



## ARTÍCULO ORIGINAL/ ORIGINAL ARTICLE

### CARACTERES OSTEOLÓGICOS CLAVE DEL POTOYUNCO PERUANO *PELECANOIDES GARNOTII* (PROCELLARIIFORMES, PELECANOIDIDAE)

### OSTEOLOGICAL KEY CHARACTERS OF THE PERUVIAN DIVING PETREL *PELECANOIDES GARNOTII* (PROCELLARIIFORMES, PELECANOIDIDAE)

Marcelo Stucchi<sup>1</sup> & Jean Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Asociación para la Investigación y Conservación de la Biodiversidad (AICB). Lima, Perú. Correo: aicb.peru@gmail.com

<sup>2</sup>California Academy of Sciences. Department of Ornithology and Mammalogy. San Francisco, California. EE.UU. Correo: jmattos@calacademy.org

The Biologist (Lima) 9(1): 53-65.

## ABSTRACT

Comparative measurements and photographs of the skeleton of Peruvian diving petrel *Pelecanoides garnotii* (Lesson, 1828) are presented as a field guide for identification. Also, the skeleton's locomotory functionality in relation to flight and diving are discussed.

**Keywords:** osteology, *Pelecanoides garnotii*, Peru, Peruvian diving petrel, seabirds.

## RESUMEN

Se presentan medidas comparativas y fotografías de caracteres claves del esqueleto del Potoyunco peruano *Pelecanoides garnotii* (Lesson, 1828) a manera de guía para su reconocimiento en el campo. Asimismo, se discute su funcionalidad locomotora en relación al vuelo y buceo.

**Palabras claves:** aves marinas, osteología, *Pelecanoides garnotii*, Perú, potoyunco peruano.

## INTRODUCCIÓN

Hasta principios del siglo XX el potoyunco peruano *Pelecanoides garnotii* (Lesson, 1828) fue una especie con un amplia área de distribución, abarcando las costas del Perú y Chile (6°S hasta 42°S) (Murphy 1936, Schulenberg *et al.* 2010). En el Perú, su área de reproducción se extendía a varias islas del litoral, incluyendo: Lobos de Tierra, Lobos de Afuera, Guañape, Macabí, Pescadores, Chincha, Ballestas Norte, San Gallán y La Vieja (Raimondi 1874, Coker 1919, Murphy 1936, Tovar 1968); sin embargo, debido principalmente a la actividad extractiva del guano — sustrato donde esta especie

nidifica —, las colonias reproductivas se han restringido en la actualidad a solo tres islas: San Gallán, La Vieja y Corcovado (Jahncke & Goya 1998, Valverde 2006). A causa de esta notable disminución, *P. garnotii* ha sido considerado como una especie en peligro crítico en el Perú (DS 034-2004-AG, Ministerio de Agricultura 2004) y en peligro, a nivel internacional (CMS 2009, IUCN 2010).

La descripción osteológica brinda una herramienta complementaria para su identificación y registro. También ha sido

muy útil en el caso de especies de difícil visualización por sus hábitos o por su reducido número. Por ejemplo, Jahncke (1992) identificó una colonia reproductiva de la golondrina de la tempestad *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) en base a restos óseos encontrados en una colonia abandonada. Asimismo, Jahncke & Goya (1998) registraron la presencia de *P. garnotii* en la zona norte del país, en base a restos encontrados en la isla Lobos de Tierra. Por otro lado, el reconocimiento de los huesos también es útil para el estudio de los restos arqueológicos (e.g. de France 2005, Sooldat *et al.* 2009) y paleontológicos, máxime cuando están relacionados a grupos actuales (e.g. Stucchi 2002, 2003, Stucchi & Urbina 2005, Urbina & Stucchi 2005).

El objetivo del presente trabajo es describir y exponer gráficamente los rasgos morfológicos característicos del esqueleto de *P. garnotii*, con el fin de brindar una guía para su reconocimiento en el campo y su registro en nuevas áreas, o la confirmación de su presencia en áreas registradas históricamente. Además, se brinda una descripción comparada con *Pelecanoides urinatrix* (Gmelin, 1789) y otros Procellariiformes, y se discute brevemente sobre sus capacidades de vuelo, nado y buceo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La descripción de los huesos de *P. garnotii* se basa en el esqueleto de las Fig. 1 y 2. Fue colectado por uno de los autores (JM) en 1996, frente a la isla Pachacamac (Lima, Perú, 12°17'04"S - 76°53'16"O). Además, los restos post-craneales de un espécimen de *P. garnotii* colectado en Lobos de Afuera (Perú, Lambayeque, 06°55'42"S - 80°42'38"O), por el otro autor (MS) en el 2004, fueron usados de forma complementaria (ver Stucchi & Figueroa 2006). Ambos forman parte de la

colección de referencia del Departamento de Paleontología de Vertebrados del Museo de Historia Natural de San Marcos, Lima, Perú (MUSM).

Otros dos esqueletos fueron medidos, fotografiados y usados de forma comparativa con los primeros. Se trata de un espécimen de *P. garnotii* colectado en Valparaíso, Chile, en 1953, y otro de *P. urinatrix urinatrix* (Gmelin, 1789) colectado en Maatsuyker Island, Australia, en 1954. Ambos son de la colección del Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California en Berkeley, EE.UU (MVZ). Finalmente, una foto del cráneo de *P. georgicus* proporcionada por Wouter van Gestel también fue utilizada de forma complementaria.

El material de comparación estuvo conformado por especímenes depositados en el MUSM, MVZ y el Field Museum of Natural History de Chicago, EE.UU. (FMNH) y de la colección de uno de los autores (MS) (sin código) (Tabla 1).

