

## **EL CIERRE DE LA SINCONDROSIS ESFENO-BASILAR Y SU INFLUENCIA EN LA MORFOLOGIA CRANEOFACIAL**

*Marina L. Sardi<sup>1,2</sup>*

*Jimena Barbeito<sup>1,3</sup>*

*Marisol Anzelmo<sup>1</sup>*

*Fernando Ramírez Rozzi<sup>4</sup>*

*Héctor M. Pucciarelli<sup>1,2</sup>*

**PALABRAS CLAVE:** Centro de crecimiento, ANCOVA

**RESUMEN:** El principal centro de crecimiento de la base craneana durante la ontogenia postnatal es la sincondrosis esfeno-basilar (SEB), que permite la elongación de la línea media en el piso craneano. Su actividad de crecimiento termina entre los 12 a 15 años y su cierre se produce luego de la pubertad. El objetivo de este estudio fue analizar el crecimiento craneofacial entre los 11 y 19 años de edad para determinar si el cierre de la SEB es un evento asociado a cambios en la morfología craneofacial. Se probaron las siguientes hipótesis: a) los individuos con la SEB fusionada tienen tamaño significativamente mayor que aquellos que aún tienen la SEB abierta; b) la diferenciación de tamaño entre individuos con SEB abierta y fusionada se asocia a cambios en las trayectorias de crecimiento. Se utilizaron 118 cráneos con edad de muerte entre 11 y 19 años. Cada individuo se clasificó según el estado de la SEB (ESEB) en: SEBA, aquellos en los que la

---

1 División Antropología del Museo de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

3 Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC). Argentina.

4 UPR 2147 Dynamique de l'Evolution Humaine. CNRS. 44, rue de l'Amiral Mouchez. 75014 Paris. Francia.

e-mail : [msardi@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:msardi@fcnym.unlp.edu.ar)

Correspondencia a: Dra. Marina L. Sardi. División Antropología. Museo de La Plata. Paseo del Bosque S/N. 1900 La Plata. Argentina.

e-mail: [msardi@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:msardi@fcnym.unlp.edu.ar)

SEB no está completamente fusionada y SEBF, cuando la superficie exocraneal de la SEB se ha osificado. Se midieron la longitud, ancho y altura de los siguientes componentes craneanos: anteroneural, mesoneural, posteroneural, óptico, respiratorio, masticatorio y alveolar, así como la longitud neural total. Se realizaron análisis de Componentes Principales (ACP) y de la Covarianza (ANCOVA), considerando como efectos en la variación al ESEB, la edad y su interacción (ESEB vs edad). Ambos análisis indicaron que hay cambios asociados a la edad. Según ANCOVA, la longitud del componente mesoneural fue la única variable en que hubo diferenciación significativa entre SEBA y SEBF, estando la edad controlada y también fue la única medida, en que la interacción con la edad fue significativa; sin embargo, la diferencia de tamaño es opuesta a lo esperado, mayor en SEBA. Por lo tanto, las hipótesis propuestas se rechazan. La variación se asoció a la edad, pero no a ESEB. Es posible que la actividad osteogénica en la SEB termine antes de su completa fusión y por tanto, no afecte el crecimiento craneofacial adolescente o que intervenga en cambios posicionales más que en cambios de tamaño. *Rev. Arg. Antrop. Biol.* 10(2): 7-19, 2008.

