

# PATRÓN DE CIERRE SUTURAL Y SUS VARIACIONES EN EL CRÁNEO DEL LOBO MARINO DE DOS PELOS *Arctocephalus australis* (ZIMMERMANN, 1783)

PABLO DENUNCIO,<sup>1,2</sup> MARÍA AGUSTINA MANDIOLA,<sup>1,2</sup>  
RICARDO BASTIDA<sup>1,2</sup> y DIEGO RODRÍGUEZ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (CONICET), Mar del Plata, Argentina. Email: pdenunci@mdp.edu.ar

## RESUMEN

A partir del análisis de 73 cráneos de *Arctocephalus australis* se determinó el patrón y orden de cierre de 12 suturas craneanas utilizando cuatro estadios de cierre sutural (1: sutura abierta, 2: sutura menos del 50 % cerrada, 3: sutura más del 50 % cerrada y 4: sutura cerrada). Las suturas presentaron patrones de cierre diferentes según la región del cráneo considerada. Las suturas del neurocráneo (*Región Neural*) son las primeras en mostrar un cierre parcial caracterizado por un único patrón de cierre, proporcional al incremento en el largo del cráneo, y alcanzan el cierre completo en una etapa temprana del desarrollo. Las suturas de la *Región Rostral* (rostro y paladar) comienzan su maduración en forma tardía, con una gran variación en las diferentes etapas de desarrollo del cráneo, y presentan tres patrones principales de cierre. El avance de cierre de las suturas de *A. australis*, responde a un patrón postero–anterior y dorso–basal. Pese al conocido dimorfismo sexual en los pinnípedos, no se observaron diferencias en el patrón y orden de cierre de las suturas estudiadas en machos y hembras. Algunas de las suturas estudiadas pueden ser consideradas como claras indicadoras del estadio de desarrollo de la especie, como el caso de las suturas *basioccipital–basisfenoides* y la *basisfenoides–presfenoides*, cuyos cierres completos definen claramente la madurez física del cráneo.

### Palabras clave:

Otariidae, *Arctocephalus australis*, madurez física.

# PATTERNS OF SUTURAL CLOSURE AND ITS VARIABILITY IN THE SKULL OF THE SOUTH AMERICAN FUR SEAL *Arctocephalus australis* (ZIMMERMANN, 1783).

**PABLO DENUNCIO,<sup>1,2</sup> MARÍA AGUSTINA MANDIOLA,<sup>1,2</sup>  
RICARDO BASTIDA<sup>1,2</sup> & DIEGO RODRÍGUEZ<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (CONICET), Mar del Plata, Argentina. Email: pdenunci@mdp.edu.ar

## ABSTRACT

Patterns of sutural closure and its variability in the skull of the South American fur seal *Arctocephalus australis* were studied based on the analysis of 73 *Arctocephalus australis* skulls. The order and pattern of 12 skull sutures closure were determined using a closure criteria degree: from 1 to 4 (1: open, 2: less than 50 % closed, 3: more than 50 % closed, 4: closed). The sutures showed differences in their closure patterns, according to the functional regions of the skull. Sutures of the braincase region were the first to show partial and total closure. The rostral region (e.g. sutures of the facial, rostral and palatal bones) was the last to close, although some of the sutures remained open. Based on the studied sutures, the closure advance of the skull has posterior–anterior and dorsal–basal direction. The sexual dimorphism in pinnipeds is widely studied based on craneometrical methods; however, the skull sutures do not show differences between males and females in the pattern and order of closure during the skull growth. The studied sutures could be considered of two types: informative and non–informative of the physical development in the species, being the *basioccipital–basisphenoid* and the *basisphenoid–presphenoid* the best sutures indicating the physical maturity of the skull.

### Key words:

Otariidae, *Arctocephalus australis*, physical maturity.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios anatómicos basados en cráneos de pinnípedos son numerosos. Casi todos ellos tienen en cuenta las relaciones morfométricas con la finalidad de poder discriminar tanto especies (King, 1954; Reppening *et al.*, 1971; Kerley & Robinson, 1987; Brunner, 2000; 2003; Brunner *et al.*, 2004; Daneri *et al.*, 2005), como poblaciones o *stocks* a partir de cráneos de ejemplares adultos (De Oliveira *et al.*, 1999; 2005; Drehmer & Ferigolo, 1997). En menor proporción, algunos de estos estudios estuvieron enfocados a la ontogenia de algunas especies de otáridos (Ximénez *et al.*, 1984; Batallés *et al.*, 1990; Molina–Schiller & Pinedo, 2004).