Se siguió a Kuroda (1954) para las características morfológicas de Procellariiformes e información publicada de *Pelecanoides georgicus* (Murphy & Harper, 1916) para la descripción de los elementos de la base del cráneo. Se utilizaron los índices Alar-humeral y Mano-humeral, según Murphy & Harper (1921). Se midieron los índices del Humeral y Ulnar (originales), dividiendo el radio menor entre el mayor en el punto medio de la diáfisis; significando que un índice cercano o igual a 1 indica una sección circular y una diáfisis cilíndrica. Se hizo un análisis descriptivo de los huesos.

Las medidas de los huesos se hicieron con un calibre de 0,1 mm de aproximación. La nomenclatura de las estructuras de los huesos es la utilizada por Livezey & Zusi (2006) y Stucchi (2011).

**Tabla 1.** Material osteológico descrito de aves y su procedencia.

Especie	Parte	Procedencia y fecha de colecta	Colección
<b>MATERIAL DE DESCRIPCIÓN</b>			
<i>Pelecanoides garnotii</i> (Lesson, 1828)	esqueleto	Isla Pachacamac, Lima, Perú, 1996	MUSM s/n
	huesos post-craneales	Isla Lobos de Afuera, Lambayeque, Perú, 2004	MUSM s/n
<b>MATERIAL DE COMPARACIÓN</b>			
<i>P. garnotii</i>	esqueleto	Valparaíso, Chile, 1953	MVZ 129322
<i>P. urinatrix urinatrix</i> (Gmelin, 1789)	esqueleto	Maatsuyker Island, Australia, 1954	MVZ 142781
<i>Puffinus griseus</i> (Gmelin, 1789)	esqueleto	Paracas, Ica, Perú, 2001	MUSM s/n
	esqueleto	Monterey County, California, 1926	MVZ 49369
<i>Thalassarche</i> sp.	cráneo	San Fernando, Ica, Perú, 1999	sin código
<i>Spheniscus humboldti</i> (Meyen, 1834)	esqueleto	Punta Coles, Moquegua, Perú, 2010	sin código
<i>Procellaria aequinoctialis</i> (Linnaeus, 1758)	cráneo	Ite, Tacna, 2010	sin código
<i>Thalassarche cauta salvini</i> (Rothschild, 1893)	esqueleto	Chala, Arequipa, Perú, 1952	MVZ127172
<i>Fulmarus glacialisoides</i> (A. Smith, 1840)	esqueleto	Ross Sea, Antártida, 1979	MVZ 169103
<i>Phoebastria nigripes</i> (Audubon, 1839)	esqueleto	Santa Cruz, California, 1936	MVZ 72294
<i>Macronectes giganteus</i> (Gmelin, 1789)	esqueleto	Cape Adare, Antártida, 1961	MVZ 149370
<i>Oceanites gracilis</i> (Elliot, 1859)	esqueleto	Punta Espinosa, San Fernandina, Islas Galápagos, 1964	MVZ 12357
<i>Oceanodroma melania</i> (Bonaparte, 1854)	esqueleto	Monterey Bay, California, 1910	MVZ 19086
<i>Uria aalge</i> (Pontoppidan, 1763)	esqueleto		FMNH 337980
<i>Pinguinus impennis</i> (Linnaeus, 1758)	esqueleto		FMNH 104793

MUSM - Departamento de Paleontología de Vertebrados del Museo de Historia Natural de San Marcos. MVZ - Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California, Berkeley, EE.UU. FMNH - Field Museum of Natural History, Chicago, EE.UU.

## RESULTADOS

Las medidas de los huesos de *P. garnotii*, comparadas con *P. urinatrix*, se presentan en la Tabla 2. En las Fig. 1 y 2 se muestran los elementos óseos de *P. garnotii*, a manera de atlas osteológico. A continuación, se describen las características morfológicas más importantes en relación con el nado y el vuelo, que han sido observadas en los huesos de ambas especies.

**Cráneo:** en la vista ventral se puede apreciar que en *P. garnotii* los palatinos se prolongan distalmente hacia el extremo distal del pico, con el borde medial recto, dejando solo una pequeña separación entre ambos. Los procesos palatinos del maxilar se encuentran unidos al palatino en sus bordes laterales, como en *Thalassarche* sp. En *P. urinatrix* y *P. georgicus*, los palatinos están separados en sus bordes mediales, dejando ver los premaxilares y las narinas externas; con los procesos palatinos del maxilar también separados de los

palatinos, en su conjunto más parecido a *Procellaria aequinoctialis* (Linnaeus, 1758) y *Puffinus griseus* (Gmelin, 1789) (Fig. 3.1).

**Húmero:** en la región proximal, *P. garnotii* posee el surco capital bastante amplio con la tuberosidad interna dirigida distalmente, lo que hace que la fosa pneumática también tenga esta dirección, y sea más profunda. La cresta bicipital está reducida. En *P. urinatrix* el surco es corto y la tuberosidad interna y la fosa pneumática tienen una dirección medial; y la cresta bicipital es más amplia (Fig. 3.2). En la región distal, *P. garnotii* presenta los cóndilos, interno y externo comprimidos latero-lateralmente, con el entepicóndilo y prominencia entepicóndilar alargados distalmente y la depresión braquial superficial. El área de inserción del músculo *pronator brevis* es pequeña en *P. garnotii*, y de mayor tamaño en *P. urinatrix*. En vista caudal se aprecia una pequeña fosa entre los cóndilos

externo, interno y el ectepicóndilo en *P. garnotii*, mientras que *P. urinatrix* presenta estos cóndilos bastante más redondeados, con la fosa para el músculo braquial profunda y

sin la fosa caudal (Fig. 3.3 y 3.5). *P. griseus* se encuentra osteológicamente intermedia a las dos especies de *Pelecanoides* analizados.

