Boletín de la Sociedad Geológica del Perú v. 95 (2003) p. 75-91

LOS PIQUEROS (AVES: SULIDAE) DE LA FORMACIÓN PISCO, PERÚ

Marcelo STUCCHI

Departamento de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima (Perú)

RESUMEN

El presente estudio tiene por objeto analizar el material de Sulidae proveniente de la Formación Pisco (Mioceno - Plioceno, costa centro - sur del Perú), tomando como base la morfología y morfometría de las especies actuales del género *Sula*. Se propone la presencia de al menos cuatro formas: dos especies nuevas para el género *Sula*, una forma afín a la especie actual *Sula variegata* y una especie nueva para el género *Morus*; así como material indeterminado.

Finalmente, en base al estudio del material actual se discute brevemente acerca de la validez de las especies paleontológicas de *Sulidae*, proponiéndose la eliminación de cuatro de ellas: *Sula guano, S. phosphata, S. clarki* y *S. universitatis* y la revisión de una: *Morus olsoni*.

ABSTRACT

The present investigation analyzes Sulidae material from Pisco Formation (Mio-Pliocene, central-southern coast of Peru) based on morphology and morphometry of modern species of genus *Sula*. At least four forms have been identified: Two new species from genus *Sula*, one form with affinity to the modern species *Sula variegata* and one new species from genus *Morus*. There is also undetermined material.

Finally, the validity of Sulidae fossil species is briefly discussed, suggesting the elimination of four of them: *Sula guano, S. phosphata, S. clarki* and *S. universitatis*; and the revision of *Morus olsoni*.

INTRODUCCIÓN

El registro más antiguo de la familia Sulidae data del Eoceno tardío de Francia (ver tabla 1) y cuenta hasta el momento con 22 especies paleontológicas, de las cuales 7 pertenecen al género *Sula*, 15 a *Morus* y otras 2 a los géneros (únicamente fósiles) *Sarmatosula* y *Empheresula*; todas para Norteamérica y Europa (Warheit 2002). También existen registros a nivel genérico para el Plioceno temprano de Sudáfrica (Olson 1983).

Para América del Sur, el registro más antiguo de la familia es el de *Sula* sp. para el Mioceno medio basal de Pampa Santa Cruz (Ica, Perú)(Stucchi & DeVries *en revisión*). Además, existen reportes de Sulidae para la formaciones Pisco (Perú) y Bahía Inglesa (Chile) (ambos Mioceno tardío – Plioceno temprano) (Muizon & DeVries 1985; Walsh & Hume 2001).

Sobre la Formación Pisco, a pesar de haber sido reportados a nivel genérico, hasta el momento no se había realizado algún estudio detallado, ni atribuido designación específica para los piqueros. Muizon (1981) menciona la presencia de una especie del género *Sula* de gran tamaño, de dimensiones similares a *Morus bassanus* del Atlántico norte. Cheneval (1993) indica que el registro de Sulidae en la formación Pisco estaría compuesto por dos o tres especies del género *Sula*, todas de gran tamaño, haciendo la misma comparación que Muizon (*op. cit.*).

Muizon & DeVries (1985) refieren además cf. *Sula* sp. para el Mioceno medio y Stucchi *et al.* (2002) reportan el primer registro del género *Morus* para el Perú, proveniente del Mioceno tardío y sin designación específica.

GEOLOGÍA

La Formación Pisco (figura 1) es una secuencia sedimentaria marina que se extiende en la zona centro - sur de la costa peruana. Para la misma, Muizon & DeVries (1985) y Marocco & Muizon (1988) han identificado seis niveles de vertebrados de distintas antigüedades: Sacaco (3 - 3.9 Ma), Sacaco Sur (5 Ma), Montemar (4.5 - 6 Ma), Aguada de Lomas (7 – 8.8 Ma), El Jahuay (9 - 9.5 Ma) y Cerro La Bruja (12-14 Ma). La edad de Montemar está modificada en base a DeVries (*com. pers.* 2002).

Según Marocco & Muizon (*op. cit.*), el paleoambiente corresponde a las proximidades de la orilla marina, pudiéndo dividirse en tres zonas: a) playa poco agitada, que habría sido una zona aislada del mar abierto (niveles Sacaco, Sacaco sur, Montemar y Cerro La Bruja); b) zona de arrecifes, que habría estado expuesta a la

TABLA 1

Lista de especies fósiles de Sulidae. Corregido de Warheit (2002)

Especies	E.	O.	Mioceno			Plio ceno		P.	H.	Región geográfica	Localidad específica
	ta	ta	te	me	ta	te	ta	ta			
Sula ronzoni (Gervais, 1851)	x									Paratethys	Francia
Empheresula arvernensis (Milne-Edwards 1867)		x								Paratethys	Francia
Sula universitatis Brodkorb 1963 (*)			x							Atlántico oeste	Florida(EU)
Morus loxostylus (Cope 1871)			x	x						Atlántico oeste	Maryland(EU)
Morus vagabundus Wetmore 1930				x						Pacífico nor-este	California(EU)
Morus avitus (Wetmore 1938)				x						Atlántico oeste	Maryland
Morus pygmaea (Milne-Edwards 1874)				x						Atlántico nor-este	Francia
Morus olsoni Grigorescu & Kessler 1988				x						Paratethys	Rumania
Sarmatosula dobrogensis Grigorescu & Kessler 1977				x						Paratethys	Rumania
Morus willetti (Miller 1925)				x	x					Pacífico nor-este	California
Sula pohli Howard 1958				x	x					Pacífico nor-este	California
Sula indet.(**)				x	x	x	x			Pacífico sur-este	Perú
Sula aff. *variegata* (**)					x	x				Pacífico sur-este	Perú
Morus stocktoni (Miller 1935)					x					Pacífico nor-este	California
Morus lompocanus (Miller 1925)					x					Pacífico nor-este	California
Morus magnus (Howard 1978)					x					Pacífico nor-este	California
Morus media (Miller 1925)					x					Pacífico nor-este	California
Sula magna (**)					x	x	x			Pacífico sur-este	Perú
Sula sulita (**)					x	x				Pacífico sur-este	Perú
Morus peruvianus (**)					x	x				Pacífico sur-este	Perú
Sula guano (*)					x	x				Atlántico oeste	Florida
Sula phosphata (*)					x	x				Atlántico oeste	Florida
Morus peninsularis Brodkorb 1955						x				Atlántico oeste	Florida
Morus humeralis (Miller & Bowman 1958)							x			Pacífico nor-este	California
Morus recentior Howard 1949							x			Pacífico nor-este	California
Sula clarki Chandler 1990 (*)							x			Pacífico nor-este	California
Morus reyanus Howard 1936								x		Pacífico nor-este	California
Sula tasmani van Tets *et al.* 1988									x	Pacífico sur-oeste	Islas Norfolk (Australia)

No se incluyó *Morus atlanticus* porque se concuerda con la opinión de Wetmore (1926) que lo considera sinónimo de *M. loxostylus*. Ver también Cope (1871) y Shufeldt (1915).

(*) El presente estudio propone que estas especies deben ser consideradas *nomina nuda* y citadas sólo a nivel genérico.

(**) especies nuevas e indeterminadas del presente estudio.

E: Eoceno; O: Oligoceno; P: Pleistoceno; H: Holoceno; te: temprano; me: medio; ta: tardío.

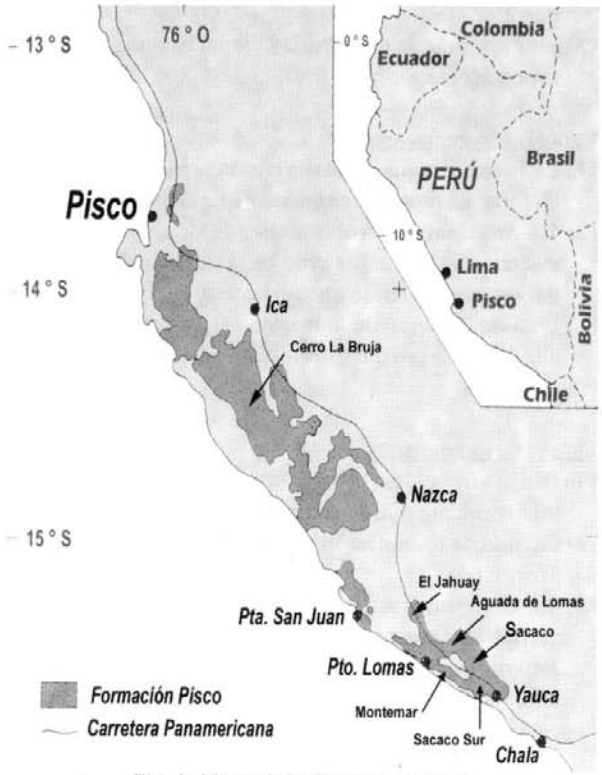

Fig. 1: Mapa de la Formación Pisco (Tomado de Muizon & DeVries 1985)

corriente pero donde la agitación del agua decrecía rápidamente conforme se alejaba de la orilla (niveles Sacaco sur y Montemar); y c) zona de playa agitada, directamente expuesta (niveles Aguada de Lomas y El Jahuay). En las zonas del nivel Montemar también se encuentran islotes, roquerías y la probable presencia de pequeñas lagunas entre las rocas y la orilla (DeVries *com. pers.* 2002).

Asimismo, en estos niveles fosilíferos se ha reportado varios grupos de vertebrados, tales como peces (seláceos y teleósteos), reptiles (cocodrilos y tortugas), aves y mamíferos (focas, otáridos, sirénidos, edentados y cetáceos) (Muizon & DeVries *op. cit.*).

Las familias de aves reportadas son: Spheniscidae, Phalacrocoracidae, Sulidae, Scolopacidae, Procellariidae, Pelagornithidae (Muizon & DeVries *op cit*), Laridae (Muizon 1981), Vulturidae (Stucchi 2002), Diomedeidae (Stucchi & Mattos *en preparación*) y otros aún no identificados (*Obs. pers.*).

NOTAS

Abreviaturas Institucionales:

MUSM: Departamento de Paleontología de Vertebrados. Museo de Historia Natural. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

QCAZ, E: Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

MECN: Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Quito.