**KEY WORDS:** Growth center, ANCOVA

**ABSTRACT:** The speno-basilar synchondrosis (SBS) is the most important growth center of the cranial base during postnatal ontogeny, enabling the elongation of the cranial floor. Growth activity in the SBS finishes around 12-15 years old and, after puberty, the SBS is fused. The purpose of this study was to evaluate cranial growth between ages 11 and 19 in order to establish if the SBS fusion is associated with changes in cranial morphology. Two hypotheses were tested: a) individuals with a fused SBS present greater size than those with an open SBS; b) size differences between individuals with an open and fused SBS are associated with changes in growth trajectories. The sample is comprised by 118 skulls between 11 and 19 years old at death. Each skull was classified according with the state of the SBS (SSBS) in: OSBS, those in which the SBS is still open, and FSBS, when the SBS is completely fused. Length, width and height were measured in the following cranial components: anteroneural, midneural, posteroneural, optic, respiratory, masticatory, and alveolar, as well as total cranial length. Morphological changes were assessed by Principal Components analysis and ANCOVA considering SSBS, age and the interaction between SSBS and age as factors of variation. Analyses indicated that there was a significant change associated with age. ANCOVA indicated that significant differentiations between OSBS and FSBS were observed only in the midneural length, and this change was also associated to changes in growth trajectories. However, the changes were opposed to those predicted. Thus, both hypotheses were rejected. Size variation is associated with age but not with SSBS. It seems likely that osteogenic activity in the SBS finishes before ossification, without influencing, in this way, on adolescent craniofacial growth. It is also possible that the SBS influences positional changes rather than size variation. *Rev. Arg. Antrop. Biol.* 10(2): 7-19, 2008.

## INTRODUCCION

El crecimiento craneofacial se produce principalmente en las suturas, relacionadas a los huesos de osificación dérmica de la bóveda craneal y la cara, así como en las sincondrosis de los huesos de osificación endocondral, como los de la base del cráneo (Enlow y Hans, 1996; Sperber, 2001; Opperman et al., 2005). El crecimiento producido en las sincondrosis es regulado por potenciales intrínsecos propios (Hall, 2005; Opperman et al., 2005), contrariamente a lo que ocurre en el resto del cráneo, donde la variación de tamaño y forma es afectada por el crecimiento de las matrices funcionales directamente asociadas al hueso (Moss, 1973; 1997). Durante la ontogenia postnatal, el remodelamiento del hueso también contribuye a los cambios en tamaño y forma, siendo un proceso importante en etapas más tardías, como la adolescencia y la adultez.

El principal centro de crecimiento de la base craneana durante la ontogenia postnatal, es la sincondrosis esfeno-basilar (SEB) (Enlow y Hans, 1996; Coben, 1998; Nakamura et al., 1999). La SEB permite la elongación de la porción de la línea media en el piso craneano mediante osificación endocondral, produciendo el desplazamiento primario del esfenoides y el occipital, que se alejan gracias a la adición de hueso nuevo en el endostio de cada hueso (Michejda, 1972; Enlow y Hans, 1996). La expansión de la fosa craneana media y su contenido neural produce también el desplazamiento secundario del piso craneano anterior, del complejo nasomaxilar subyacente soportado por éste y de la mandíbula. La actividad de crecimiento de la SEB cesa a la edad de 12 a 15 años y sus segmentos esfenoideos y occipitales comienzan a fusionarse. Algunos estudios indican que el cierre de dicha sincondrosis se produce inmediatamente luego de la pubertad (Opperman et al., 2005); según observaron Okamoto et al. (1996), la SEB estaría completamente cerrada a los 12 años en las niñas y a los 13 en los niños. Durante la pubertad, la mayor parte de las estructuras craneanas están próximas a su tamaño adulto, siendo el neurocráneo más avanzado en su crecimiento que la cara (Buschang et al., 1983; Enlow y Hans, 1996; Humphrey, 1998; Arat et al., 2001; Axelsson et al., 2003; Sardi y Ramírez Rozzi, 2007) y mostrando, en consecuencia, menor cantidad de incrementos respecto de la cara.

El cierre de la SEB es considerado en los tratados de Antropología como un indicador para atribuir edad relativa a los restos humanos de los que se desconoce su edad de muerte. Permite clasificar individuos en las categorías sub-adulto o adulto,

según sea que la SEB se encuentre abierta u osificada, respectivamente. Se asume que un cráneo adulto es el que presenta la SEB osificada, lo que ocurriría alrededor de los 20 años de edad según numerosos autores (Rivero de la Calle, 1985; İşcan y Loth, 1989; Buikstra y Ubelaker, 1994; White y Folkens, 2000). La clasificación de un individuo como “adulto” es importante además, porque los análisis sobre variación e integración de la morfología craneofacial que comparan, por ejemplo, la diferenciación entre sexos, poblaciones humanas (*e.g.* Howells, 1973; Hanihara, 2000; Hennesy y Stringer, 2002) o primates (*e.g.* Ackermann, 2005), se realizan mayoritariamente con individuos adultos, no solo porque se preservan más fácilmente sino y principalmente, por la mayor estabilidad de su morfología durante una larga etapa de la vida (Krovitz et al., 2003). Sin embargo, la completa fusión de la SEB ocurre durante la adolescencia (Okamoto et al., 1996; Opperman et al., 2005), período durante el cual muchas estructuras craneanas presentan importantes cambios morfológicos. Por tanto, resulta de interés analizar el cambio morfológico asociado a la maduración de la SEB.