**Tabla 2.** Medidas de los huesos de *P. garnotii* y *P. urinatrix*.

Medidas (mm) / Especies - Procedencia	<i>P. garnotii</i>			<i>P. urinatrix</i>
	MVZ <sup>1</sup>	MUSM <sup>2</sup>	MUSM <sup>3</sup>	MVZ <sup>4</sup>
<b>Cráneo</b>				
Largo del neurocráneo	28,5	28,1	--	27,1
Ancho a nivel de los procesos postorbitales	23	23,2	--	20,2
Ancho del pico a nivel de la base del proceso nasal del premaxilar	14,6	19,7	--	15,9
Largo del pico	30,2	31,4	--	28,5
<b>Coracoides</b>				
Distancia entre superficie coracohumeral y ángulo interno-distal	22,6	21,0	--	16,6
Distancia entre proceso esterno-coracoidal y ángulo interno-distal	12,3	19,0	--	13,5
Longitud de la faceta esternal	9,4	11,0	--	10,3
<b>Fúrcula</b>				
Distancia entre tuberosidad escapular y sínfisis	30,8	33,2	--	25,5
<b>Esternón</b>				
Ancho al nivel de los procesos esterno-coracoides	25,5	24,4	--	23,1
Distancia entre el manubrio y el apex carinal	20,2	19,8	--	15,0
<b>Escápula</b>				
Distancia entre la articulación furcular y el apex	38,4	38,7	--	26,0
<b>Pelvis</b>				
Largo máximo del Sinsacro (vértebras fusionadas)	32,5	30,6	--	28,3
<b>Húmero</b>				
Largo máximo	51,0	52,0	51,5	49,4
Ancho proximal	10,0	10,6	10,8	10,0
Ancho distal	8,0	8,4	8,2	6,5
Ancho máximo y mínimo, punto medio diáfisis	3,8 / 2,4	3,9 / 2,5	3,7 / 2,3	3,0 / 2,5
<b>Ulna</b>				
Largo máximo	41,8	43,1	44,1	47,7
Ancho proximal máximo y mínimo	6,0 / 4,4	6,1 / 4,9	6,1 / 4,7	5,1 / 4,1
Ancho máximo y mínimo, punto medio diáfisis	3,3 / 2,4	3,5 / 2,4	3,3 / 2,1	3,0 / 2,5
<b>Radio</b>				
Largo máximo	41,0	40,9	40,9	46,3
<b>Carpometacarpo</b>				
Largo máximo	28,2	28,6	29,4	25,8
<b>Fémur</b>				
Largo trocater - cóndilo externo	27,2	27,0	27,6	22,0
Ancho proximal trocater - cabeza	5,0	5,1	5,9	4,9
Ancho distal intercondilar mayor	4,5	4,7	4,9	4,3
<b>Tibiotarso</b>				
Largo máximo, cresta cnemial interna a cóndilos	56,0	57,5	54,7	50,0
Ancho distal intercondilar mayor	4,5	4,7	4,4	3,8
<b>Tarsometatarso</b>				
Largo máximo	32,1	33,5	33,4	28,5
Ancho proximal intercotilar	4,5	5,1	4,8	4,5
Ancho distal intertrocLEAR	4,0	4,8	4,5	4,0

Procedencia: <sup>1</sup>Valparaíso, Chile. <sup>2</sup>Isla Pachacamac, Lima, Perú. <sup>3</sup>Islas Lobos de Afuera, Lambayeque, Perú. <sup>4</sup>Isla Maatsuyker, Australia.

**Ulna:** un rasgo llamativo es que *P. urinatrix* presenta una longitud mayor que *P. garnotii* a pesar de su menor tamaño en los otros huesos del ala (Tabla 2). Morfológicamente, se aprecia que la diáfisis de *P. garnotii* es más plana que la de *P. urinatrix*. En la región distal, ambas especies presentan el cóndilo interno