Abreviaturas de los niveles de la Formación Pisco y otras zonas:

ELJ: nivel El Jahuay; **AGL**: nivel Aguada de Lomas; **MTM**: nivel Montemar; **SAS**: nivel Sacaco sur; **SAO**: nivel Sacaco; **YAU**: Yauca; **LMS**: Lomas.

Nomenclatura:

La nomenclatura utilizada es de Baumel & Witmer (1993), Howard (1980) y van Tets *et al.* (1988).

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Orden: Pelecaniformes Sharpe, 1891
Familia: Sulidae (Reichenbach, 1849)
Género: *Sula* Brisson, 1760

Según van Tets *et al.* (1988), Olson & Warheit (1988) y el presente estudio, las diferencias entre los géneros *Sula*, *Morus* y *Papasula* son las siguentes:

Para el cráneo:

(1) En *Sula* y *Papasula* la superficie de la maxilla es áspera a todo lo largo de la misma. En *Morus* también es áspera excepto en el área directamente en frente de la sutura naso-frontal.

(2) En *Sula* y en *Morus* se presenta los procesos postorbitales reducidos y bifurcados. En *Papasula* son largos, puntiagudos y orientados ventralmente.

(3) En *Papasula* los procesos paraoccipitales son anchos y bilobados con la marca del m. rectus capitis muy espaciada, produciendo una lámina parasphenoidal (basioccipital) de forma irregular con una ubicación inusual de los forámenes pneumáticos, comparado con la condición pneumática de *Morus* y ocasional de *Sula*.

(4) La cresta sagital es ancha en *Papasula*; no así en *Morus* y *Sula*.

(5) En vista lateral, el perfil dorsal del cráneo en *Sula* es generalmente recto y puede tener una ligera convexidad frente a la sutura naso-frontal (ver figura 3), con una pendiente relativamente recta detrás de la misma sobre las órbitas, mientras que en *Morus* muestra una depresión frente a la sutura naso-frontal, donde la superficie es lisa y una protuberancia detrás de la misma. Para las dos últimas características, ver la explicación del cráneo de *Sula* spp. en las Observaciones de *Sula* aff. *variegata*.

Para el esternón:

(1) *Sula* y *Papasula* carecen de spina externa (espina manubrial ventral) en el rostrum sterni (región manubrial), mientras que *Morus* si la presenta de forma pronunciada.

(2) La faceta furcular del apex carinal es de forma variable en *Sula*, de ligeramente cóncavo a ligeramente convexo. En *Morus* es muy cóncavo.

Para el coracoides:

(1) Sobre la cara anterior esternal hay una protuberancia en *Sula*, que no posee *Morus*. Sobre esta protuberancia

está la línea intermuscular. Donde la línea termina, en la faceta esternal, hay un tubérculo prominente en *Sula*, ausente en *Morus*.

(2) La faceta esternal anterior es relativamente más larga y angosta en *Morus* que en *Sula*, y su terminación dorsal es relativamente más ancha en *Morus*. La inserción bicipital es más grande y prominente en *Sula* que en *Morus*.

(3) En vista dorsal, el surco entre la inserción bicipital y la faceta glenoidea es relativamente más delgado en *Sula* que en *Morus*, y en *Papasula* es ancho.

(4) La impresión ligamental acrocoracohumeralis (superficie coraco-humeral), desde la cabeza hasta la inserción bicipital es angular en *Sula* y *Morus*, y horizontal y plana en *Papasula*.

(5) En vista medial, *Papasula* presenta el proceso acrocoracoideo (faceta furcular) hinchado y convexo, sin cresta en la tuberosidad brachial.

(6) El proceso laterialis (esterno-coracoideo) es trunco en *Sula* y puntiagudo en *Morus*.

Para el húmero:

(1) El húmero es más corto que la ulna en *Sula* y más largo en *Morus*. En *Papasula* ambos huesos son de dimensiones similares.

(2) La cresta medial se extiende más distalmente en *Morus* que en *Sula*.

(3) En vistal anconal, la cresta central de la diáfisis es angular en *Sula*. En *Morus* es redondeada.

(4) En la región distal, *Sula* tiene las impresión del m. brachialis anticus más marcada que *Morus*.

(5) En el lado interno de la fosa olecranal, *Sula* posee una superficie sobresaliente a la misma, que no se presenta en *Morus*.

(6) En *Papasula*, el epicondylus dorsalis (ectepicóndilo) es largo y angosto, y se proyecta distalmente hasta el nivel de los cóndilos.

Para la ulna:

(1) Existe un foramen en la incisura radialis (depresión proximal radial) en *Sula* y no en *Morus*.

(2) La impresión del m. brachialis anticus es relativamente menor en *Sula* que en *Morus*.

(3) Diáfisis proporcionalmente más delgada en *Papasula* que en *Sula*. Más delgada en *Sula* que en *Morus*.

(4) La punta de la tuberosidad carpal es más distal en *Morus* que en *Sula*.

(5) En *Papasula*, la tuberosidad carpal es pneumática, no así en *Morus* y *Sula*.

Para el carpometacarpo:

(1) La fovea carpalis cranialis (fosa carpal anterior) tiene un foramen prominente en *Sula*, que no presenta *Morus*.

(2) En *Sula*, un relieve se extiende desde el punto de inserción ligamental externo hasta casi el límite proximal del metacarpo III, lo que no sucede en *Morus*.

(3) En *Sula*, el surco de la troclea carpal se extiende más alla del límite proximal del metacarpo II, lo que no sucede en *Morus*.

Para el tarsometatarso:

(1) En *Sula*, el tarsometatarso tiene una diáfisis relativamente más ancha que en *Morus*.

(2) En *Sula*, la terminación proximal es más ancha que en *Morus*.

(3) En el hipotarso, *Morus* tiene dos sulcus hypotarsi cerrados, en medio de las tres crista hypotarsi. En *Papasula* ambos sulcus están abiertos. En *Sula* la crista lateralis hypotarsi y la crista intermediae hypotarsi están fusionadas sin un sulcus entre ellas, y entre la crista intermediae hypotarsi y la crista medialis hyportasi hay un sulcus cerrado (o se podría decir que hay un sulcus cerrado en medio de la crista medialis hypotarsi).

(4) La superficie anterior de la diáfisis en *Papasula* está

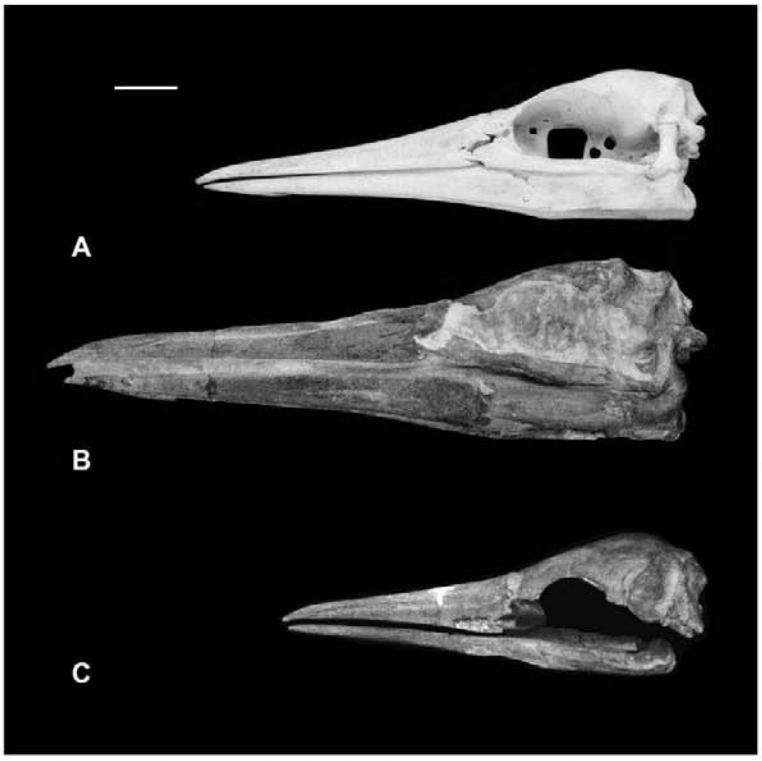

Fig. 2: Cráneos de: (A) S. nebouxii sn18; (B) Sula sp. MUSM 229; y (C) Sula aff. variegata MUSM 220. Este último cráneo ha sido invertido horizontalmente para su mejor comparación. La escala indica 20 mm.

excavada profundamente y la troclea interna carace del sulcus medial que presentan *Sula* y *Morus*.

***Sula* aff. *variegata* (Tschudi, 1845)**
(figuras 2, 3 y 4)

Material:

Cráneo sin pterigoides, lacrimales, cuadrado izquierdo, barras yugales y palatinos. Mandíbula sin región articular izquierda (MUSM 220). Región anterior (cabeza) de coracoides derechos MUSM 306 y 307; región distal de húmero izquierdo MUSM 292; región distal de ulnas izquierdas MUSM 390 y 392; región anterior de ulnas izquierdas MUSM 389 y 390. Procedentes del nivel Montemar. Colectado por M. Urbina entre 1995 y 2000.

Región distal de coracoides y ulna MUSM 406. Procedente de Lomas. Colectado por M. Urbina en 2000. Si bien Lomas no es un nivel establecido, existen indicios que ubicarían este sector entre los 9 y 10 Ma (DeVries *com. pers.* 2002).

Material de comparación:

Cráneos de *S. variegata*: (n=46 adultos, 4 juveniles y 4 pichones); *S. nebouxii*: (n=37 adultos, 10 sub-adultos, 9 juveniles y 3 pichones); *S. dactylatra:* n=9 adultos; *S. leucogaster:* n=2 adultos; *S. sula*: n=1 adulto.