El objetivo de este estudio fue analizar el crecimiento craneofacial entre los 11 y 19 años de edad para determinar si los cambios en la morfología craneofacial están asociados al cierre u osificación completa de la SEB. Mientras la SEB está abierta, el cráneo no habría alcanzado su tamaño definitivo (Enlow y Hans, 1996). Por tanto, si la SEB se asocia con variación morfológica, se espera que los individuos con SEB abierta sean de menor tamaño y sus trayectorias de crecimiento (cambio morfológico asociado a la edad) sean significativas, las que dejarían de serlo cuando la SEB se ha fusionado. Se probaron las siguientes hipótesis: a) los individuos con la SEB fusionada u osificada son significativamente mayores que aquellos que aún tienen la SEB abierta; b) la diferenciación de tamaño entre individuos con SEB abierta y fusionada se asocia a cambios en las trayectorias de crecimiento, es decir al cambio en tamaño asociado a la edad.

## **MATERIAL Y METODOS**

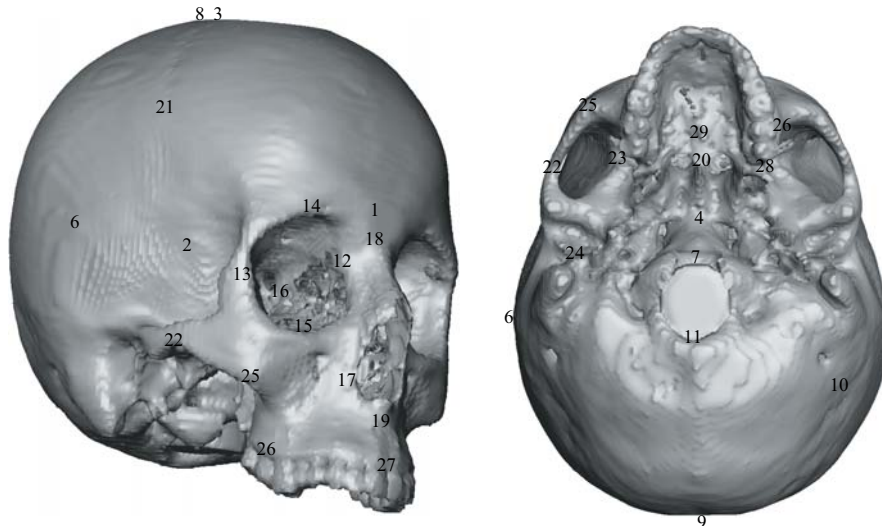
Se utilizó una muestra de 118 cráneos de los que se conoce el sexo y la edad de muerte (11 a 19 años) (Tabla 1). Corresponden a individuos portugueses que murieron entre fines del siglo XIX y principios del XX, provenientes del Museo Antropológico de la Universidad de Coimbra (Portugal). Se determinó el estado de la SEB (ESEB) mediante la observación de la superficie exocraneana de la base, puesto que

la superficie exocraneana de la SEB es la que más tardíamente cierra (Scheuer y Black, 2000). Así, cada individuo se clasificó en dos grupos (Tabla 1): SEBA, aquellos en los que la SEB no está completamente fusionada y SEBF, cuando la superficie exocraneana de la SEB se ha osificado.

**Tabla 1**  
Muestra clasificada por edad y ESEB

Edad	SEBA	SEBF	Total
11	9	0	9
12	11	1	12
13	6	1	7
14	5	2	7
15	13	5	18
16	8	5	13
17	4	18	22
18	4	15	19
19	0	11	11
Total	60	58	118

En cada cráneo se registraron puntos craneométricos con Microscribe (Figura 1) y se calcularon la longitud, ancho y altura, ortogonales entre sí, de los siguientes componentes craneanos: neural anterior, neural medio, neural posterior, óptico, respiratorio, masticatorio y alveolar (ver Sardi y Ramírez Rozzi, 2007); también se analizó la longitud neural total (Nasion a Opistocráneo).