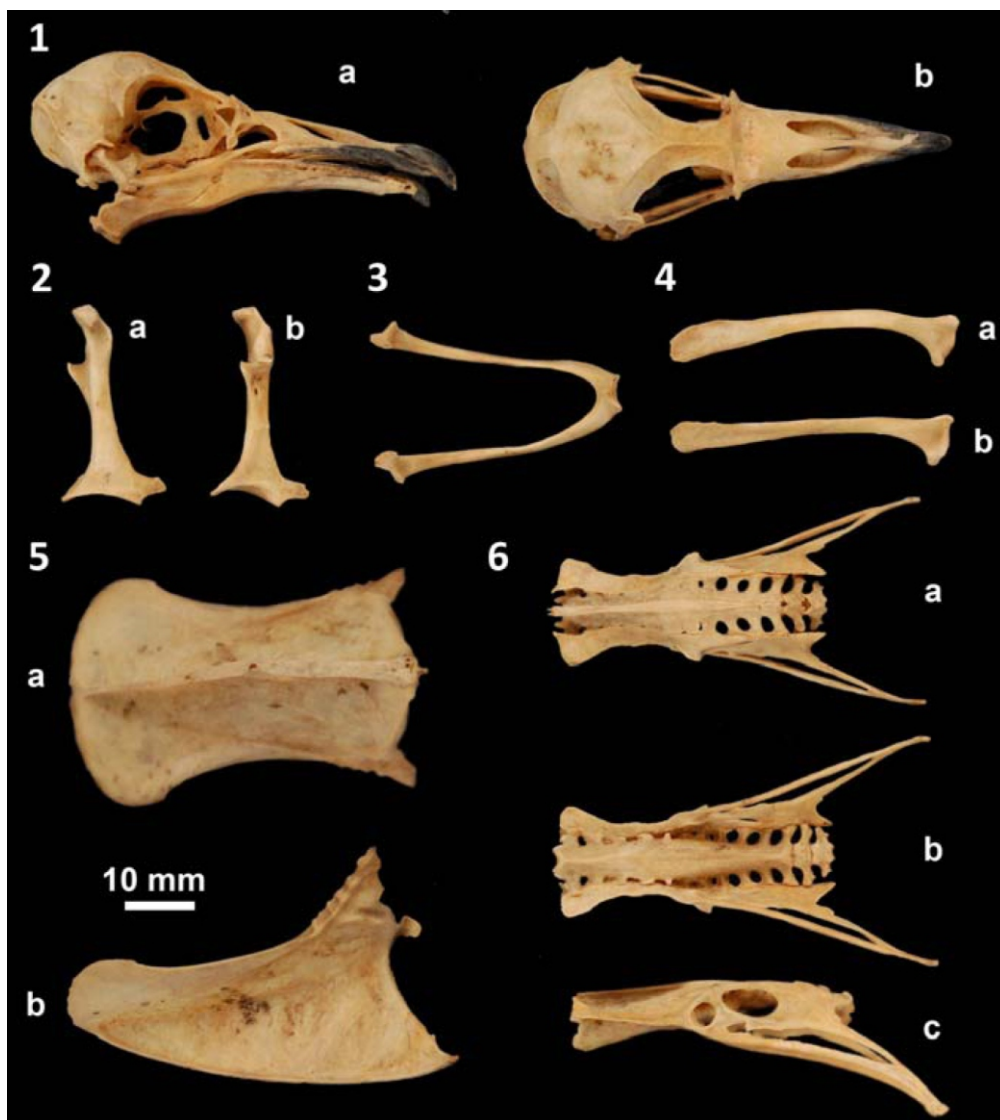
alargado. En la región proximal, *P. garnotii* la cotila interna forma un superficie semicircular alargada y con los bordes bien pronunciados, contactando con el cóndilo interno del húmero, que se ha modificado en la misma forma. El olecranon es pronunciado distalmente, en comparación con *P. urinatrix*

donde está prácticamente ausente. La cotila externa es reducida y complementa la articulación del húmero con el radio (Fig. 3.4). En *P. urinatrix*, ambas cotilas y el olecranon son reducidos, incluso un poco más que en *P. griseus*.

**Carpometacarpo:** en ambas especies *P. garnotii* y *P. urinatrix*, se aprecia un dígito 1 muy largo. Sin embargo, el primero guarda

una relación de este dígito con el carpometacarpo igual a 0,55. Mientras que en *P. urinatrix* esta es igual a 0,44, similar a *P. griseus*, en el que es de 0,45.

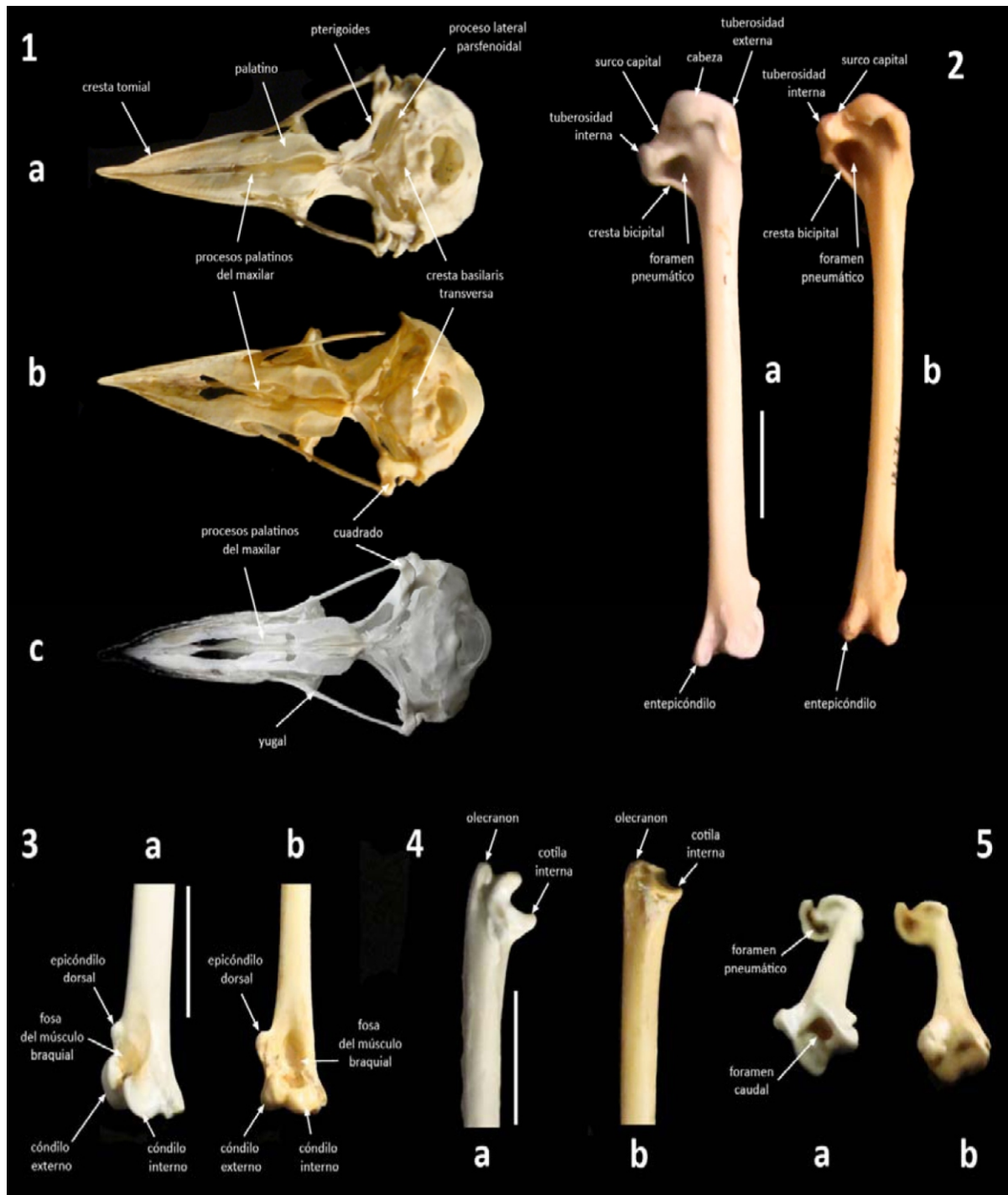
No se encontraron diferencias significativas en los huesos de la extremidad posterior, cinturas ni vértebras. Solo se observaron rasgos comunes a Procellariiformes buceadores (Tabla 3).