Procedencia:

- *S. variegata* : Isla Lobos de Tierra, Isla Macabí, Isla Guañape, Punta San Juan de Marcona, Punta Lomas y Punta Coles (Perú) MUSM sv 1-46.
- *S. nebouxii* : Islas Lobos de Tierra y Lobos de Afuera (Perú) MUSM sn 1-37 (ver figura 10).
- *S. leucogaster* : Procedente de Isla Los Roques (Venezuela) MUSM sl 1-2.
- *S. dactylatra* : 8 especímenes procedentes de Islas Galápagos (QCAZ-1252, 1256, 1258, 1568; E80, 82, 94; MECN-038). 1 espécimen de Isla Lobos de Afuera MUSM sd 1.
- *S. sula* : Procedente de Islas Galápagos, (QCAZ-1570).

Observaciones:

En la siguiente lista se presentan las características craneales encontradas en las especies actuales (entre paréntesis las siglas de cada especie):

- Techo craneano: cóncavo (sv); plano (resto);
- Cresta sagital: ancha (sv); angosta (sv, ss); muy angosta y larga (resto);
- Región temporal: corta (sv, ss); larga (resto);
- Porción proximal del rostrum, delante de la sutura naso-frontal: inflada, convexa (sl, sd); recta (resto).
- Prominentia cerebelaris con respecto a los procesos paraoccipitalis: más grande (sv, ss); más pequeño (resto).
- Para los dos primeros casos, ver figura 3.

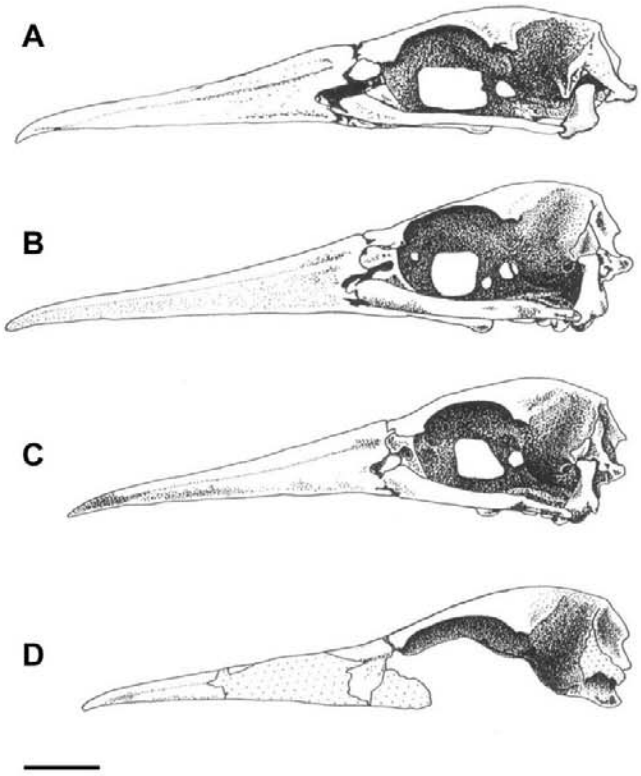

Fig. 3: Comparación entre los cráneos de: (A) Sula dactylatra; (B) Sula nebouxii; (C) Sula variegata; y (D) Sula aff. variegata MUSM 220. La escala indica 20 mm.S. dactylatra modificado de van Tets et al. (1988), resto originales. Dibujos del autor.

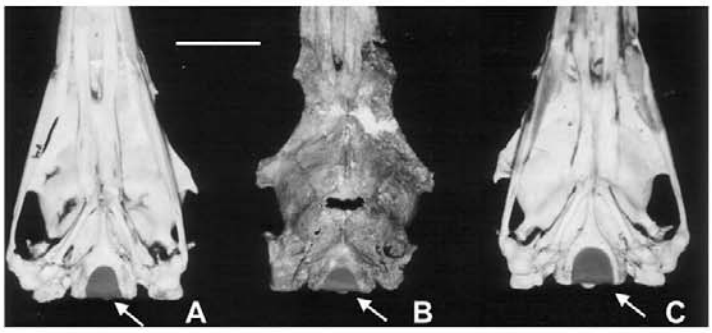

Fig. 4: Comparación del tamaño y forma de la región basioccipital (indicada con la flecha) entre (A) Sula variegata sv4; (B) Sula aff. variegata MUSM 220; y (C) Sula variegata sv16. La región ha sido tapada para que sea más visible. La escala indica 20 mm.

MUSM 220 es un cráneo casi completo que presenta características morfológicas y morfometría muy similares a *S. variegata* (ver figuras 2 y 3, y tabla 2). Se diferencia de ésta en los siguientes caracteres: (1) Cresta sagital ancha: se presenta sólo en el 6.5% de los cráneos

Tabla 2: Medidas e índices craneales de *Sula* spp.

	Medidas	*Sula sp.* Indet. MUSM 229	*Sula* aff. *variegata* MUSM 220	*S. variegata* Piquero Peruano	*S. nebouxii* Camanay	*S. dactylatra* Enmascarado	*S. sula* Piq. Patas rojas	*S. leucogaster* Piquero Marrón
1	Longitud del rostrum	123.2	81.6	84.3 +/- 3.32 (91.4 - 76.5)	93.6 +/- 3.81 (100.1 - 84.5)	93.2 +/- 2.6 (97 - 90)	71.8	88.5 (88.9 - 88.1)
2	Longitud del cráneo	71.8	59.7	58.7 +/- 1.87 (63.3 - 56.1)	62.3 +/- 2.2 (65.7 - 57.6)	66.6 +/- 1.7 (69.1 - 64.7)	54.3	59.3 (59.7 - 58.9)
3	Altura del cráneo	30.5	26.8	26.9 +/- 0.71 (29.2 - 25.7)	27.5 +/- 0.84 (29.8 - 26.4)	28.7 +/- 0.7 (29.2 - 27.6)	26.8	26.1 (26.9 - 25.4)
4	Ancho al nivel de los procesos paraoccipitales	x	35.8	35.2 +/- 1.17 (37.8 - 33.3)	38.3 +/- 1.16 (40.1 - 34.8)	38.7 +/- 1.2 (40.4 - 37.5)	31.2	33.4
5	Ancho al nivel de los procesos preorbitales	x	25.4	25.7 +/- 0.97 (27.6 - 23.8)	27.3 +/- 0.92 (29.4 - 25.6)	30.8 +/- 1.1 (32.7 - 29.7)	26.2	27.5 (27.8 - 27.1)
6	Ancho de la sutura naso-frontal	x	20	19.8 +/- 0.69 (21.2 - 18.4)	20.7 +/- 0.76 (21.7 - 19)	23.4 +/- 0.7 (24 - 22.2)	20.2	21.4 (21.9 - 20.9)
7	Ancho al nivel de los exoccipitales	x	16	15 +/- 0.68 (16.8 - 14.2)	15.8 +/- 0.76 (17.1 - 14.2)	17 +/- 0.7 (18.2 - 16.5)	14.1	14.4 (14.5 - 14.2)
8	Ancho del cóndilo occipital	6	4.2	4.4 +/- 0.24 (4.9 - 4)	4.8 +/- 0.39 (5.5 - 4)	5 +/- 0.9 (6.6 - 4.4)	3.7	4.4 (4.6 - 4.2)
9	Alto del cóndilo occipital	5.5	3.3	3.4 +/- 0.13 (3.7 - 3.2)	3.6 +/- 0.27 (4.2 - 3)	3.9 +/- 0.3 (4.4 - 3.8)	2.9	3.3 (3.4 - 3.1)
10	Ancho del foramen magnum	x	8.1	9.0 +/- 0.36 (9.8 - 8.4)	9.0 +/- 0.29 (9.6 - 8.4)	9.6 +/- 0.3 (10 - 9.3)	8.2	8 (8.2 - 7.7)
11	Alto del foramen magnum	x	7.7	8.1 +/- 0.41 (8.9 - 7.1)	8.4 +/- 0.32 (9.2 - 7.7)	8.4 +/- 0.1 (8.6 - 8.2)	6.8	8.2 (8.4 - 7.9)
12	Ancho del cuadrado	~15	13.8	13.3 +/ 0.59 (14.9 - 12.5)	14.0 +/- 0.6 (15 - 12.6)	15	x	14.5 (14.9 - 14.1)
13	Alto del cuadrado	~19	17.1	17.1 +/- 0.59 (18.7 - 15.9)	18.3+/- 0.83 (19.4 - 16.4)	19.5	x	17.8 (18 - 17.5)
14	Tamaño de la fosa orbitaria	25.1	22.2	21.6 +/- 0.75 (23.1 - 20.2)	21.3 +/- 0.98 (23.4 - 19.4)	22.2 +/- 0.9 (23.4 - 21.1)	18.3	21
15	Tamaño de la fosa temporalis	14.2	10.5	11.0 +/- 0.9 (12.5 - 9)	13.0 +/- 0.77 (14.6 - 11.6)	12.1 +/- 0.6 (12.6 - 11.2)	11	11.7 (12.7 - 10.7)
16	Alto de la mandíbula al nivel del proceso coronoideus	x	12.6	12.9 +/- 0.72 (14.4 - 11.2)	13.9 +/- 0.55 (14.9 - 12.8)	15.8 +/- 0.9 (17.1 - 14.8)	12.1	13.4 (13.5 - 13.3)
17	Distancia entre el proceso coronoideus y el proceso mandibulae medialis	35.4	27.2	30 +/- 1.89 (33.6 - 26.9)	33.5 +/- 1.66 (35.5 - 29)	34.4 +/- 1.6 (36.8 - 33.2)	25.9	30.5 (30.8 - 30.2)
	Indices							
1	Long. rostrum / Long.cráneo	1.7	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.5
2	Long. rostrum / Ancho naso-frontal	x	4.1	4.2	4.5	4	3.6	4.1
3	Long. Cráneo / ancho paraoccipitales	x	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8

Medidas en mm: (Promedio +/- desviación estándar) / (Rango)

S. variegata y *S. nebouxii*, n=30 para cada una de las medidas; *S. leucogaster*: medida 4, n=1; resto n=2; *S. sula*: n=1 para todos los casos; *S. dactylatra*: n=1 para medidas 12 y 13; n=5 para el resto

Ver en figura 11 detalle de cada medida.