**Figura 1**

Puntos craneométricos a partir de los que se calcularon la longitud, ancho y altura de cada componente: neural anterior (Glabela<sup>1</sup>, Pterion<sup>2</sup>, Bregma<sup>3</sup>, Hormion<sup>4</sup>), neural medio (Bregma<sup>3</sup>, Lambda<sup>5</sup>, Eurion<sup>6</sup>, Basion<sup>7</sup>, Vértex<sup>8</sup>), neural posterior (Lambda<sup>5</sup>, Opistocráneo<sup>9</sup>, Asterion<sup>10</sup>, Opistion<sup>11</sup>), óptico (Dacrión<sup>12</sup>, Ectoconquio<sup>13</sup>, Supraorbitario<sup>14</sup>, Infraorbitario<sup>15</sup>, Ala menor del Esfenoides<sup>16</sup>), respiratorio (Alar<sup>17</sup>, Nasion<sup>18</sup>, Subnasal<sup>19</sup>, espina nasal posterior<sup>20</sup>), masticatorio (Estefanion<sup>21</sup>, Cigión inferior<sup>22</sup>, cresta esfenotemporal<sup>23</sup>, Glenoideo<sup>24</sup>, Cigomaxilar<sup>25</sup>) y alveolar (Ectomolar<sup>26</sup>, Prostion<sup>27</sup>, Maxilar posterior<sup>28</sup>, profundidad del paladar<sup>29</sup>).

Los análisis estadísticos se realizaron con ambos sexos conjuntamente y las diferencias de tamaño debidas al dimorfismo sexual se eliminaron mediante una estandarización con score z por sexo (Williams-Blangero y Blangero, 1989) lo que permite una mayor representación de individuos en cada categoría etárea. La normalidad de las distribuciones se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov. Se realizó un análisis de Componentes Principales con las variables de los componentes craneanos a fin de obtener ejes de máxima variación en el conjunto estudiado. Las hipótesis propuestas se probaron mediante un Análisis de la Covarianza (ANCOVA). Este permite evaluar la diferenciación entre promedios de los grupos SEBA y SEBF (hipótesis a), siendo la edad cronológica la covariable. Se aplicó un diseño de pendientes separadas; es decir, se calcularon rectas de regresión independientes para los grupos SEBA y SEBF dado que es posible que conjuntamente no sigan una trayectoria de crecimiento lineal, de esta manera se probó la homogeneidad de las pen-

dientes (mediciones vs edad), así como la interacción entre ESEB y el cambio morfológico asociado a la edad (hipótesis b). La evaluación de la interacción permite determinar si la variación de tamaño entre SEBA y SEBF se asoció efectivamente a variación en las trayectorias de crecimiento de ambos grupos.