**Figura 1.** Parte del esqueleto axial de *P. garnotii*. 1. Cráneo (a) vista lateral, (b) vista dorsal. 2. Coracoides (a) izquierdo vista ventral, (b) derecho vista dorsal. 3. Clavícula vista dorsal. 4. Escápula (a) derecha vista dorsal, (b) izquierda vista ventral. 5. Esternón (a) vista ventral, (b) vista lateral. 6. Pelvis (a) vista dorsal, (b) vista ventral, (c) vista lateral.



**Figura 2.** Esqueleto apendicular de *P. garnotii*. 1. Húmero (a) derecho vista anconal, (b) izquierdo vista palmar. 2. Ulna (a) derecha vista palmar, (b) izquierda, vista palmar. 3. Carpometacarpo (a) derecho vista interna, con dígitos, (b) izquierdo vista externa. 4. Radio (a) derecho vista anconal, (b) izquierdo vista palmar. 5. Fémur (a) derecho vista anterior, (b) izquierdo vista posterior, (c) derecho vista interna. 6. Tarsometatarso (a) derecho vista posterior, (b) izquierdo vista anterior. 7. Tibiotarso (a) izquierdo vista posterior (b) derecho vista anterior.



**Figura 3.** Caracteres de ciertos elementos óseos de *P. garnotii* en comparación con *P. urinatrix* y *P. georgicus*. 1. Vista ventral del cráneo de (a) *P. garnotii*, (b) *P. urinatrix* y (c) *P. georgicus*. 2. Vista anconal del húmero derecho de (a) *P. garnotii* y (b) *P. urinatrix*. 3. Vista palmar de la región distal del húmero derecho de (a) *P. garnotii* y (b) *P. urinatrix*. 4. Vista lateral de la ulna derecha de (a) *P. garnotii* y (b) *P. urinatrix*. 5. Vista caudal del húmero derecho de (a) *P. garnotii* y (b) *P. urinatrix*. *P. garnotii* y *P. urinatrix* son del MVZ. *P. georgicus* es cortesía de Wouter van Gestel. Las escalas indican 10 mm para cada caso.

**Tabla 3.** Características en huesos de Procellariiformes según sus hábitos buceadores.

Huesos de Procellariiformes	Buceador	"No buceador"
Húmero	Plano	Redondeado
Mano	Relativamente corto en relación al húmero y la ulna	Relativamente largo en relación al húmero y la ulna
Fémur	Relativamente corto y curvo	Relativamente largo y recto
Tibiotarso	Cresta cnemial interna grande	Cresta cnemial interna corta
Tarsometatarso	Plano lateralmente	No plano
Esternón	Largo y alargado	Pequeño y "cuadrado"
Pelvis	Alargado	Ancho

## DISCUSIÓN

*Pelecanoides garnotii* es un ave voladora y buceadora, que se moviliza bajo el agua usando sus alas, como los pingüinos, y no las patas, como lo hacen los cormoranes. Su capacidad de buceo está tan desarrollada que puede llegar a profundidades de hasta 83,1 m, siendo su promedio 31,6 m, bastante mayor que el observado en *P. georgicus* y *P. urinatrix* (Zavalaga & Jahncke 1997).

El tema del vuelo y el nado de *P. garnotii* ha sido motivo de polémica por muchos años, ya que varios autores han sostenido anteriormente que es un ave con capacidad limitada para el vuelo (Luna-Jorquera *et al.* 2003). Murphy (1936) señaló que esta especie muda todas sus plumas remeras simultáneamente, lo que hace que pase un tiempo sin poder volar. Sin embargo, esto no limita su capacidad de nado y captura de presas. Por otro lado, Watson (1968) mencionó que en los petreles buceadores el área del ala se ha reducido a cerca de su límite de capacidad de carga para el vuelo dinámico, pero este límite es, probablemente, crítico solo durante el despegue, cuando las aves parecen gastar más energía para alcanzar la velocidad de vuelo. Por estos factores, estas aves han sido consideradas como poseedoras de una morfología intermedia entre las aves voladoras y los pingüinos (Simpson 1946).