Pese a ello, la información disponible sobre las suturas craneanas y patrones de cierre en dichos trabajos es escasa o sólo se encuentran parcialmente abordados como objetivos merísticos secundarios. Sivertsen (1954) estudió el comportamiento de 9 suturas craneanas en las especies del género *Arctocephalus*, las que utilizó para establecer edades relativas de los individuos, basadas en el estado de cierre de cada una de ellas. Por su parte, Molina–Schiller & Pinedo (2004) estudiaron de manera parcial el patrón de cierre de 4 suturas craneanas de ejemplares de *Arctocephalus australis* hallados en el sur de Brasil, mientras que Brunner *et al.* (2004) establecieron el orden de cierre de las 9 suturas estudiadas anteriormente por Sivertsen (1954) en algunas especies de otáridos de los géneros *Arctocephalus* y *Callorhinus*.

El lobo marino de dos pelos sudamericano, *Arctocephalus australis*, es una de las dos especies de pinnípedos más frecuentes de las costas de Sudamérica. Se distribuye en el Atlántico desde el sur de Brasil, Islas Malvinas y hasta Tierra del Fuego, extendiéndose también por el Pacífico hasta el norte de Perú (Bastida *et al.*, 2007). La distribución de las loberías de esta especie no es continua; actualmente su máxima concentración reproductiva tiene lugar en islas costeras del Uruguay con un total de aproximadamente 250.000 ejemplares (Ponce de León, 2000; Bastida *et al.*, 2007), registrándose en las últimas décadas un franco aumento poblacional ( $\approx 3$  % anual; Lima & Páez, 1997). En la provincia de Buenos Aires no se observan asentamientos permanentes, sin embargo, debido a su gran dispersión pelágica es común la presencia estacional de ejemplares en el norte costero de Argentina (Bastida & Rodríguez, 2003), como los registrados en las localidades de Mar del Plata, Necochea y Bahía Blanca (Bastida & Rodríguez, 1994; Mandiola, com. pers.).

Al igual que el resto de los representantes de la familia Otariidae, *A. australis* es una especie poligínica con un marcado dimorfismo sexual. Los machos adultos pueden pesar hasta 140 kg y alcanzar una longitud cercana a los 2 m, mientras que las hembras no superan 1,40 m de largo y los 50 o 60 kg de peso (Bastida & Rodríguez, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el patrón y orden de cierre de 12 suturas craneanas del lobo marino de dos pelos, *Arctocephalus australis*, del norte costero de la Argentina a los efectos de determinar en qué medida cada una de ellas aporta información sobre el estado o grado de desarrollo del cráneo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó un total de 73 cráneos (24 hembras y 49 machos) de *Arctocephalus australis*, correspondientes a ejemplares en distintas etapas de desarrollo y provenientes de diversas localidades de la costa norte de Argentina desde Punta Rasa (36° 22' S, 56° 35' O) hasta Claromecó (38° 51' S, 60° 4' O).

La localidad de colecta y el número de catálogo de cada uno de los cráneos utilizados y discriminados por institución fueron: *Fundación Mundo Marino*: San Clemente del Tuyú (M13/97); Las Toninas (M21/97, M46/94); Valeria del Mar (M13/95); Cariló (M22/93); Villa Gesell (M01/98); Mar del Plata (M16/96). *Museo Municipal de Ciencias Naturales Lorenzo Scaglia*: Mar de Cobo (MMPMa 4014); Mar del Plata (MPPMa 4094, MMPMa s/n); Miramar (MPPMa 4098, MMPMa 4154); Necochea (MPPMa 4073); Claromecó (MPPMa 4080, MMPMa 4081, MMPMa 4084, MMPMa 4085, MMPMa 4143). *Universidad Nacional de Mar del Plata*: San Clemente del Tuyú (UNMdP 0028, UNMdP 0794, UNMdP 0908, UNMdP 2997, UNMdP 0003, UNMdP 3296); Nueva Atlantis (UNMdP 0498); Las Toninas (UNMdP 1797, UNMdP 2797); La Lucila (UNMdP 3495); Santa Teresita (UNMdP 4195); Pinamar (UNMdP 5195, UNMdP 4395, UNMdP 3998, UNMdP 3397, UNMdP 0497, UNMdP 0029, UNMdP 0023, UNMdP 0005); Cariló (UNMdP 0036, UNMdP 1095, UNMdP 2197); Villa Gesell (UNMdP 5294, UNMdP 3794, UNMdP 1997, UNMdP 1899, UNMdP 1197, UNMdP 0897, UNMdP 0799, UNMdP 0395, UNMdP 0195); Mar de Ajó (UNMdP 2194, UNMdP 1607); Santa Clara del Mar (UNMdP 0011, UNMdP 0012); Mar del Plata (UNMdP 0001, UNMdP 0002, UNMdP 0010, UNMdP 0016, UNMdP 0017, UNMdP 0018, UNMdP 0019, UNMdP 0021, UNMdP 0109, UNMdP 0710, UNMdP 0996, UNMdP 1078, UNMdP 1207, UNMdP 1209, UNMdP 1309, UNMdP 1509, UNMdP 1597, UNMdP 1909, UNMdP 4097, UNMdP4296).