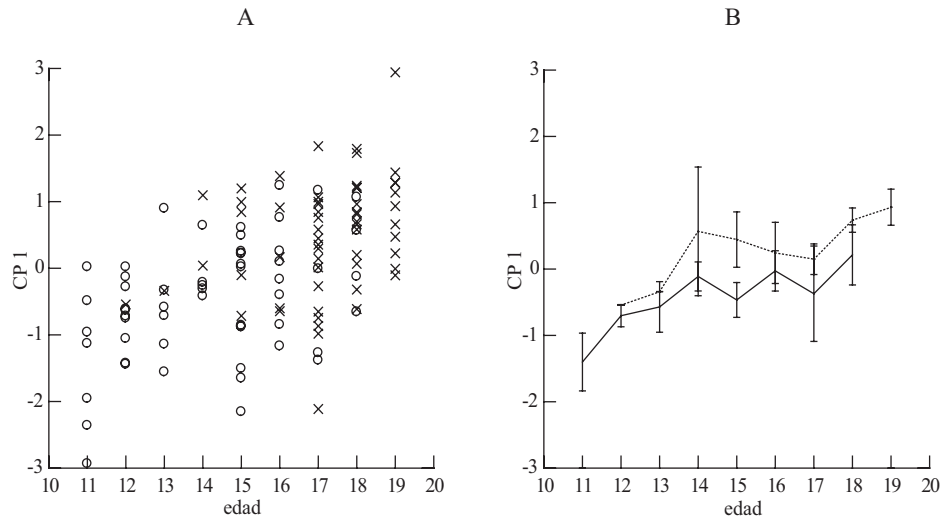
## RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante el análisis de Componentes Principales (CP) se obtuvieron siete CPs de máxima variación, pero sólo el primero presenta una asociación altamente significativa con la edad ( $r = 0.55$ ;  $p < 0.01$ ). El CP 1 explica 24,4% de la variación total y representa variación de tamaño craneofacial a la que contribuyeron todas las medidas, más aún las faciales (Tabla 2). La Figura 2a y 2b muestran la distribución de los grupos respecto del CP 1 y la edad. Se observa que hay aumento de tamaño entre los 11 y 19 años y SEBF presenta mayor tamaño que SEBA. Dicho crecimiento se relaciona principalmente con el aumento de los músculos masticatorios ligados al incremento de tamaño corporal general (Raadscher et al., 1996), a la erupción de la dentición permanente (Vinter et al., 1997) y a los movimientos dentarios (Henrikson et al., 2001).

**Tabla 2**  
Contribución de las variables al CP1

	Eigenvalor
L neural anterior	0,68
A neural anterior	0,46
H neural anterior	0,62
L neural media	0,24
A neural medio	0,21
H neural media	0,65
L neural posterior	0,46
A neural posterior	0,26
H neural posterior	0,25
L óptica	0,50
A óptico	0,63
H óptica	0,50
L respiratoria	0,68
A respiratorio	0,28
H respiratoria	0,71
L masticatoria	0,49
A masticatorio	0,53
H masticatoria	0,60
L alveolar	0,72
A alveolar	0,57
H alveolar	0,56

L (longitud), A (ancho), H (altura).

**Figura 2**

CP 1 vs edad. A) Dispersión de SEBA (círculos) y SEBF (cruces). B) Promedios  $\pm$  1 error estándar en SEBA (línea sólida) y SEBF (línea punteada).

En la Tabla 3 se encuentran los valores estadísticos descriptivos, representativos de la diferenciación en tamaño y del cambio morfológico asociado a la edad cronológica (ecuaciones de regresión) en SEBA y SEBF. Las trayectorias de crecimiento fueron significativas en muchas medidas de los componentes faciales en SEBA y resultaron no significativas para SEBF (Tabla 3). Si bien el CP 1 indicó un aporte significativo de todas las medidas a la variación (Tabla 2), es probable que las pendientes de las medidas neurales no sean significativas al distinguir a SEBA y SEBF, porque durante la adolescencia el crecimiento es menor. Las estructuras neurales han alcanzado prácticamente el tamaño adulto (Buschang et al., 1983; Humphrey, 1998; Arat et al., 2001; Sardi y Ramírez Rozzi, 2005). Sólo la longitud anteroneural presentó una trayectoria significativa (Tabla 3), lo que puede deberse a incrementos tanto en la longitud de la base craneana anterior (Axelsson et al., 2003) como en la región glabellar, ambos asociados al crecimiento facial superior (Lieberman et al., 2000; Bastir et al., 2006).