En 1921, Murphy & Harper publicaron un estudio sobre la morfología y evolución de los petreles buceadores. En ese trabajo discutieron la proporción entre el ala y sus componentes óseos de las especies *P. georgicus* y *P. urinatrix* en relación con otras especies de Procellariiformes y aves marinas. Los autores concluyeron que los índices entre los elementos proximales y distales del ala—cuando se toma en cuenta las plumas del vuelo— varían mucho más que cuando se incluyen solamente los huesos (Tabla 4). En otras palabras, los huesos pueden tener los mismos tamaños en dos especies diferentes, pero las plumas pueden ser mucho más grandes en una de ellas, lo que le permitirá ser un mejor volador. Asimismo, mencionaron que su morfología torácico-abdominal, representa, en relación a su arquitectura axial, una adaptación estructural superior para resistir el fuerte impacto y presión del agua cuando se sumergen. Esto pudo verificarse en los esqueletos analizados de *Pelecanoides* spp., observando esa "flexibilidad" de la caja torácica en cada individuo, con las costillas alargadas e insertadas en una pequeña porción del margen costal, y los coracoides y clavícula fuertemente sujetos en el esternón (Fig. 4).

Otro autor que trabajó en el tema fue Kuroda (1967), quien al hacer la caracterización anatómica del *P. urinatrix*, sugirió que, las clavículas (fúrcula) en contacto con el apex carinal, le dan un desplazamiento hacia



delante al centro de gravedad, lo que permite un poderoso uso de las alas tanto para el vuelo como para el nado. Esto respalda la descripción anterior.

Los elementos óseos descritos en el presente trabajo permiten apreciar lo siguiente: (1) La región del paladar de *P. garnotii* muestra una tendencia al cierre de la cavidad bucal y la separación de la cavidad nasal (similar a un

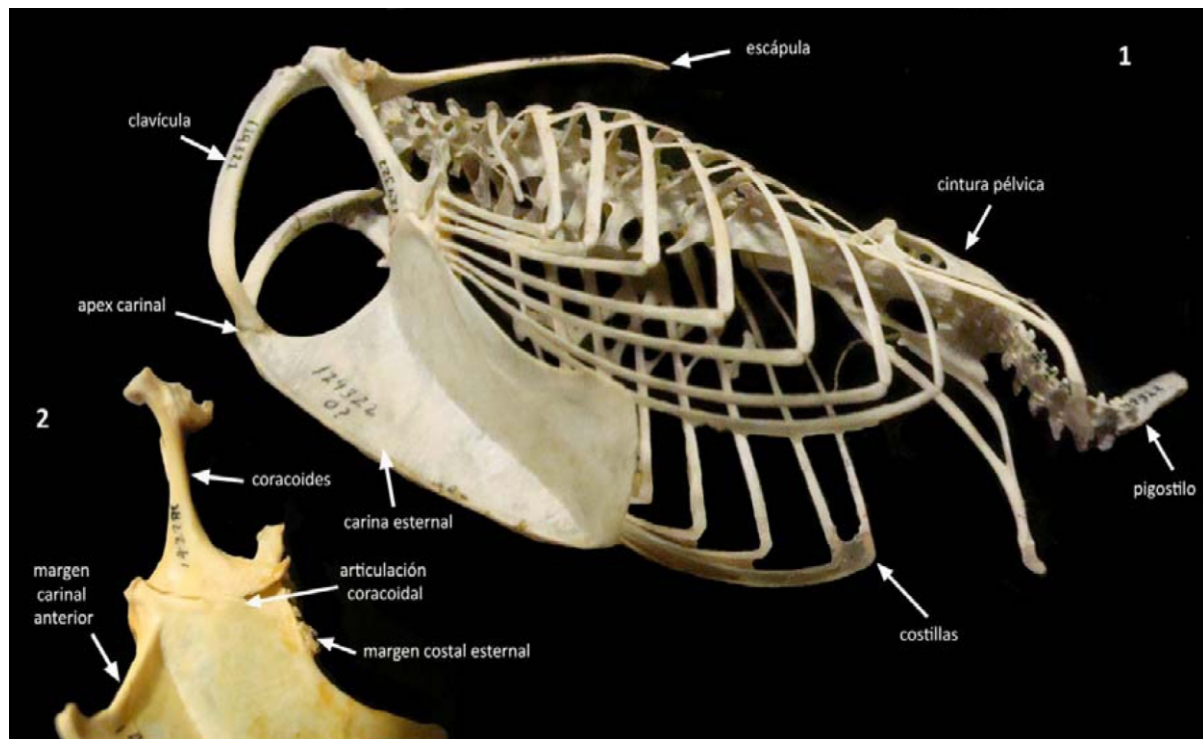
paladar desmognato), mientras que *P. urinatrix* y *P. georgicus* presentan los palatinos separados (paladar esquizognato) (ver Zusi & Livezey 2006) (Fig. 3.1). (2) Tanto el húmero como la ulna de *P. garnotii* poseen las diáfisis más planas que *P. urinatrix* y otros Procellariiformes, aunque más similares a *P. griseus*, también buceador (Shaffer *et al.* 2006, Tablas 3 y 5). (3) El carpometacarpo posee un dígito 1 de tamaño muy largo.

**Tabla 4.** Índices Alar-humeral y Mano-humeral de *P. garnotii* y otros Procellariiformes.

Índices (mm) / Especies	<i>P. garnotii</i> MUSM <sup>1</sup>	<i>P. urinatrix</i> <sup>2</sup>	<i>P. georgicus</i> <sup>2</sup>	<i>Oceanodroma</i> <i>leucorhoa</i> <sup>2</sup>	<i>Oceanites</i> <i>oceanicus</i> <sup>2</sup>
Ala	180	170	113	154	145
Húmero	51,5	45	42	37	23
Mano	56,3	49,2	43	43	37
Índice Alar-humeral	3,45	3,78	2,69	4,16	6,3
Índice Mano-humeral	1,09	1,09	1,02	1,16	1,61

Índices de Murphy & Harper (1921): Índice Alar-humeral = largo del ala (con plumas) / largo del húmero. Índice Mano-humeral = largo de la mano (huesos) / largo del húmero.