TABLA 3
Medidas anatómicas de las distintas especies de Sulidae

especie	húmero			ulna		carpo	tarso	fémur	tibiotarso	coracoides
	1	2	3	1	2	1	1	1	1	1
M. loxostylus	x	x	21.1	x	x	x	x	x	x	48.2-51.3b
M. vagabundus	170d	x	17.2-18.3	x	x	x	x	x	x	x
M. avitus	x	x	x	x	x	65	x	x	x	x
M. pygmaea	128d	x	x	x	x	x	x	x	x	x
M. olsoni	x	x	x	x	x	70.2	x	x	x	x
S. dobrogensis	158	x	x	127	x	x	50	x	110	x
M. willetti	156	x	x	147	x	70	41	52	71	45
S. pohli	145-150.5	22.1	17.3	148.5-170	x	69.3	x	x	x	55
M. stocktoni	264f	x	x	175f	x	102c	x	x	x	x
M. lompocanus	245	28	23.9	107.6a 7 201f	x	94.7-96.6c	x	69	x	62
M. magnus	x	x	29.2	x	x	116.1	x	x	x	x
M. media	180	x	x	140	x	81	64	x	x	x
*S. guano**	x	x	x	x	x	x	x	x	x	50
M. peninsularis	x	x	21e	x	x	x	x	x	x	54-55.6
M. humeralis	x	28a	19.8	x	14.7a	x	x	58.2a	x	x
M. recentior	x	x	x	248.3a	18.2a	x	x	x	114a	64.7a
S. clarki *	x	x	x	x	x	x	x	x	x	50.7
M. reyanus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	56.6
S. tasmani	206-210	30	23	208-216	16-18	92	62-65	67-70	100	75
*S. magna***	245-251.5	34.5-38.5	28-30.2	271	19.6-21.5	115.2-123.9	x	x	x	91-93
S. sulita	x	x	15.8	x	x	x	x	x	x	45.7
M.peruvianus	x	x	x	165	14.8	76.8	x	x	x	x
S. aff. *variegata*	x	x	20	x	13-15.5	x	x	x	x	x
S. indet.	210-240	29.1-34.2	21.8-27.8	230-247	17-19.1	101.9-113.7	62.5-73.2	68.5-75	x	74.1-88.1
S. dactylatra	188	26.7	20.4	198.7	14.2	84.8	58.1	60.4	90.2	55.9
S. leucogaster	156.3	22.7	18.3	169.2	12.5	73.5	46.7	50.4	76.3	51.9
S. nebouxii	161.5-195.5	22.5-26.3	18.1-20.7	172-210	12.1-14.5	70.9-85.8	49.8-57.6	49.6-56.7	79.9-93.4	47.7-55.5
S. variegata	151-175	21.3-25.6	17.2-19.8	158.5-186.3	11.9-14.3	69.4-78.6	45.6-52.8	49.7-56.8	81.1-90.9	48.2-55.3
S. sula	161.5	22.3	18.3	181.2	12.9	71.6	36.2	48	65.9	47.2

Notas: Todas las medidas son en milímetros. 1: longitud total; 2: ancho proximal; 3: ancho distal. (*)En el presente estudio se sugiere que estas especies sean consideradas *nomina nuda*
(**)En base a MUSM 254 cuya medida única es la de su región proximal (cabeza) del húmero, se puede sugerir las otras dos, que serían las mayores para la especie: longitud total=273mm; ancho región distal: 32 mm. Las medidas de los fósiles provienen de las descripciones originales (ver tabla 1).
Salvo las que se indican: a:Chandler (1990); b:Brodkorb (1955);c:Howard (1978);d:Grigorescu & Kessler (1977);e:Olson & Rasmussen (2001);f: Bourne (1976)
Las medidas de *S.nebouxii* y *S.variegata* son originales; *S. dactylatra, S. leucogaster* y *S. sula*: promedios de Warheit (1992)

revisados de *S. variegata* y en ningún caso en las otras especies. Esta característica está presente en los cráneos de juveniles tanto de *S. variegata* como de *S. nebouxii*. (2) Procesos paraoccipitales bajos y (3) Procesos mediales del basitemporal dispuestos en su superficie ventral horizontales al plano basal: no fueron encontrados en ningún espécimen adulto de las especies actuales, pero si en los juveniles. (4) Lámina parasphenoidal (basioccipital o plato basitemporal) pequeño, hundido y cerrado por los procesos mediales del basitemporal: *S. variegata* en ninguno de los casos lo presenta de esta forma, pero si tiene un rango de variación de muy abierto a cerrado, dentro del cual podría considerarse al fósil como uno de sus estadios extremos (ver figura 4).

La cresta sagital ancha y los procesos paraoccipitales bajos son características que también están presente en *S. sula*, *Papasula abbotti* y juveniles de *S. variegata* y *S. nebouxii*. A esta se suma la forma de los procesos mediales del basitemporal dispuestos en su superficie ventral horizontales al plano basal, también presentes sólo en juveniles.

Sin embargo, todo estos cambios en la morfología ósea no habrían sido lo suficientemente grandes como para esperar una morfología muscular diferente a la que presentan los actuales, que le permitiera un comportamiento distinto.

Estas características, añadido a que las especies *S. sula* y *P. abbotti* son consideradas como ancestrales (Friesen & Anderson 1997) podrían sugerir que *Sula* aff.*variegata* MUSM 220 es morfológicamente similar al ancestro de las formas actuales del género *Sula*; tomando en cuenta también que todas éstas tuvieron su origen no hace más de 3 Ma (Friesen & Anderson *op.cit.*:256)

Los elementos postcraneales no presentan ninguna característica que los diferencie del resto de especies (ver Observaciones de *Sula magna* y *Sula* sp. indet) y han sido considerados dentro de esta categoría en función a sus dimensiones similares (ver tabla 3).

***Sula magna* sp. nov.**
(figuras 5, 6, 7 y 8)

Holotipo:

Húmero, región anterior de la ulna, carpometacarpo fragmentario y región distal del coracoides; todos del lado izquierdo; facies articulares y apófisis furculae de la fúrcula y esternón (MUSM 219) (figura 5).

Procedencia:

Nivel Montemar, Formación Pisco. Colectado por M. Urbina en 2000.

Etimología:

Magna (griego) grande, debido a que es la especie más grande del género.

Medidas del holotipo:

Fig. 5: MUSM 219; holotipo de Sula magna sp. nov. La escala indica 20 mm.

Fig. 6: Húmeros de Sula spp. 1: Sula magna sp. nov. MUSM 254 (A); Sula sp. MUSM 382(B); Sula leucogaster sl1 (C). 2: Sula magna sp. nov. MUSM 254 (A); Sula sp. MUSM 178 (B); Sula leucogaster sl1 (C); Sula sulita sp. nov. MUSM 222 (D); La escala indica 20 mm.

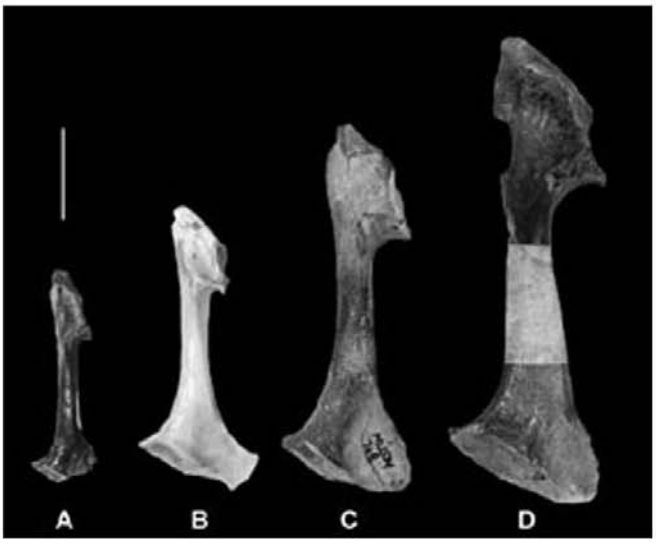

Fig. 7: Coracoides de Sula spp. (A) Sula sulita sp. nov. MUSM 222; (B) Sula leucogaster sl1; (C) Sula sp. MUSM 368; (D) Sula magna sp. nov. MUSM 187. La escala indica 20 mm.

Húmero: longitud total: 249.5 mm; Ancho de la región anterior (cabeza): 36 mm; ancho de la región distal: 28.9 mm; ulna: ancho de la región anterior (cabeza): 20.2 mm; ancho región distal intercondilar: 12.7 mm; carpometacarpo: longitud total: 119 mm; coracoides:ancho del proceso acrocoracoideo (cabeza): 17.4 mm; altura de la facies articularis humeralis: 19.8 mm.

Paratipos:

- Región proximal (cabeza) de húmero izquierdo MUSM 254; región distal de húmero izquierdo MUSM 235. Carpometacarpo derecho MUSM 425; Región proximal y distal de ulna derecha MUSM 426. Procedentes del nivel Aguada de Lomas.
- Húmero y ulna derechos MUSM 418; húmeros derechos MUSM 270 y 277; región proximal (cabeza) de húmero derecho MUSM 275; región distal de húmero izquierdo MUSM 290; región distal de húmeros derechos MUSM 195, 279 y 283; Región proximal (cabeza) de ulnas derechas MUSM 182 y 183; Región proximal (cabeza) de ulna izquierda MUSM 184; Carpometacarpos derechos MUSM 190, 191 y 193; Carpometacarpo izquierdo MUSM 296; Coracoides derecho MUSM 187; Coracoides izquierdos MUSM 185 y 420. Procedentes del nivel Montemar.
- Región proximal (cabeza) de ulna derecha MUSM 395. Procedente de Yauca. Si bien esta zona no es un nivel establecido, hay indicios basados en la presencia de ciertas especies de moluscos, que indicarían una antigüedad límite Plioceno - Pleistoceno (DeVries *com. pers.* 2002).
- Todo el material ha sido colectado por Mario Urbina y el autor entre 1995 y 2000.