**Tabla 3**

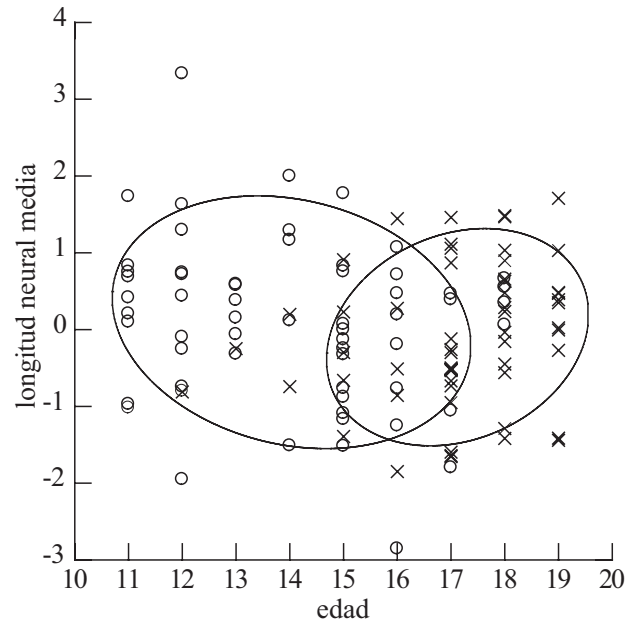
Promedios, ecuaciones de regresión y ANCOVA: diferenciación entre SEBA y SEBF respecto de la constante, el estado de la sutura (ESEB), la homogeneidad de las pendientes de las trayectorias (Edad) y la interacción de ESEB x Edad

	promedios		ecuación de regresión en SEBA				ecuación de regresión en SEBF				ANCOVA			
	SEBA	SEBF	cte	t (cte.)	beta	t (beta)	cte	t (cte.)	beta	t (beta)	F (g.l.=1)	ESEB	Edad	Interacción
L neural anterior	-0,36	0,37	-0,95	-3,79**	0,14	2,65*	-0,27	-0,42	0,08	0,92	6,91**	0,41	7,74**	0,19
A neural anterior	-0,25	0,26	-0,29	-1,14	0,01	0,14	-0,86	-1,32	0,15	1,59	5,56*	1,90	5,16*	2,51
H neural anterior	-0,21	0,22	0,01	0,03	-0,05	-0,93	-0,88	-1,28	0,16	1,64	1,21	0,80	0,96	1,36
L neural media	0,09	-0,10	0,47	1,62	-0,09	-1,47	-0,97	-1,53	0,12	1,32	0,18	4,55*	0,06	4,30*
A neural medio	-0,02	0,02	-0,21	-0,75	0,05	0,77	0,18	0,26	-0,02	-0,22	0,17	0,68	0,23	0,72
H neural media	-0,24	0,25	-0,38	-1,46	0,03	0,58	-0,42	-0,60	0,10	1,02	1,35	0,12	1,42	0,01
L neural posterior	-0,22	0,23	-0,23	-0,93	0,00	0,04	-0,01	-0,01	0,02	0,21	0,58	0,42	0,52	0,76
A neural posterior	-0,10	0,11	-0,23	-0,83	0,03	0,52	1,30	1,91	-0,17	-1,74	0,94	3,77	0,71	3,20
H neural posterior	-0,02	0,02	-0,13	-0,50	0,03	0,47	0,48	0,75	-0,07	-0,79	0,01	0,12	0,01	0,11
L óptica	-0,07	0,07	-0,41	-1,61	0,08	1,50	-0,62	-0,81	0,09	0,84	2,89	0,24	3,05	0,17
A óptico	-0,36	0,37	-0,86	-3,35**	0,12	2,20*	0,23	0,38	0,00	0,04	4,91*	0,51	5,54*	0,22
H óptica	-0,08	0,09	-0,49	-1,87	0,10	1,75	0,24	0,33	-0,02	-0,20	0,60	1,61	0,85	1,67
L respiratoria	-0,31	0,32	-0,85	-3,47**	0,13	2,47*	-0,52	-0,74	0,11	1,12	7,49**	0,05	8,08**	0,01
A respiratorio	-0,08	0,09	-0,24	-0,90	0,04	0,65	-0,58	-0,78	0,09	0,83	1,93	0,54	1,89	0,54
H respiratoria	-0,32	0,32	-1,02	-4,15**	0,17	3,21**	0,51	0,75	-0,04	-0,40	3,80	2,38	4,69*	1,93
L masticatoria	-0,18	0,18	-0,86	-3,24**	0,16	2,87**	-0,23	-0,33	0,05	0,49	5,65*	0,30	6,44*	0,35
A masticatorio	-0,48	0,49	-0,74	-3,18**	0,06	1,26	0,04	0,07	0,05	0,55	3,97*	0,00	4,10*	0,21
H masticatoria	-0,35	0,35	-1,05	-4,80**	0,17	3,61**	-0,45	-0,61	0,11	1,02	9,07**	0,36	10,12**	0,20
L alveolar	-0,43	0,44	-1,24	-5,75**	0,20	4,21**	-0,81	-1,26	0,18	1,92	14,93**	0,42	16,49**	0,18
A alveolar	-0,26	0,27	-0,54	-2,11*	0,07	1,23	0,30	0,40	-0,01	-0,14	1,22	0,15	1,38	0,03
H alveolar	-0,41	0,42	-0,86	-3,58**	0,11	2,11*	-0,96	-1,48	0,20	2,07*	10,26**	0,12	10,64**	0,39
L neural total	-0,22	0,23	-0,51	-2,05*	0,07	1,32	-0,56	-0,82	0,10	1,01	4,56*	0,63	4,63*	0,78
Todas											1,83*	1,15	1,92*	1,20

