En: *Geology and Paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina, III*. (Eds: Ray C. E. & Bohaska D.J.) Smithsonian Contributions to Paleobiology 90: 233-365.

- PENHALLURICK J. & WINK M. (2004).- Analysis of the taxonomy and nomenclature of the Procellariiformes based on complete nucleotide sequences of the mitochondrial cytochrome b gene. *Emu*, 104: 125-147.
- STUCCHI M. (2002).- Una nueva especie de *Spheniscus* (Aves: Spheniscidae) de la Formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 94: 19-26.
- STUCCHI M. (2003).- Los piqueros (Aves: Sulidae) de la Formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 95: 75-91.
- STUCCHI M., URBINA M. & GIRALDO A. (2003).- Una nueva especie de Spheniscidae del Mioceno tardío de la Formación Pisco. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos*, 32 (2): 361 - 375.
- STUCCHI M. & URBINA M. (2004).- *Ramphastosula* (Aves: Sulidae): A new avian genus from the early Pliocene of the Pisco Formation, Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24 (4): 974-978.
- STUCCHI M. & EMSLIE S. (2005).- A new Condor (Ciconiiformes, Vulturidae) from the late Miocene/early Pliocene Pisco Formation, Peru. *The Condor*, 107 (1):107-113.
- STUCCHI M. & URBINA M. (2005).- Las aves fósiles del Terciario peruano. VI Congreso Nacional de Ornitología. Chiclayo (Perú).
- URBINA M. & STUCCHI M. (2005a).- Los cormoranes (Aves: Phalacrocoracidae) de la formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 99: 41 - 49.
- URBINA M. & STUCCHI (2005b).- Evidence of a Fossil Stork (Aves: Ciconiidae) from the Late Miocene of the Pisco formation, Peru. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú (este volumen)*
- WALSH S. & HUME J. (2001).- A new neogene marine avian assemblage from north-central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 21(3): 484-491.
- WARHEIT K. (2002).- The seabird fossil record and the role of paleontology in understanding seabird community structure. *In: Biology of Marine Birds* (Eds. Schreiber, E. A. and Burger, J.). CRC Marine Biology Series, 17-56.