Material de comparación:

S. variegata: coracoides (n=25), húmero (n=33), carpometacarpo (n=26), ulna (n=30), esternón (n=2) y tarsometatarso (n=17); *S. nebouxii*: coracoides (n=11), húmero (n=34), carpometacarpo (n=24), ulna (n=32), esternón (n=2) y tarsometatarso (n=9); *S. dactylatra:* n=9 para cada caso; *S. leucogaster:* n=2 para cada caso; *S. sula*: n=1 para cada caso.

Procedencia:

Igual que para el caso anterior (*Sula* aff. *variegata*).

Diagnosis:

Sula magna se distingue del resto de especies descritas para el género por su mayor tamaño, al menos 20% mayor que la especie más grande establecida hasta el momento, *S. tasmani* van Tets *et al.* 1988.

Observaciones:

El estudio morfológico del material actual determinó que no existen diferencias significativas inter-especificas, ya que las que se presentan no son mayores a las que se pueden observar intra-específicamente. A lo sumo, se pueden distinguir dos especies en base a su morfología, como son *S. variegata* en el cráneo (ver Observaciones en *Sula* aff. *variegata*) y *S. sula* a nivel del húmero, en las siguientes características:

- Crista bicipitalis inflada y con surco profundo en su parte inferior, similar a *Pelecanus thagus*.
- Porción distal muy ancha con epicondyla pronunciados.
- Tuberculum ventrale redondeado.

Estos resultados coinciden con lo explicado por Zusi (1975) para el caso de los pingüinos (Spheniscidae). Este autor manifiesta que algunas estructuras óseas pueden variar entre especies a tal punto que un individuo de un género puede parecerlo de otro en una o más características y por ello se debe tener cuidado con los caracteres óseos tomados aisladamente.

Por ello, las especies paleontológicas de Sulidae que están establecidas siempre en base a pocos elementos óseos (generalmente huesos aislados) presentan descripciones poco claras que tienden a la subjetividad, como ya lo manifestó Warheit (1992) para el caso específico de las especies fósiles de *Morus* (ver tabla 1 y 3).

Como forma de encontrar una «solución» a este problema, Warheit (*op.cit.*) realizó un estudio morfométrico de todas las especies de Sulidae donde reporta las medidas de todos los huesos que guardan relación lineal con la medida de la región distal del húmero. Sin embargo, terminó sugiriendo la imposibilidad de diferenciar especies por dimensiones en los huesos, debido a la gran superposición que existe en los rangos de medidas máxima y mínima, entre las especies.

La morfometría sólo permitiría proponer especies nuevas si las dimensiones del espécimen en estudio son significativamente diferentes entre el total de especies descritas. Y para los casos donde existe superposición de dimensiones con especies ya descritas, la morfometría podría usarse para agrupar el total del material de una zona, en un número mínimo de especies, considerando rangos de dimensiones consecutivos sin superposición. Pero, incluso en este caso, «*si se encuentra un espécimen que es más grande o más pequeño que los extremos existentes, la composición de los grupos puede alterarse*» Warheit (*op.cit.*:353).

Esto confirma la dificultad que existe para establecer una especie paleontológica con aves (más aún con huesos aislados) ya que tanto la morfología como la morfometría tienen serias limitaciones.

En ese sentido, *Sula magna* sólo se diferencia de las demás especies por su tamaño, al menos 20% mayor que *S. tasmani*, la especie más grande del género hasta hoy descrita. Morfológicamente es similar a todas, excepto *S. sula* en el húmero. Esta característica que define a la nueva especie es válida, debido a que (como se explicó líneas arriba) las dimensiones de *S. magna* se encuentran por encima de todas las especies descritas y el grado de diferenciación es suficientemente mayor para considerarla distinta.

Sobre este último punto, se recurrió a la metodología de Warheit (*op.cit.*), quien establece una fórmula para calcular el tamaño máximo y mínimo que puede tener una especie para una medida lineal específica (medida singular o promedio +/- 1.96 x Desviación estándar). Con esta fórmula y asumiendo el valor de la desviación estándar en 0.7 para el ancho de la región distal del húmero (según verifica este autor es siempre constante para todas las especies de la familia) se calculó que no podía haber superposición dimensional entre *S. magna* y *S. tasmani* (ver explicación de Warheit *op.cit.*:349-350)

Sula magna es la especie más grande descrita para el género. Es comparable con *M. magnus* Howard 1978 y a nivel del húmero con *M. stocktoni* (Miller 1935) y *M. lompocanus* (Miller 1925), las tres del Mioceno tardío de California (EU) y contemporáneas a la especie peruana. A nivel morfológico, *S. magna* presenta caracteres muy similares a las especies del género; sin embargo, se puede resaltar la forma muy robusta de su esternón. En vista lateral (figura 8), se puede apreciar la gran superficie que posee *S. magna* a nivel de su carina sterni, así como también, el mayor tamaño de su apex carinae, en comparación con los especímenes de *Sula* sp. indet. de la Formación Pisco y con las especies actuales (ver figura 3 de van Tets *et al.* 1988). Este mayor tamaño es explicable debido a las grandes dimensiones de los elementos del ala, en especial del húmero, que necesitaron de músculos pectorales muy desarrollados y potentes para poder realizar el vuelo activo (aleteo). No se observó ninguna diferencia a nivel del rostrum sterni ni en otras estructuras del esternón.

***Sula sulita* sp. nov.**
(figuras 6 y 7)

Holotipo:

Coracoides derecho sin región esternal (MUSM 221).

Medidas:

Longitud: 45.7 mm; ancho del proceso acrocoracoideo (cabeza): 9.9 mm.

Procedencia:

Nivel Montemar, Formación Pisco. Colectado por M. Urbina en 2000.

Etimología:

Sulita, diminutivo en castellano de *Sula*, nombre del género; debido a su pequeño tamaño.

Paratipo:

Región distal de húmero derecho (MUSM 222).

Medidas:

Ancho distal: 15.8 mm.

Procedencia:

Nivel Montemar, Formación Pisco. Colectado por M. Urbina en 1998.

Material de comparación:

El mismo utilizado para la especie anterior.

Diagnosis:

S. sulita es la especie más pequeña del género, entre el 10 y 15% menor que la especie actual *S. sula*, para el coracoides y húmero, y de tamaño similar a *Morus willetti* (Miller 1925), *M. avitus* (Wetmore 1938).

Observaciones:

El holotipo de *S. sulita* MUSM 221 es comparable en sus dimensiones con *M. willetti* del Mioceno tardío de California (EU); siendo ligeramente menor que *S. sula*, especie actual. Por su parte, el paratipo MUSM 222, es mucho menor que las especies actuales y fósiles del género, comparable sólo con *Morus avitus* del Mioceno medio de Maryland (EU) (ver tabla 3).

Ambos elementos se asumen con-específicos debido a su reducido tamaño y teniendo en cuenta que no

hay necesariamente una relación lineal entre la medida del ancho de la región distal del húmero y la longitud del coracoides, como se puede apreciar en los casos de *S. sula* y *S. leucogaster* (ver tabla 3).

Morfológicamente no se encontró diferencia alguna con las demás especies del género.

***Sula* sp. indet.**
(figuras 2, 6, 7 y 8)

Material (entre paréntesis se cita la procedencia según el nivel o localidad de la Formación Pisco):

Húmeros: completo derecho: MUSM 272 (MTM), MUSM 385 (AGL); completo izquierdo: MUSM 231, MUSM 388 (AGL), MUSM 271 (MTM); región proximal derecha: MUSM 274 (MTM), MUSM 386 (AGL); región proximal izquierda: MUSM 232 (AGL); región distal derecha: MUSM 282, MUSM 285, MUSM 281, MUSM 293, MUSM 273 (MTM), MUSM 233 (AGL); región distal izquierda: MUSM 276, MUSM 280, MUSM 287, MUSM 284, MUSM 278, MUSM 289, MUSM 286, MUSM 288, MUSM 291 (MTM), MUSM 234, MUSM 247, MUSM 287, MUSM 235 (AGL).
Ulnas: completo derecho: MUSM 211 (MTM); completo izquierdo: MUSM 179, MUSM 214, MUSM 215, MUSM 212 (MTM); región proximal derecha: MUSM 238, MUSM 239, MUSM 240 (AGL); región distal derecha: MUSM 241, MUSM 242 (AGL).

Carpometacarpo: completo derecho: MUSM 192, MUSM 181, MUSM 294, MUSM 295 (MTM); completo izquierdo: MUSM 194, MUSM 297, MUSM 366 (MTM); región proximal derecha: MUSM 243 (AGL), MUSM 371 (MTM), MUSM 396 (YAU).

Coracoides: completo derecho: MUSM 189, MUSM 302, MUSM 367, MUSM 186, MUSM 368 (MTM), MUSM 259 (SAS); completo izquierdo: MUSM 419, MUSM 305, MUSM 304, MUSM 303, MUSM 188, MUSM 369 (MTM); región distal derecha: MUSM 236 (AGL), MUSM 344 (ELJ); región distal izquierda: MUSM 372 (MTM), MUSM 237 (AGL); región esternal derecha: MUSM 373 (MTM), MUSM 398 (YAU).

Tarsometatarso: completo derecho: MUSM 201, MUSM 301 (MTM); completo izquierdo: MUSM 252 (AGL), MUSM 200, MUSM 199 (MTM); región distal izquierda: MUSM 422 (MTM).

Cráneos: completo: MUSM 229 (AGL); fragmentarios: MUSM 261 (SAS), MUSM 421, MUSM 202 (MTM).

Asociados (Todos de MTM): húmero, ulna, coracoides fragmentarios izquierdos (MUSM 381); húmero, ulna, carpometacarpo, coracoides, escápula, radio izquierdos, esternón y fúrcula fragmentarios (MUSM 383); ambos coracoides, esternón, escápula y fúrcula (MUSM 177); húmero, ulna, coracoides izquierdos, esternón fragmentarios (MUSM 384); ambos húmeros, ulnas, coracoides y ulna derecha fragmentaria (MUSM 178); húmero, ulna, coracoides, carpometacarpo, escápula izquierdos (MUSM 180); ambos húmeros (MUSM 382); ambos coracoides y esternón (MUSM 330); ambos fémures (MUSM 196).

Todo el material ha sido colectado por Mario Urbina y el autor entre 1995 y 2000.