<sup>1</sup>Procede de las islas Lobos de Afuera, Lambayeque, Perú. <sup>2</sup>Datos de Murphy y Harper (1921).



**Figura 4.** Parte del esqueleto axial de *P. garnotii* y *P. urinatrix*. 1. Vista lateral de la columna vertebral, el esternón y la pelvis de *P. garnotii* (MVZ). 2. Detalle de la articulación Coracoides - Esternón en *P. urinatrix* (MVZ).

Tabla 5. Índices del humeral y ulnar de algunas especies de Procellariiformes.

Índices / Especies	Humeral	Ulnar	Índices / Especies	Humeral	Ulnar
<i>P. garnotii</i> (MVZ)	0,63	0,71	<i>T. cauta salvino</i> (MVZ)	0,73	0,88
<i>P. garnotii</i> (MUSM <sup>1</sup> )	0,64	0,69	<i>P. nigripes</i> (MVZ)	0,76	0,88
<i>P. garnotii</i> (MUSM <sup>2</sup> )	0,62	0,64	<i>F. glacialoides</i> (MVZ)	0,83	0,88
<i>P. urinatrix</i> (MVZ)	0,82	0,83	<i>M. giganteus</i> (MVZ)	0,82	0,98
<i>P. griseus</i> (MUSM)	0,52	0,77	<i>O. gracilis</i> (MVZ)	0,93	0,89
<i>P. griseus</i> (MVZ)	0,55	0,74	<i>O. melania</i> (MVZ)	0,84	0,82

Procedencia: <sup>1</sup> Pachacamac, <sup>2</sup> Lobos de Afuera.

El húmero de *P. garnotii* posee una fosa para el músculo braquial bastante superficial y pequeña, lo que reduce el tamaño de origen del músculo *brachialis*, y por ende, una limitación para la flexión del ala (además, en *P. garnotii* la cotila interna de la ulna y los cóndilos del húmero, limitan el ángulo de apertura del ala a un máximo de 45°, mientras que en *P. griseus* a ~90°). Esto limitaría su movimiento en el aire; lo que podría estar compensado con una alta maniobrabilidad, gracias al tamaño del dígito 1 y por ende, del álula. Asimismo, *P. garnotii* posee el surco capital bastante amplio, así como la tuberosidad interna bastante desarrollada, favoreciendo el desarrollo de los músculos *coracobrachialis posterior* y *dorsalis scapulae*, que sirven para elevar y rotar el húmero (Owre 1967), lo que facilitaría el movimiento en un medio denso como el agua. Además, el húmero de *P. garnotii* posee sus elementos distales planos y presentan una tendencia a girar sobre su eje, llevando al ente y ectepicóndilo hacia el lado interno y a los cóndilos al lado externo, tal como lo presentan otras aves de hábitos marinos, voladoras (pardelas y álcidos) y no voladoras (alca gigante y pingüinos). Si bien estas características sustentan potencialmente el nado desarrollado en *P. garnotii*, hay que resaltar la presencia de un foramen neumático de mayor tamaño y de una fosa caudal en esta especie, lo que "compensaría" la morfología natatoria para potenciar la capacidad de vuelo.

Sin embargo, hay que notar que si bien las características expuestas, al estar asociadas pueden significar una ventaja para el buceo de *P. garnotii*, estas, de manera independiente, no necesariamente significan una tendencia hacia el buceo para quienes las poseen. Por ejemplo, *Thalassarche* sp. posee un paladar similar a *P. garnotii*, pero este último posee las narinas externas bastante contraídas hacia la base del pico; dicha separación de cavidad es secundaria, por lo que no le significa una ventaja en el buceo. En el caso de los pingüinos y álcidos, éstos poseen un paladar tipo *P. urinatrix*, no dependiendo de la separación ósea de ambas cavidades, bucal y nasal, para bucear. Por ello, los elementos que poseen las características de buceadores, deben estar asociados, para poder tener mayor certeza de la relación entre el hábito de vida y el elemento óseo.

En base a lo expuesto, se puede confirmar que la característica buceadora de *P. garnotii* está definida en la estructura de su esqueleto, y es visible en la morfología de ciertos elementos óseos, más no necesariamente en la morfometría ni proporciones de las dimensiones de todos sus huesos. Sin embargo, también presenta caracteres que le permiten sustentar el vuelo, como son el desarrollo de las estructuras proximales del húmero, los forámenes neumáticos del mismo y el gran tamaño del dígito uno del

carpometacarpo, que le brinda maniobrabilidad. Por lo que osteológicamente no se puede sustentar su supuesta dificultad para el vuelo, planteada por otros autores anteriormente.

Finalmente, el mayor parecido de *P. urinatrix* a ciertas especies de Procellariidae en el caso del cráneo, y *P. garnotii* a estas en el caso de las alas, mostrarían que la evolución de estos elementos sigue tendencias independientes. La diferenciación de *P. garnotii* con las otras especies del género está sustentada molecularmente (Penhallurick & Wink 2004).