Para cada uno de los ejemplares se determinó el grado de cierre de 12 suturas craneanas tanto a ojo desnudo como utilizando una lupa de aumento 3x, con luz fluorescente incorporada. De estas suturas, 9 fueron las definidas por Sivertsen (1954) para determinar la edad sutural en el género *Arctocephalus*: *occipito-parietal* (O-P); *escamoso-parietal* (SQ-P); *interparietal* (IP); *interfrontal* (IF); *coronal* (COR); *basioccipital-basisfenoides* (BO-BS); *intermaxilar* (IMX); *basisfenoides-presfenoides* (BS-PS) y *premaxilar-maxilar* (PMX-MX). En el presente trabajo se utilizaron estas 9 suturas mencionadas y se incorporaron 3 suturas más (*temporal-exoccipital*, T-EX; *exoccipital-parietal*, EX-P e *interpalatino*, IPAL) (Figura 1), las cuales, a excepción de la sutura *interpalatino*, estudiada por Simões-Lopes *et al.* (1995), no han sido contempladas en estudios previos.

El estado de cierre de las suturas se clasificó según el criterio adoptado por Sivertsen (1954), quien asignó valores para cada sutura basados en el estadio de oclusión de las mismas: 1) sutura abierta; 2) sutura menos del 50 % cerrada; 3) sutura más del 50 % cerrada y 4) sutura totalmente cerrada (Figura 2).

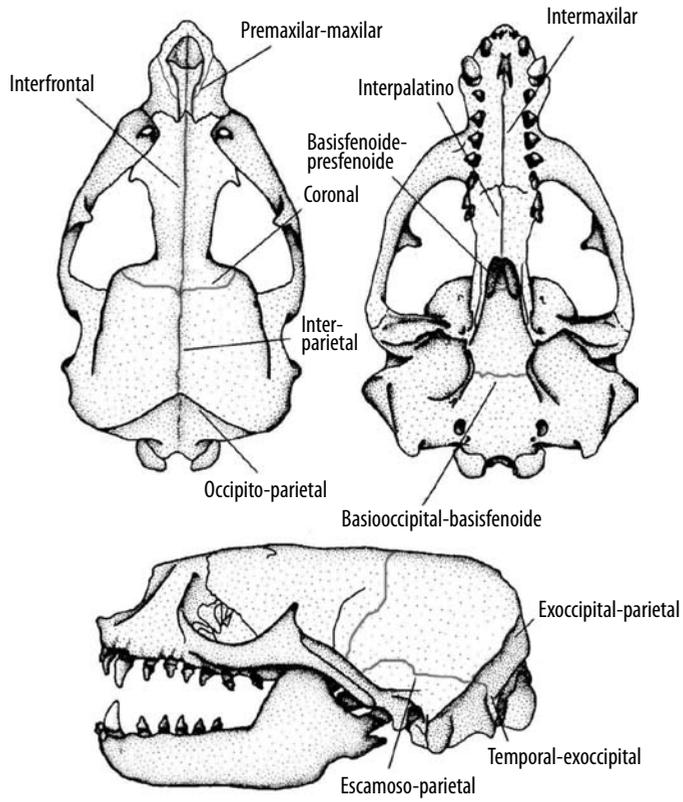


Figura 1. Suturas del cráneo de *Arctocephalus australis* estudiadas en el presente trabajo.

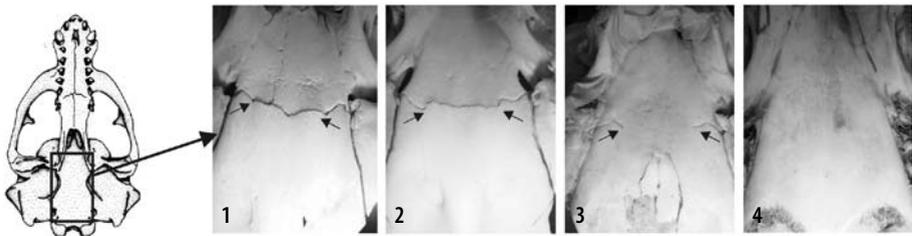


Figura 2. Estadios de las suturas según Sivertsen (1954) ejemplificados en la sutura *basiooccipital-basisfenoides*. Los números indican 1: sutura abierta, 2: sutura menos del 50 % cerrada, 3: sutura más del 50 % cerrada, 4: sutura cerrada.

Debido al marcado dimorfismo sexual craneano —ampliamente documentado en la especie (De Oliveira *et al.*, 2005; Sanfelice & Freitas, 2008)— y con el objetivo de comparar el patrón de cierre de las suturas del cráneo entre sexos, se estableció un Largo Cóndilo–basal relativo (LCBr). El LCBr de cada ejemplar se expresó como un porcentaje respecto del Largo Cóndilo–basal máximo (o largo máximo del cráneo), según los registros existentes para la especie y considerando a este último como el 100 % (Tabla 1).