Observaciones:

La diferencia de dimensiones que existe entre los especimenes más grandes y menores de *Sula* sp. indet. sugiere, la presencia de al menos dos especies en este grupo. Los elementos mayores son de iguales y mayores dimensiones que *S. tasmani*, y los menores, similares a las especies actuales *M. bassanus* y *S. dactylatra* (ver tabla 3).

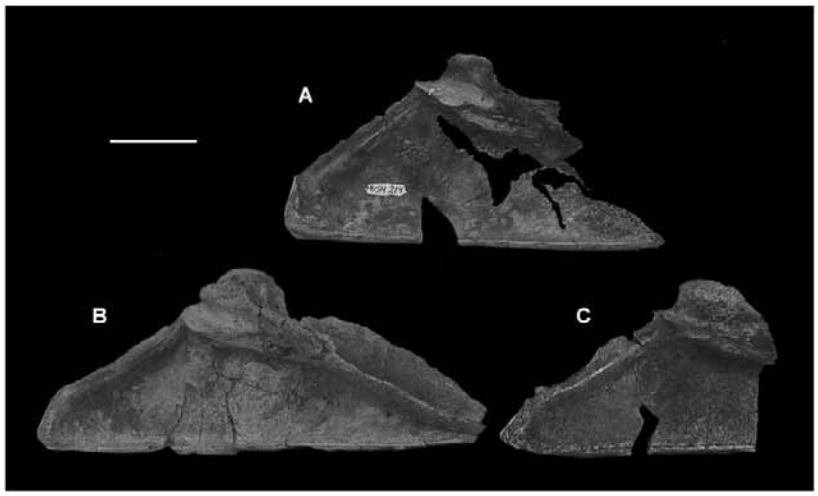

Fig. 8: Esternón de Sula spp. (A) Sula nagna MUSM 219; (B) Sula sp. indet MUSM 384 ; (C) ***Sula sp.*** *indet. MUSM 177. La escala indica 20 mm.*

No es posible identificar una especie para ellos puesto que existe superposición de dimensiones con especies establecidas y no hay estructuras morfológicas que los caracterice (ver figuras 2, 6, 7 y 8).

Comentarios adicionales sobre algunas especies paleontológicas del género *Sula*.

Sobre la base del estudio de la morfología ósea de las especies actuales de Sulidae se puede realizar una revisión de algunas especies paleontológicas descritas hasta el momento para el género *Sula*.

Sula guano, *S. phosphata* y *S. clarki* están establecidas sobre la base de coracoides fragmentarios y erosionados. Las dos primeras especies citadas fueron fundadas por Pierce Brodkorb en 1955 y provienen del mismo yacimiento en la Formación Bone Valley (California). Para establecerlas, el autor utilizó criterios morfométricos y morfológicos. Realizó comparaciones con especies actuales del género (*S. sula*, *S. nebouxii*, *S. leucogaster* y *S. dactylatra*) y paleontológicas (*S. ronzoni*, *E. arvernensis*, *M. pygmaea* y *M. avitus*) en función a las siguientes consideraciones:

Para *S. guano*: Longitud, ancho de la cabeza, ancho al nivel de la faceta escapular, ancho de la diáfisis, distancia entre la cabeza y el procoracoides, tamaño de las facetas esternales y posición de la línea muscular. Asimismo, refiere un material adicional compuesto de dos ulnas fragmentarias, las que diferencia por la presencia de un gran foramen en la depresión humeral; y la porción distal de un tibiotarso (Brodkorb 1955:9-10).

Para *S. phosphata* utilizó las siguientes estructuras y caracteres: ubicación del procoracoides en la diáfisis, ancho de la diáfisis, ancho al nivel de la faceta escapular, tamaño y forma de las facetas esternales y posición de la línea intermuscular (Brodkorb 1955:11).

Por su parte, *S. clarki* fue fundada por R. Chandler en 1990 para los yacimientos de la Formación San Diego en California. Su diagnosis es como sigue: «*Difiere de todas las especies conocidas de Sula por tener la tuberosidad braquial menos sobresaliente sobre el canal triosseal*» (Chandler 1990:122). Además, hace referencia a material adicional, como son una diáfisis de húmero y la porción anterior de un esternón, a los que sólo describe a nivel genérico.

Del estudio morfológico realizado en las especies actuales, para el caso del coracoides, se puede concluir en las siguientes consideraciones (entre paréntesis las especies actuales donde se encuentran los distintos estadios de cada caracter):

- El tamaño del proceso procoracoides es muy variable, incluso puede estar unido a la tuberosidad brachial, con sucede en los especímenes de *Sula variegata* sv16 y sv5 (ver figura 7B)
- La profundidad y forma de la impresión m. sternocoracoidei y del proceso lateralis es ligeramente variable. Lo mismo sucede en las líneas musculares en la cara externa (sv16 y sv1).
- La profundidad del sulcus supracoracoidei, en función al tamaño de las facies artic. clavicularis, así como el número y forma de sus forámenes varía considerablemente (sv3 y sv1).
- Las dimensiones de las facies articularis sternalis no guardan necesariamente relación entre sí. En *S. nebouxii* sn5 la f.a.s. interna es más corta que sn11, pero la f.a.s. externa más larga.
- No existe relación entre el tamaño de la facies articularis humeralis, cotyla scapularis y facies artic. sternalis (sv1, sv2, sv3).
- La relación entre el alto y ancho del proceso acrocoracoideo es variable, pudiendo ser mayor en algunos el alto y en otros el ancho(sv2 y sv4).

Como se explica, el coracoides presenta un alto grado de variación intraespecífica y justamente los caracteres que citan tanto Brodkorb como Chandler no tienen valor diagnóstico.

Warheit & Becker (en Warheit 2002) sugieren que *S. phosphata* y *S. guano* deberían ser consideradas conespecíficas, sin embargo en base a lo expuesto, considero que estas especies paleontológicas junto con *S. clarki*, deberían ser consideradas *nomina nuda* y ser referidas sólo a nivel genérico.

Por otro lado, *S. universitatis* fue establecida sobre la base de un pequeño fragmento erosionado de carpometacarpo procedente de la Formación Hawthorne en Florida, por P. Brodkorb en 1963. Su diagnosis se desarrolla sobre la base de los siguientes argumentos: longitud, presencia y cantidad de forámenes, posición y forma de los surcos tendinales y marcas musculares (Brodkord 1963:162).

Como sucede en el caso del coracoides, el carpometacarpo también presenta un alto grado de variación intraespecífica. La cantidad y forma de los forámenes es muy variable de un espécimen a otro, dentro de una misma especie (sv4,13,18, sn7,19). La ilustración del holotipo (Brodkorb 1963:160) muestra claramente el material muy deteriorado y lleno de forámenes producto de la erosión.

En este caso los caracteres que cita Brodkorb tampoco tienen valor diagnóstico, incluso a nivel genérico, por lo que se apoya la propuesta de Warheit & Becker (en Warheit 2002) de considerar esta especie paleontológica como *incertae sedis*, debiendo citarse sólo a nivel de familia.

Género: *Morus* Vieillot, 1816
***Morus peruvianus* sp. nov.**
(figura 9)

Holotipo:

Ulna, radio, carpometacarpo y falange 1 del dígito 2; completos, correspondientes al lado izquierdo (MUSM 176).

Procedencia:

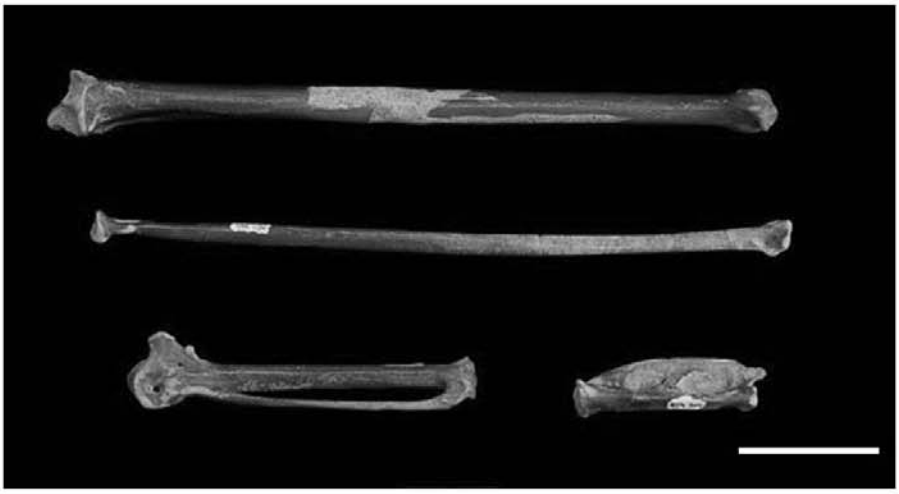

Fig. 9: Morus peruvianus sp. nov. MUSM 176. La escala indica 20 mm.

Nivel Montemar, Formación Pisco. Colectado por M. Urbina en 1993.

Etimología:

Peruvianus, debido al país de procedencia.

Medidas:

Ulna: (1) ancho proximal intercotilar 14.8 mm; (2) ancho proximal cótilos - olecranon 13.8 mm; (3) longitud total 165 mm; y (4) ancho distal intercondilar 9.1 mm;

Carpometacarpo: (1) ancho de la tróclea 8.8 mm; (2) longitud total 76.8 mm; (3) ancho proximal 9.9 mm.

Falange 1 del dígito 2: longitud máxima: 43.7 mm.

Diagnosis:

Morus peruvianus es una especie de tamaño mediano, similar en dimensiones a *M. media* (Miller 1925) pero diferenciándose de ésta en las proporciones entre su carpometacarpo y ulna.

Observaciones:

Las especies paleontológicas del género *Morus* descritas hasta el momento corresponden desde el Mioceno temprano al Pleistoceno de las costas de Estados Unidos (Atlántica y Pacífica) y de Rumania (ver tabla 1). En la actualidad se encuentran distribuídos en el Atlántico norte (Norteamérica y Europa), Sudáfrica y Oceanía.