### **AGRADECIMIENTOS**

A Judith Figueroa de AICB (Asociación para la Investigación y Conservación de la Biodiversidad) y Carolina Acosta Hospitaleche del Museo de La Plata (Argentina), por la revisión del manuscrito y sus comentarios. A Edward Soldaat por sus comentarios y la información de la Tabla 3. A Rodolfo Salas del MUSM, por el préstamo del esqueleto estudiado. A Carla Cicero, curadora de aves del MVZ, por permitir el estudio de los esqueletos estudiados. Y a Wouter van Gestel por permitir el uso de la foto del cráneo de *P. georgicus*.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Coker, R. 1919.** Habits and economic relations of the guano birds of Peru. Proceedings of the U.S. National Museum, 56:449-511.
- CMS (Convención sobre la Conservación de las especies migratorias de animales silvestres). 2009.** *Apéndices I y II*. Disponible en: <http://www.cms.int> leído el 23 de noviembre de 2010.
- de France, S. 2005.** Late Pleistocene marine birds from southern Peru: distinguishing human capture from El Niño-induced windfall. *Journal of Archaeological Science*, 32: 1131-1146.
- IUCN. 2010.** *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2010.2. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org> leído el 16 de octubre de 2010.
- Jahncke, J. 1992.** Primer informe del área de anidación de la Golondrina de la Tempestad Negra *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883). Memoria X Conabiol, pp. 339-343. Lima, Perú 2-7 agosto de 1992.
- Jahncke, J. & Goya, E. 1998.** The status of the Peruvian Diving Petrel population and its main breeding areas along the coast of Peru. *Colonial Waterbirds*, 21: 94-97.
- 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)*. Tokio, Japón. 179 p.
- Kuroda, N. 1967.** *Morpho-anatomical analysis of parallel evolution between Diving Petrel and Ancient Auk, with comparative osteological data of other species*. Miscellaneous Reports of the Yamashina Institute for Ornithology, 5:111-137.
- Livezey, B. & Zusi, R. 2006.** Phylogeny of Neornithes. *Bulletin of Carnegie Museum of Natural History*, 37: 1-544.

- Luna-Jorquera, G.; Simeone, A. & Aguilar, R. 2003.** *Ecofisiología de animales endotermos en un desierto cálido y un mar frío: el caso de las aves marinas de la corriente de Humboldt* pp. 341-368. En: Bosinovic, F. (Editor). *Fisiología Ecológica y Evolutiva*. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Ministerio de Agricultura. 2004.** *Aprueban categorización de especies amenazadas de fauna silvestre y prohíben su caza, captura, tenencia, transporte o exportación con fines comerciales*. Decreto Supremo N° 034-2004-AG. Diario Oficial El Peruano, Normas Legales: 276853.
- Murphy, R.C. 1936.** *Oceanic Birds of South America*. The MacMillan Company. The American Museum of Natural History. New York. 2 Vols. 1245 p.
- Murphy, R.C. & Harper, F. 1921.** A review of diving petrels. *Bulletin American Museum Natural History*, 44: 495-554.
- Owre, O. 1967.** Adaptations for locomotion and feeding in the Anhinga and Cormorant. *Ornithological Monographs*, 6: 1-138.
- Penhallurick, J. & Wink, M. 2004.** Analysis of the taxonomy and nomenclature of the Procellariiformes based on complete nucleotide sequence of the mitochondrial cytochrome b gene. *Emu*, 104: 125 - 147.
- Raimondi, A. 1874.** Apuntes sobre el huano y las aves que lo producen. *El Siglo*, 1: 10-11, 21-22.
- Simpson, G.G. 1946.** Fossil Penguins. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 87: 1-99.
- Schulenberg, T.S.; Stotz, D.F.; Lane, D.F.; O'Neill J.P. & Parker III, T.A. 2010.** *Aves del Perú*. Serie Biodiversidad Corbidi 01.660 p.
- Shaffer, S.A.; Tremblay, Y; Weimerskirch, H; Scott, D; Thompson, D.R; Sagar, P; Moller, H; Taylor, G.A; Foley, D.G; Block, B.A. & Costo, D.P. 2006.** Migratory shearwaters integrate oceanic resources across the Pacific Ocean in an endless summer. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 103: 12799-12802.
- Souldat, E; Leopold, M.F; Meesters, E.H. & Robertson, C.J.R. 2009.** Albatross mandible at archaeological site in Amsterdam, the Netherlands, and WP records of *Diomedea* albatrosses. *Dutch Birding*, 31: 1-16.
- Stucchi, M. 2002.** Una nueva especie de *Spheniscus* de la formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 94: 17-24.
- Stucchi, M. 2003.** Los piqueros (Aves: Sulidae) de la formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 95: 75-91.
- Stucchi, M. 2011.** *Atlas osteológico del piquero peruano Sula variegata*. AICB. Lima, Perú. 20 p.
- Stucchi, M. & Urbina, M. 2005.** Nuevos restos de Procellariiformes fósiles de la formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 100: 67-77.
- Stucchi, M. & Figueroa, J. 2006.** *La Avifauna de las islas Lobos de Afuera y algunos alcances sobre su biodiversidad*. Reporte de Investigación N° 2. Asociación Ucumari. 88 p.

- Tovar, H. 1968.** Áreas de Reproducción y Distribución de las Aves Marinas en el litoral Peruano. Boletín del Instituto del Mar del Perú, 1: 523-546.
- Urbina, M. & Stucchi, M. 2005.** Los cormoranes (Aves: Phalacrocoracidae) de la formación Pisco, Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 99: 41 - 49.
- Valverde, M. 2006.** First record of the endangered Peruvian Diving Petrel *Pelecanoides garnotii*, breeding on Corcovado Island, Peru. Marine Ornithology, 34: 75-76.
- Watson, G.E. 1968.** Synchronous wing and tail molt in Diving Petrel. The Condor, 70:182-183.
- Zavalaga, C. & Jahncke, J. 1997.** Maximum dive depths of the Peruvian Diving-Petrel. The Condor, 99: 1002-1004.
- Zusi, R. & Livezey, B. 2006.** Variation in the os palatinum and its structural relation to the palatum osseum of birds (Aves). Annals of Carnegie Museum, 75: 137-180.

Fecha de recepción: 12 de enero del 2011.

Fecha de aceptación: 15 de marzo del 2011.