El patrón de cierre de cada sutura fue determinado en función del incremento del LCBr, por no contarse con la edad de los ejemplares analizados, siendo la longitud total del cráneo un buen indicador de la edad (Batallés *et al.*, 1990) con una alta correlación ( $r \geq 0,90$ ) según Molina–Schiller & Pinedo (2004). También fueron calculados los coeficientes de variación de Pearson (CV) para cada estadio de cierre sutural.

Para determinar las diferencias en el cierre de las suturas entre machos y hembras —según el incremento del LCBr— se aplicó un análisis de Kolmogorov–Smirnov para dos muestras independientes entre categorías en aumento de LCBr (Zar, 1984), empleando el *software Statistica 6.0*.

Referencia	LCB máximo (mm)	
	Machos	Hembras
Molina–Schiller (2000)	244	229*
Ximenez <i>et al.</i> (1984)	245	205
Drehmer y Ferigolo (1997)	244	238**
De Oliveira <i>et al.</i> (2005)	225	192
Presente trabajo y Denuncio (2007)	254*	213

**Tabla 1.** Largo Cóndilo–basal máximo registrado por distintos autores en cráneos de hembras y machos de *Arctcephalus australis* provenientes de colonias uruguayas. Con asterisco (\*) se indican las tallas máximas encontradas en machos y hembras que fueron utilizadas en el presente trabajo como 100 % del LCBr. Con doble asterisco (\*\*) se indica el ejemplar con sexo indeterminado (ver Resultados).

## RESULTADOS

El Largo Cóndilo–basal de los ejemplares estudiados osciló entre 150 y 210 mm para las hembras (Media: 175,5; SD: 21,14) y entre 157 y 254 mm para los machos (Media: 186,7; SD: 33,2). Los registros de Largo Cóndilo–basal máximo registrados para esta es-

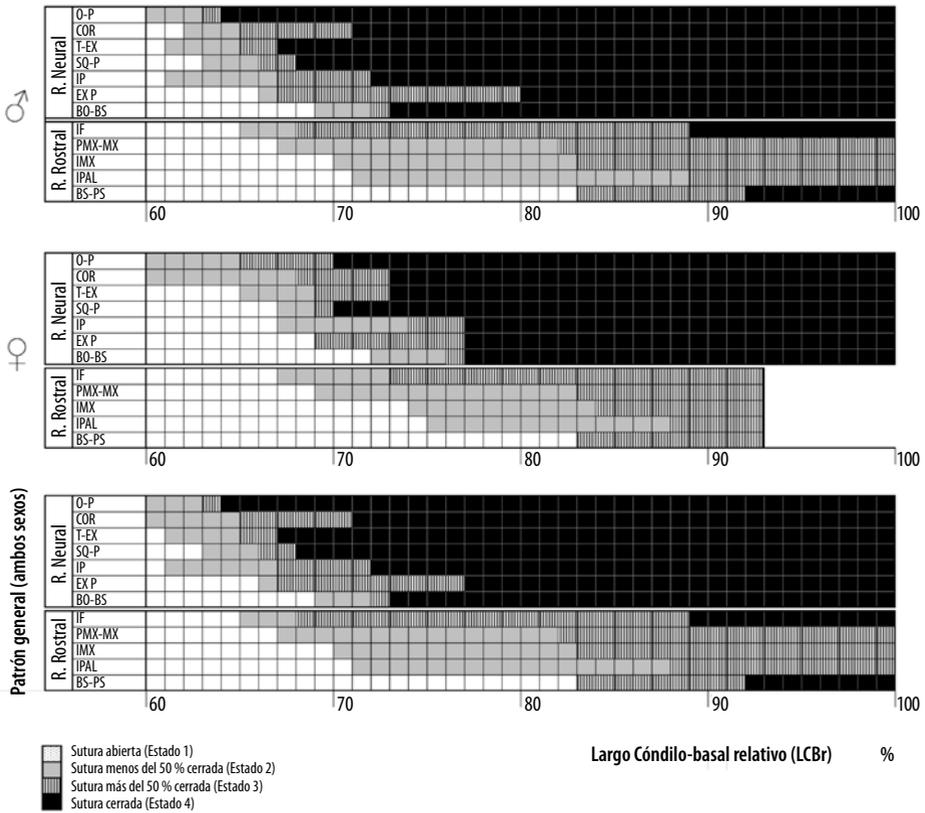
pecie correspondieron a 238 mm para hembras (Drehmer & Ferigolo, 1997) y 254 mm para machos (Denuncio, 2007 y presente trabajo) (Tabla 1). Sin embargo, el ejemplar de 238 mm de LCB hallado en la bibliografía se indica como hembra en los resultados del trabajo (Drehmer & Ferigolo, 1997: 142) y como macho en el catálogo de ejemplares utilizados correspondiente a la parte de los materiales y métodos del mismo artículo (Drehmer & Ferigolo, 1997: 138). Debido a esta incongruencia, se decidió considerar como hembra con Largo Cóndilo–basal máximo al registro inmediatamente menor, en este caso, una hembra de 229 mm (Molina–Shiller, 2000) (Tabla 1). Estos valores fueron considerados como tamaños máximos craneanos alcanzados en *Arctocephalus australis* y a los cuales se les otorgó un Largo Cóndilo–basal relativo (LCBr) de 100 % para cada sexo. En función de estos valores máximos, el LCBr para los cráneos analizados en el presente estudio presentó valores entre 60–100 %, porcentajes que se incrementaron desde ejemplares neonatales hacia ejemplares adultos.