Morus peruvianus de la Formación Pisco, es un ave de tamaño mediano, con dimensiones similares a *M. media* del Mioceno tardío de California (EU) y ligeramente mayores a *M. olsoni* Grigorescu & Kessler 1988, del Mioceno medio de Rumania (ver tabla 3).

M. peruvianus se diferencia de la especie norteamericana por tener los huesos del ala de diferentes proporciones. La ulna de *M. peruvianus* tiene una longitud de 165 mm y el carpometacarpo de 76 mm. Por su parte, la ulna de *M. media* tiene una longitud de 140 mm y su carpometacarpo de 81 mm (Miller 1925). Como se puede ver, la especie peruana tenía la ulna más larga, pero el carpometacarpo más corto.

El carpometacarpo y la ulna son los huesos que sostienen las plumas primarias y secundarias respectivamente. Las plumas primarias tienen la función principal de propulsión y empuje en el vuelo activo (Proctor & Lynch 1993), mientras que las plumas secundarias retienen el aire durante el vuelo facilitando la elevación y ayudando al sostén del ave en el aire (1).

En *M. peruvianus*, la ulna grande (en comparación con *M. media*) le debió haber brindado una mayor capacidad de planeo, considerando la mayor superficie de inserción de las plumas secundarias. Pero, manteniendo siempre una elevada capacidad de aleleto, empuje y maniobrabilidad, ya que no se observó diferencias en las marcas de los músculos extensores, depresores y flexores de los dígitos (según Owre 1967:32) en este hueso, comparado a las especies actuales de *Sula*.

Por otro lado, no se encontró diferencias significativas entre *M. peruvianus* y *M. olsoni*, a excepción la presencia de un foramen pneumático muy grande entre el proceso pisiformis y el proceso extensorius en la primera (ver figura 9), apenas visible en *M. olsoni* (Grigorescu & Kessler 1988:93). La mayor pneumaticidad podría haberle sido útil a la especie peruana para la citada mayor capacidad de planeo.

Cabe resaltar que si bien la mayor parte de los caracteres citados como diagnósticos para *M. olsoni* se encuentran en *M. peruvianus*, también se encuentran en los especímenes revisados de *Sula* spp., por lo que se sugiere la revisión de esta especie (Grigorescu & Kessler *op.cit.*:94). Estos son:

(1) La facies articularis ulnocarpalis y f.a.radiocarpalis están situadas al mismo nivel.
(2) El proceso pisiformis es prominente con un borde triangular y no se eleva perpendicularmente sobre la fossa intratrochlearis (depressio muscularis internus)
(3) El proceso intermetacarpalis es ligeramente prominente en la base del spatium intermetacarpalis.
(4) Corpus metacarpi II de forma triangular en corte transversal.
(5) El sulcus tendineus se origina a partir de la tercera

Fig. 10: Familia de Camanayes, Sula nebouxii. Isla Lobos de Afuera. Foto: Judith Figueroa, 2000.

parte distal del metacarpo II, volviéndose profundo sólo en su región distal.

(6) Los carpales III (II) y IV (III) tienen su borde superior curvo angularmente.

M. peruvianus, así como *Morus* sp. del Mio-Plioceno de Bahía Inglesa en Chile (Walsh *com. pers.* 2002) constituyen los únicos especímenes reconocidos para dicho género en América de Sur y en el ámbito paleontológico para todo el hemisferio sur; sugiriendo este continente y finales del Mioceno como la ruta y el periodo de llegada del género a este hemisferio, en el que se establecería en la actualidad en Oceanía y Sudáfrica.

Discusión

El presente estudio reporta al menos 5 formas de piqueros para el Mioceno-Plioceno de la Formación Pisco: una especie muy grande: *S. magna*; una muy pequeña: *S. sulita* (en ambos casos los extremos en dimensiones para la familia); una mediana afín morfológicamente a *S. variegata*; una especie mediana del género *Morus: M. peruvianus* y material del género *Sula* pero específicamente indeterminado, de tamaño grande (similar a *M. bassanus* y *S. tasmani*).

Estas especies y formas de piqueros han sido encontrados en los distintos niveles de la Formación Pisco, siendo los más exitosos en el tiempo los grupos nominados como *Sula* sp. indet. (probablemente dos especies) puesto que sus restos se encuentran desde el nivel El Jahuay (9-9.5 Ma) hasta Yauca (2 Ma). Por su parte, *S. magna* se presenta desde el nivel Aguada de Lomas (7-8.8 Ma) hasta Yauca. La forma *S.* aff. *variegata* se encontró desde Lomas (9-10 Ma) hasta Montemar (4.5-6 Ma). Y las especies más restringidas temporalmente fueron *S. sulita* y *M. peruvianus*, ya que sólo se han encontrado en el nivel Montemar.

Este comparación temporal y la proporción de material encontrado de esta familia, sugiere que hubo un amplio dominio de los piqueros de gran tamaño durante todo el desarrollo de los ecosistemas de la Formación Pisco. Nótese que existe territorialidad entre especies del género *Sula*, aunque muy limitada, pero con dominancia de las especies más grandes (Nelson 1978).

Estas características del ecosistema costero se mantuvieron a lo largo de 8 millones de años y finalizaron hace cerca de 2 Ma atrás, siendo reemplazados posteriormente por las especies actuales, que aparecieron posteriormente (Friesen & Anderson 1997).

Avifauna asociada

Todas estas especies y formas de piqueros compartían el ecosistema de la Formación Pisco con aves de distintas familias:

Spheniscidae (pingüinos): Dos especies nuevas de pingüinos, *Spheniscus urbinai* Stucchi 2002b y *S. megaramphus* Stucchi *et al.* (*en prensa*), ambos de gran tamaño (casi un 30% mayor que las especies actuales del mismo género) y que están registrados desde el nivel Aguada de Lomas hasta el nivel Sacaco Sur (5 Ma). Asimismo, existe evidencia de otras formas de pingüinos de menor tamaño, algunos muy similares al actual pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti*, desde el nivel Cerro La Bruja (12-14 Ma).

Phalacrocoracidae (cormoranes): Cheneval (1993) reporta material de esta familia de dimensiones similares al Cushuri *Phalacrocorax olivaceus*. Asimismo, se conocen restos de al menos dos formas adicionales para esta familia; una de tamaño grande, muy similar al Guanay *Phalacrocorax bougainvillii* que actualmente habita las costas peruanas, procedente del nivel Sacaco Sur y la otra de tamaño pequeño, presente en varios niveles desde Aguada de Lomas hasta la zona de Yauca.

Pelagornithidae: Muizon & DeVries (1985) reportan esta familia para los niveles El Jahuay y Sacaco Sur. Cheneval (1993) presenta un húmero y un metacarpo que atribuye al género *Pelagornis*, para los mismos niveles que reportan Muizon & DeVries (*op.cit.*). Chávez & Stucchi (2002) hacen referencia a esta familia con el género *Pelagornis* cf. *P. miocaenus* de los niveles Sacaco y Lomas; y restos de un maxilar asociado con una vértebra atlas indeterminados, del nivel Montemar.

Vulturidae (cóndores):Stucchi (2002a) reporta la presencia de esta familia para el nivel Montemar, con restos muy escasos pertenecientes a una especie indeterminada de proporciones similares a un Cóndor Andino *Vultur gryphus* actual.

Laridae (gaviotas): Muizon (1981) reporta la presencia del género *Larus*, procedente del nivel Sacaco Sur.

Scolopacidae (playeros): Muizon & DeVries (1985) reportan Tringinae indet. para el nivel Montemar.

Procellariidae (pardelas): Cheneval (1993) reporta la presencia del género *Fulmarus* en los niveles Sacaco Sur y Sacaco (3-3.9 Ma), mientras que para la misma familia, Stucchi & Mattos (*en preparación*) reportan el género *Puffinus*, para los niveles El Jahuay, Aguada de Lomas, Montemar y Sacaco.

Diomedeidae (albatros): Dos posibles especies pero provenientes sólo del nivel Montemar (Stucchi & Mattos *op.cit.*).

Esta avifauna es la que ha sido reportada para la Formación Pisco hasta el momento, sin embargo, los cada vez más frecuentes y extensos trabajos de campo en las localidades mencionadas, indican que esta lista será ampliada en un futuro cercano.

Paleoecología

En base a lo explicado líneas arriba, resulta evidente que existe una continuidad entre los grupos de aves presentes en la actualidad en las costas del Perú y los que existieron desde el Mioceno tardío (ver Parker *et al.* 1982). Casi todas las familias citadas a nivel paleontológico se encuentran en el presente, a excepción de los Pelagornithidae, que posiblemente fueran reemplazados por los Pelecanidae (Cheneval 1993:90, refiere un parecido morfológico entre ambos grupos). Hay evidencia de pelícanos en la zona más alta (reciente) de Yauca (Urbina *com. pers.* 2002).

Warheit (2002) hace un paralelo interesante entre las costas de California (EU), Sudáfrica y Perú, y sus ecosistemas, que según manifiesta datan desde el Mioceno. Dentro de esta comparación menciona las especies y tipos de aves que vivieron y viven en cada uno de ellos, encontrándose una gran coincidencia entre las tres áreas.

En el Mioceno y Plioceno de California (contemporáneo a la Formación Pisco) podemos encontrar equivalentes a las especies peruanas de la familia Sulidae, con la particularidad que el género predominante en el hemisferio norte es *Morus* y en el sur es *Sula* (también en el caso de Sudáfrica, ver Olson 1983:400).

Sula magna se extiende temporalmente entre el Mioceno y Plioceno tardíos de la costa sur del Perú. Basándose en las dimensiones corporales sus equivalentes en California debieron ser principalmente *M. magnus* y *M. stocktoni*, aunque estas especies sólo están reportadas para el Mioceno tardío.

M. peruvianus y *Sula* aff. *variegata* tendrían equivalentes en *Morus media* y *Sula pohli* respectivamente. *S. sulita* en *M. willetti;* y finalmente, *Sula* sp. indet. con *M. recentior* y *Morus* sp. de Baja California (Howard 1971) (ver tablas 1 y 3).