#### PATRÓN DE CIERRE DIFERENCIAL DE LAS SUTURAS

Las suturas estudiadas en este trabajo se agruparon según las diferentes regiones funcionales del cráneo en: *Región Neural*, correspondiente a las suturas del neurocráneo o caja craneana que incluye a las suturas *occipito–parietal*, *coronal*, *temporal–exoccipital*, *escamoso–parietal*, *interparietal*, *exoccipital–parietal* y *basioccipital–basisfenoides*. La *Región Rostral*, compuesta por el paladar y rostro, incluye a las suturas *interfrontal*, *premaxilar–maxilar*, *intermaxilar*, *interpalatino* y *basisfenoides–presfenoides* (Figura 1).

#### REGIÓN NEURAL

Las suturas del neurocráneo presentaron un cierre temprano respecto al desarrollo del largo del cráneo. Se observó un solo tipo de patrón de cierre, caracterizado por una secuencia de estadios intermedios vinculados con leves incrementos en el LCBr hasta su cierre definitivo (Figura 2). Los diferentes estadios intermedios de cierre fueron registrados en un intervalo de 60–69 % LCBr, correspondiente a 142–164 mm de LCB en hembras y 152–175 mm de LCB en machos. El cierre completo de todas las suturas de la región se observó a un LCBr de 77 % (176 mm en hembras y 196 mm en machos) siendo las suturas *exoccipital–parietal* y *basioccipital–basisfenoides* las últimas en cerrarse de la región (Figura 3). Asimismo, el cierre rápido en este grupo de suturas quedó evidenciado por el bajo coeficiente de variación (CV), calculado para el Largo Cóndilo–basal, observado para los estadios de cierre 1 a 3 (Tabla 2).



**Figura 3.** Patrón y orden de cierre para machos, hembras y general (ambos sexos) de las 12 suturas del cráneo de *Arctocephalus australis* estudiadas, en función del incremento del Largo Cóndilo-basal relativo (LCBr).

### REGIÓN ROSTRAL

Las suturas de la *Región Rostral* del cráneo de *Arctocephalus australis* mostraron cierres tardíos comparado con las suturas de la *Región Neural*. También se observaron entre ellas distintos patrones de cierre y una gran variación en los diferentes estadios de oclusión reflejados en los CV elevados de los estadios intermedios de cierre sutural (Tabla 2).

El proceso de cierre para estas suturas se inicia en un rango entre 64–83 % LCBr, es decir, tiene lugar más tardíamente que la *Región Neural*, presentando los siguientes patrones de cierre (Figura 3):

a. *Sutura con temprano cierre parcial y prolongados estadios intermedios.* La sutura *interfrontal (IF)* se encuentra parcialmente fusionada desde el inicio del desarrollo, incluso en ejemplares de pequeña talla. El progreso de cierre es lento y concluye cuando

Estadio de cierre	Región Neural							Región Rostral					
	O-P	COR	SQ-EX	SQ-P	IP	EX-P	BO-BS	IF	PMX-MX	IMX	PAL	BS-PS	
1	Media	159,33	156,50	158,53	157,00	160,96	160,98	164,49	160,84	162,61	164,44	169,61	179,49
	SD	5,86	2,12	5,12		5,77	5,37	9,97	5,42	6,03	10,17	22,42	29,09
	CV	3,68	1,36	3,23		3,58	3,34	6,06	3,37	3,71	6,18	<b>13,22</b>	<b>16,21</b>
2	Media	160,03	168,25	166,17	162,08	162,13	173,41	176,67	164,83	183,42	190,43	192,65	
	SD	5,41	12,70	7,63	5,14	4,60	21,92	15,68	6,57	27,86	32,11	33,05	
	CV	3,38	7,55	4,59	3,17	2,84	12,64	8,88	3,98	<b>15,19</b>	<b>16,86</b>	<b>17,15</b>	
3	Media	166,95	166,68	166,19	179,53	169,33	167,67	192,67	201,74	235,67	213,00	183,00	204,50
	SD	6,26	5,30	12,02	24,69	6,86	9,50	38,48	33,69	17,82	34,26	18,03	2,12
	CV	3,75	3,18	7,23	<b>13,75</b>	4,05	5,67	<b>19,97</b>	<b>16,70</b>	7,56	<b>16,08</b>	9,85	1,04
4	Media	201,15	217,20	207,33	212,43	218,63	208,12	227,73	221,00		231,67	210,75	243,50
	SD	33,51	26,36	32,34	33,26	26,94	34,30	22,72	28,62		17,04	35,22	14,85
	CV	<b>16,66</b>	<b>12,14</b>	<b>15,60</b>	<b>15,66</b>	<b>12,32</b>	<b>16,48</b>	9,98	<b>12,95</b>		7,36	<b>16,71</b>	6,10

Tabla 2. Estadística descriptiva de cada grado de oclusión (1–4) en cráneos de machos de *Arctocepalus australis*.

SD: desvío estándar, CV: coeficiente de variación. En **negrita** se destacan los CV más altos.

el cráneo alcanza aproximadamente el 89 % del LCB<sub>r</sub> (correspondiente a 204 mm en hembras y 226 mm en machos).

b. *Sutura abierta durante gran parte del desarrollo con un cierre abrupto y tardío.* La sutura *basisfenoides–presfenoides (BS–PS)* se mantiene abierta durante buena parte del desarrollo del cráneo (hasta aproximadamente el 80 % LCB<sub>r</sub>) y se cierra en forma abrupta, culminando cuando el cráneo alcanza cerca del 92 % del LCB<sub>r</sub> (210 mm en hembras y 233 mm en machos).

c. *Suturas que nunca cierran por completo.* Las suturas del paladar (*intermaxilar, IMX e interpalatino, IPAL*) y el rostro (*premaxilar–maxilar, PMX–MX*) muestran un patrón de cierre muy variable y algunas de ellas no llegan a fusionarse completamente, incluso en cráneos que alcanzan la madurez física (Figura 1).

## DIMORFISMO SEXUAL

No se evidenciaron diferencias significativas en el patrón de cierre sutural entre machos y hembras (Kolmogorov–Smirnov,  $p < 0,05$ , Tabla 3), tanto para las suturas de la *Región Neural* (A) como para la *Región Rostral* (B), motivo por el cual se estableció un patrón de cierre general (sin discriminación de sexos) (Figura 3). Por otro lado, las pequeñas variaciones en el patrón de cierre entre machos y hembras observadas en la Figura 3, pueden deberse a las discrepancias que existen en el número de muestras de cada uno de los sexos, debido a que se contó con un bajo número de ejemplares de hembras adultas.

## DIRECCIÓN Y SENTIDO DEL CIERRE SUTURAL

En una visión general, la madurez del cráneo de *Arctocephalus australis* —según el patrón de cierre determinado para las 12 suturas analizadas en este estudio— tiene un sentido postero–anterior y dorso–basal. La *Región Neural*, en particular, mostró un patrón y orden de cierre que se inicia en la región occipital superior, desciende hacia el basicráneo, continúa hacia adelante y arriba, en sentido occipito–rostral y dorso–basal del mismo (Figura 4).

Región	Máxima diferencia		p	Media		SD		N	
	Negativa	Positiva		H	M	H	M	H	M
A (60/69 %)	-0,60	0,01	$p > 0,10$	1,71	2,07	0,82	0,69	10	24
B (60/69 %)	-0,06	0,30	$p > 0,10$	1,67	1,39	0,76	0,63	10	24
A (70/79 %)	0,00	0,50	$p > 0,10$	1,98	2,57	0,91	0,28	7	9
B (70/79 %)	0,00	0,80	$p > 0,10$	1,52	2,40	0,57	0,22	7	9
A (80/89 %)	-0,22	0,00	$p > 0,10$	3,46	3,25	0,35	0,54	5	8
B (80/89 %)	-0,05	0,25	$p > 0,10$	2,95	3,12	0,41	0,33	5	8
A (90/100 %)	-0,18	0,45	$p > 0,10$		2,81	0,56	0,68	2	8
B (90/100 %)	-0,48	0,54	$p > 0,10$		3,62	0,10	0,32	2	8

**Tabla 3.** Resultado del análisis de Kolmogorov–Smirnov entre sexos para las suturas de la *Región Neural* (A) y *Región Rostral* (B) del cráneo de *Arctocephalus australis*.

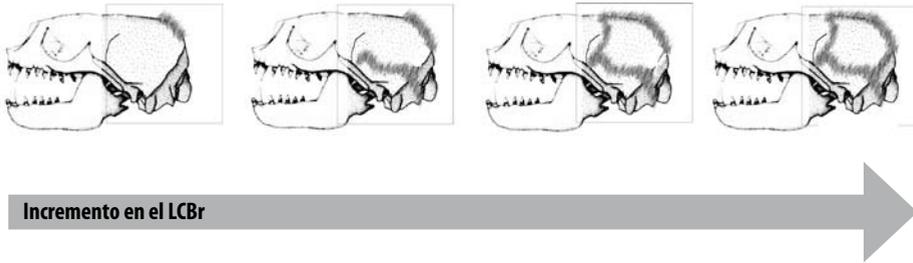


Figura 4. Dirección de cierre de las suturas de la *Región Neural* del cráneo de *Arctocephalus australis*. Modelo general para ambos sexos. El área sombreada indica suturas con cierre completo (Estado 4).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### PATRÓN DE CIERRE DIFERENCIAL DE LAS SUTURAS