Finalmente, sobre su distribución geográfica, es posible que los piqueros de la Formación Pisco hayan llegado hasta el actual Chile, como ya lo sugieren Walsh & Hume (2001) para la Formación Bahía Inglesa.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a los Srs. Ana María y Santiago E. Stucchi; Mario Urbina, Judith Figueroa, Edith Suazo, Esmeralda Flores, Martin Ostrowicki, Luis Coloma (Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador), Mauricio Vargas (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales), Miguel Lentino (Colección Ornitológica Phelps, Caracas), Karen Moreno, Paul Velazco, Rodolfo Salas, Oscar González, Thomas DeVries, Carlos Zavalaga, François Pujos, Eugen Kessler, Martín Chávez, Jean Mattos, Claudia Tambussi (Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata), Alvaro Mones (Museo de Historia Natural de Montevideo), Storrs Olson (Smithsonian Institute), Lucía Luna, Falco Rivera, Dan Omura y Susana Rosales, por su valiosa ayuda en la realización del presente trabajo.

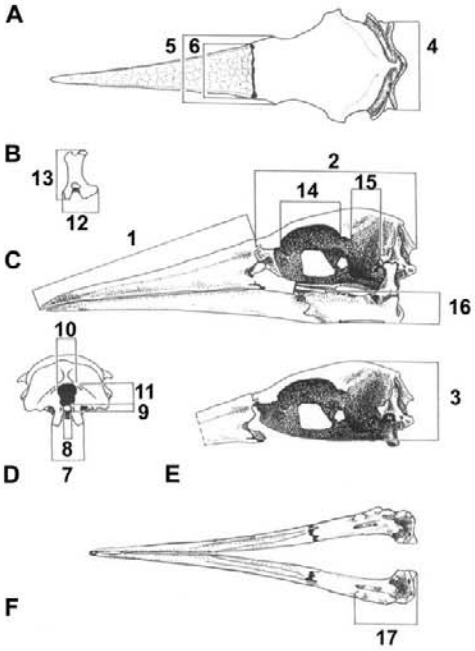

Fig. 11: Medidas del cráneo de Sula spp. A: vista dorsal; B: cuadrado, vista occipital; C y E: vista lateral; D: vista occipital; F: mandíbula, vista dorsal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMEL J. & WITMER L. (1993).- Osteología. *En*: Nómina Anatómica Avium. An annotated anatomical dictionary of birds. BAUMEL, J.J.; KING, A.S.; LUCAS, A.M.; BREAZILE, J.E. & EVANS, H.E. (eds). *Academic Press, London* pp 45-132.

BOURNE W.R.P. (1976).- On subfossil bones of Abbott´s booby *Sula abbotti* from the Mascarene Islands, with a note on the proportions and distribution of the Sulidae *Ibis 118:119-123*

BRODKORD P. (1955).- The avifauna of the Bone Valley Formation. *Florida Geological Survey. Report of Investigations N°14*

BRODKORB P. (1963).- Miocene Birds from Hawthorne Formation. *Quaterly Journal of the Florida academy of Sciences. Vol. 26 N° 2*

COPE E. (1871).- Synopsis of the extinct Batrachia, Reptilia and Aves of North America. *Transactions of the American Philosophical Society. Vol XIV. 1 pp. 236-237*

CHANDLER R.M. (1990).- Fossil Birds of the San Diego Formation, Late Pliocene, Blancan, San Diego County, California. Part II. En: *Recent Advances in the study of Neogene Fossil Birds. Ornithological Monographs N° 44: 75-161*

CHÁVEZ M. & STUCCHI M. (2002).- El registro de Pelagornithidae (Aves : Pelecaniformes) en el Pacífico sudeste. *1º Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados. Santiago de Chile.*

CHENEVAL J. (1993).- L´Avifaune Mio-Pliocène de la Formation Pisco (Pérou). Étude Préliminaire. *Doc. Lab. Géol. Lyon. Nº 125: 85-95*

FRIESEN V.L. & ANDERSON D.J. (1997).- Phylogeny and Evolution of the Sulidae (Aves:Pelecaniformes): A test of alternative Modes of Speciation. *Molecular Phylogenetics and Evolution Vol 7, N° 2 p 252-260*

GRIGORESCU D. & KESSLER E. (1977).- The Middle Sarmatian Avian Fauna of South Dobrogea. *Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie. Tome 21. Editura Academiei Republicii Socialiste Romania*

GRIGORESCU D. & KESSLER E. (1988).- New Contributions to the knowledge of the Sarmatian Birds from South Dobrogea in the frame of the eastern Paratethyan Avifauna. *Revue Roumaine de Geologie Geophysique et Geographie. Tome 32. Pp 91 - 97. Bucaresti*

HOWARD H. (1936).- A New Fossil Bird Locality near Playa Del Rey, California, with description of a New Species of Sulid. *The Condor 38: 211-214*

HOWARD H. (1958).- Miocene Sulidas of Southern California. *Contributions in Science N° 25. Los Angeles County Museum*

HOWARD H. (1971).- Pliocene Avian remains from Baja California. *Contributions in Science Nº 217: 1-17 Natural History Museum of Los Angeles County,*

HOWARD H. (1978).- Miocene Marine birds from Orange County, California. *Contributions in Science N°290. Los Angeles County Museum*

HOWARD H. (1980).- Ilustrations of avian osteology taken from "The avifauna of Emeryville Shellmound". *Los Angeles Co.Mus.Contributions in Science N° 330*

MAROCCO R. & MUIZON C. DE (1988).- Los vertebrados del Neógeno de la Costa Sur del Perú: Ambiente Sedimentario y Condiciones de Fosilización. *Bull. Inst. Fr. Et. and. XVII, N°2, pp 105-117*

MILLER L. (1925).- Avian remains from the Miocene of Lompoc, California. *Carnagie Inst. Washington, Publ. N° 349:107-117*

MILLER L. & BOWMAN R.L. (1958).- Further bird remains from the San Diego Pliocene. *Contributions in Science N°20*

MUIZON C. DE (1981).- Les Vertebres fossiles de la Formation Pisco (Pérou). Premiére Partie: deux nouveaux Monachinae (Phocidae: Mammalia) du Pliocene Inferior de Sud-Sacaco. *Trav. Inst. Fr. Et. Andines, 22, pp. 1-160. En: Recherches sur les grandes Civilisations, Mém. 6. ADPF. Ed., Paris*

MUIZON C. DE & DEVRIES T. (1985).- Geology and paleontology of late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru).*Geolische Rundschau 74/3: 547-563. Stuttgart*

NELSON J. B. (1978).- The Sulidae. *Oxford University Press, Oxford 1012 pp.*

OLSON S. (1983).- Fossil Seabirds and changing marine enviroments in the late Tertiary of South Africa *South African Journal of Science Vol. 79*

OLSON S. & RASMUSSEN P. (2001).- Miocene and Pliocene birds from the Lee Creek Mine, North Carolina. 233-365 in Ray, C. E. & Bohaska, D. J., (eds.) 2001: Geology and paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina, III. *Smithsonian Contributions to Paleobiology: Nr. 90, iii-365*

OLSON S & WARHEIT K. (1988).- A new genus for *Sula abbotti. Bull. Brit. Orn. Cl. 108(1) 9-12*

OWRE O. (1967).- Adaptations for locomotion and feeding in the Anhinga and Cormorant. *Ornithological Monographs N°6: 1-138*

PARKER T., PARKER S.A. & PLENGE M. (1982).- An annotated cheklist of peruvian birds. *Buteo books 105 pp.*

PROCTOR N.S. & LYNCH P.J. (1993).- Manual of Ornithology - Avian structure an function. *Yale University Press, 345 pp*

SHUFELDT R. W. (1915).- Fossil birds in the Marsh Collection of Yale University. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences, 19:1-110. 15 plates.*

STUCCHI M. (2002a).- Presencia de Vulturidae (Aves:

Ciconiiformes) en el Mioceno superior de la Formación Pisco, Perú. *1° Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados. Santiago de Chile.*

STUCCHI M. (2002b).- Una nueva especie de *Spheniscus* (Aves: Spheniscidae) de la Formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Vol. 94 pp 19-26 (Lima)*

STUCCHI M., SALAS R. & URBINA M. (2002).- Presencia de un piquero del género *Morus* (Aves: Sulidae) para el Mio-Plioceno de la Formación Pisco, Perú. *XI Congreso Peruano de Geología. Lima.*

STUCCHI M., URBINA M. & GIRALDO A. (en prensa).Una nueva especie de Spheniscidae del Mioceno tardío de la Formación Pisco, Perú. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos (Lima)*

STUCCHI M. & DEVRIES T. (en revisión). El registro más antiguo de Sulidae (Aves) en el Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*

STUCCHI M. & MATTOS J. (en preparación). Los Procellariiformes de la formación Pisco, Perú.

TETS VAN G., MEREDITH C., FULLAGAR P. & DAVIDSON P. (1988).- Osteological differences between *Sula* and *Morus*, and a description of a extinct new species of *Sula* from Lord Howe and Norfolk Islands, Tasman Sea. *Notornis 35: 35-57*

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. (1992).- The Role of morphometrics and cladistics in the taxonomy of fossils: a paleornothological example. *Syst. Biol. 41(3): 345-369*

WARHEIT K. (2002).- The seabird fossil record and the role of paleontology in understanding seabird community structure. En: *Biology of Marine Birds. E.A. Schereiber & J. Burger Eds. CRC Marine Biology Series. CRC Press LLC. Pp17-56*

WETMORE A. (1926).- Observations on fossil birds described from Miocene of Maryland. *Auk, 43(4):462-468.*

WETMORE A. (1930).- Fossil Birds remains from the Temblor Formation near Bakerfield, California. *Proceedings of the California Academy of Sciences 4°series 19(8): 85-93*

WETMORE A. (1938).- A Miocene Booby and other records from the Calvert Formation of Maryland. *Proceedings of the United States National Museum. Vol. 85 N° 3030 : 21-25*

ZUSI R. (1975).- An interpretation of skull structure in penguins. En: *The Biology of Penguins. Edit. B.Stonehouse, pp. 59-84. Macmillan, London.*