Las suturas craneanas de *Arctocephalus australis* presentan claras diferencias en su patrón de cierre para los distintos componentes cráneo–funcionales. Las suturas del neurocráneo (*Región Neural*) se caracterizaron por un patrón general de cierre precoz y una madurez directamente proporcional al crecimiento en largo del cráneo. Esta región presenta un rápido desarrollo en las etapas prenatal y postnatal temprana (King, 1972). Éste es un patrón general observado en todos los mamíferos, donde el crecimiento del neurocráneo, cápsulas ópticas y óticas siguen un esquema de desarrollo similar, en el cual tiene lugar un rápido crecimiento que culmina antes que el desarrollo y madurez del resto del cráneo y del esqueleto axial (Moore, 1966; Moore & Lavelle, 1975).

En los pinnípedos, un rápido desarrollo del neurocráneo y las estructuras sensoriales brindan una ventaja para la supervivencia temprana (Walls, 1942). El crecimiento precoz de las órbitas se corresponde con una rápida incursión al mar de estos carnívoros (Brunner *et al.*, 2004). La temprana complejidad de las bullas timpánicas está vinculada a la gran importancia en la comunicación entre cachorros y madres de este grupo (Brunner *et al.*, 2004; Trillmich, 1981). El reconocimiento entre madre y cría involucra distintos sistemas sensoriales, siendo las señales acústicas y visuales fundamentales en el reconocimiento de sus crías entre grupos sociales con alta densidad de individuos (Charrier *et al.*, 2003; Dobson & Jouventin, 2003; Phillips, 2003; Mathevon *et al.*, 2004). El precoz y temprano cese en el crecimiento de la *Región Neural* del cráneo de *A. australis* (Brunner *et al.*, 2004; Denuncio, 2007), explica el cierre temprano de las suturas de la caja craneana observado en el presente estudio.

Las suturas del rostro y paladar (*Región Rostral*), sin embargo, se mostraron abiertas en animales de gran tamaño y con altos coeficientes de variación, siendo el proceso de

cierre más tardío que en la *Región Neural*. Los componentes óseos de esta región del cráneo se presentan poco desarrollados en la etapa postnatal temprana y crecen hasta etapas adultas, posterior a la maduración total de la *Región Neural* (Brunner *et al.*, 2004; Denuncio, 2007). La prolongada fase de crecimiento en la etapa juvenil y adulta —con un gran desarrollo de las estructuras vinculadas funcionalmente a la alimentación e inserción muscular (Brunner *et al.*, 2004) y alometría positiva (Drehmer y Ferigolo, 1996, 1997)— explica el cierre tardío de suturas como la *interfrontal* o *basisfenoides-presfenoides*; o la ausencia de cierre de aquellas del paladar y rostro (*premaxilar-maxilar*, *interpalatino*, *intermaxilar*) para muchos ejemplares adultos.

#### DIMORFISMO SEXUAL

El dimorfismo sexual es una característica común en la familia Otariidae, relacionado fundamentalmente con su sistema de reproducción poliginico (Bartholomew, 1970; Lindenfort *et al.*, 2002). El cráneo de los machos de otáridos está caracterizado por un gran desarrollo de estructuras óseas para la inserción de la musculatura de la mandíbula y el cuello (Brunner, 2003). *Arctocephalus australis* presenta un acentuado dimorfismo sexual, especialmente estudiado a través de su craneometría (Brunner *et al.*, 2004; De Oliveira *et al.*, 2005; Sanfelice & Ferigolo, 2008; Sanfelice & Freitas, 2008; Figura 5). La cresta occipital, sagital, el proceso mastoideo, zigomático y el rostro son las estructuras de mayor desarrollo, constituyen los principales elementos de dimorfismo entre sexos para esta especie (Brunner *et al.*, 2004; Molina-Schiller & Pinedo, 2004; Sanfelice & Freitas, 2008), tal como puede observarse en la Figura 5 a pesar del marcado dimorfismo en tamaño y forma del cráneo en esta especie, los ejemplares machos y hembras estudiados no mostraron diferencias significativas en el patrón de cierre sutural, coincidiendo con lo observado por Molina-Schiller y Pinedo (2004) y Brunner *et al.* (2004) para algunos otáridos de los géneros *Arctocephalus* y *Callorhinus* de diversas regiones del mundo.

Finalmente, es importante destacar que las suturas analizadas pueden discriminarse como: 1) suturas buenas indicadoras del estadio de desarrollo del animal, y 2) suturas que no aportan mayor información al respecto. Sin lugar a dudas, todas las suturas de la *Región Neural* y las suturas *basisfenoides-presfenoides* (de la *Región Rostral*) aportan información del estadio de desarrollo del animal. Sin embargo, las suturas *interfrontal*, *intermaxilar*, *premaxilar-maxilar*, *interpalatino* (de la *Región Rostral*) son muy variables y no brindan información del estado de desarrollo del animal.

La utilidad de la información aportada por las suturas puede demostrarse en estudios craneométricos de discriminación de especies o poblaciones donde sólo se utilizan ejemplares subadultos y adultos. Sobre la base de la bibliografía especializada, uno de los criterios de adultez es la presencia de la sutura *basioccipital-basisfenoides* completa-

mente cerrada (estadio 4 y cerrada a un LCB<sub>r</sub> 73 % según el presente estudio) (De Oliveira *et al.*, 1999, 2005; Drehmer & Ferigolo, 1997; Sanfelice & Ferigolo, 2008). Tal consideración —según nuestros estudios— es correcta, dado que la misma es una sutura “informativa” e indicadora de ejemplares de clases etarias avanzadas (subadultos y adultos), ya que es una de las últimas suturas de la *Región Neural* en cerrarse (Brunner *et al.*, 2004). Pese a ello, es importante destacar que hemos observado que la sutura *basioccipital–basisfenoides* cierra completamente a un LCB<sub>r</sub> 73 %, por lo cual el cráneo continúa aun su crecimiento. Sin embargo, debemos señalar que la sutura *basisfenoides–presfenoides* es una sutura informativa y cierra *a posteriori* de la *basioccipital–basisfenoides*, a un LCB<sub>r</sub> de 92 %. Esta observación nos permite identificar una etapa de mayor madurez y, por lo tanto, un estado de crecimiento aún más avanzado. La posibilidad de sumar un nuevo criterio para seleccionar ejemplares en estado avanzado de madurez, basado en la sutura *basioccipital–basisfenoides*, nos permite reducir la variación que tiene lugar a lo largo de la ontogenia y maximizar de esta forma las diferencias en estudios cuyos objetivos sean la diferenciación de *stocks*, poblaciones y/o especies.



Figura 5. Dimorfismo sexual en cráneos adultos de *Arctocephalus australis*.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Mundo Marino (San Clemente del Tuyú), al Museo Municipal Lorenzo Scaglia (Mar del Plata) y a los colegas Sergio Morón y Damián Romero por permitirnos observar y medir los cráneos de las colecciones óseas de ambas instituciones. Al Dr. César Drehmer por la bibliografía aportada. A todos los colaboradores en la limpieza del material óseo que permitió formar la colección de cráneos del Grupo de Mamíferos Marinos de la Universidad Nacional de Mar del Plata, especialmente a Mariela Dassis, Gisela Giardino y Paula Polizzi. Finalmente, deseamos agradecer a los tres evaluadores anónimos que aportaron sugerencias muy valiosas para mejorar el presente trabajo. El mismo fue financiado por la Universidad Nacional de Mar del Plata (Proyectos 15E335 y 15E471).

**Recibido | Received:** 17 de junio de 2011

**Aceptado | Accepted:** 06 de octubre de 2011

## REFERENCIAS

- Bartholomew, G.A.** 1970. A model for the evolution of pinniped polygyny. *Evolution* 24(3): 546–559.
- Bastida, R. & D. Rodríguez.** 1994. Hallazgo de un apostadero estacional de lobos marinos de dos pelos *Arctocephalus australis* en bajos fondos frente a la costa de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Anales de la Cuarta Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur* 1–22.
- Bastida, R. & D. Rodríguez.** 2003. Mamíferos marinos de Patagonia y Antártida. *Vázquez Mazzini Editores*, Buenos Aires. 208 p.
- Bastida, R., D. Rodríguez, E. Secchi & V. da Silva.** 2007. Mamíferos Acuáticos de Sudamérica y Antártida. *Vázquez Mazzini Editores*, Buenos Aires.
- Batalés, L.M., O. Pin & M. Lima.** 1990. Estudio del crecimiento del lobo fino sudamericano (*Arctocephalus australis*) en Isla de Lobos, Uruguay. *Frente Marítimo* 7: 69–73.
- Brunner, S.** 2000. Cranial morphometrics of seals and sea lions (Family: Otariidae)—systematics, geographic variation and growth. Ph.D. Thesis. *University of Sydney*, Sydney, Australia, 254 pp.
- Brunner, S.** 2003. Fur seals and sea lions (Family: Otariidae) identification of species and taxonomic reviews. *Systematics and Biodiversity* 1(3): 339–439.
- Brunner, S., M.M. Bryden & P.D. Shaughnessy.** 2004. Cranial ontogeny of otariid seals. *Systematics and Biodiversity* 2(1): 83–110.
- Charrier, I, N. Mathevon & P. Jouventin.** 2003. Vocal signature recognition of mothers by fur seal pups. *Anim. Behav.* 65: 543–550.
- Daneri, G.A., C.M. García Esponda, L.H.M. De Santis & L. Pla.** 2005. Skull morphometric of adult male Antarctic fur seal, *Arctocephalus gazella* and South American fur seal *A. australis*. *Iheringia, Ser. Zool.* 95(3): 261–267.