\* p<0.05, \*\* p<0.01. L (longitud), A (ancho), H (altura).

Contrariamente a lo que indicó el análisis multivariado (Figura 2a-b), los resultados de ANCOVA indicaron que, estando la edad controlada, la diferenciación en tamaño respecto de ESEB así como la interacción entre ESEB y la edad fueron significativas solo para la longitud neural media (Tabla 3). Sin embargo y contrariamente a lo esperado, dicha longitud es mayor en SEBA que en SEBF (Figura 3). Siendo que no es esperable el decrecimiento de una estructura en el período considerado en este estudio, esta diferencia podría deberse a la presencia de algún outlier en la muestra que influya en el resultado. En la Figura 3 se observa un individuo de 12 años que presenta un valor de 3.33 para la longitud neural media y presenta valores cercanos a la media en el resto de las medidas analizadas. Se repitió ANCOVA excluyendo dicho individuo y los valores de F para ESEB y para la interacción entre ESEB y la edad resultaron no significativos.

Los resultados también indican que las diferencias en las trayectorias de algunas medidas de los componentes faciales, anteroneural y longitud neural total entre SEBA y SEBF (Tabla 3) se producen porque ambas sub-muestras presentan cambios asociados a la edad. Sin embargo, dichos cambios son independientes del estado de la SEB.



**Figura 3**

Longitud neural media vs edad. Dispersión de SEBA (círculos) y SEBF (cruces). Las elipses representan el 68% de probabilidad en torno a la media.

## CONCLUSION Y COMENTARIOS

Los resultados indicaron que entre los 11 y 19 años hay cambios en la morfología craneofacial, principalmente debidos al crecimiento de los componentes faciales. La variación morfológica está asociada a la edad; en cambio, el cierre de la SEB no resultó asociado a dichos cambios. Por lo tanto, las hipótesis propuestas se rechazan. Estos resultados no contradicen que la SEB participe en la elongación de la fosa cra-

neana media durante la ontogenia postnatal (Enlow y Hans, 1996; Sperber, 2001), pero sugieren que entre los 11 y 19 años el tamaño de los componentes craneanos varía independientemente de su osificación. Es posible que el fin de la actividad osteogénica en la SEB ocurra mucho antes de su completa fusión y por tanto, no afecte el crecimiento craneofacial adolescente o que intervenga en cambios posicionales más que en cambios de tamaño.

¿Cuál es la relevancia de estos resultados para los estudios comparativos en Antropología Biológica? La SEB cierra luego de la pubertad mientras muchas estructuras craneanas aún no han alcanzado el tamaño adulto. De acuerdo a los resultados de este estudio, los individuos que presentan la SEB fusionada no mostraron trayectorias de crecimiento significativas en ninguna de las medidas analizadas (Tabla 3). Esto indicaría que cualquier estudio comparativo que utilice individuos clasificados como adultos, tomando como referencia el estado de osificación de la SEB, no tendrá un importante sesgo en sus resultados, si los distintos grupos etáreos no se encuentran balanceados en las muestras comparadas. No obstante, numerosos estudios indican que hay variación significativa en la morfología craneana, entre el fin de la adolescencia y la adultez (Henrikson et al., 2001). Esto implica que no debe descartarse la posibilidad de utilizar algún otro criterio para clasificar a un individuo como adulto cuando se realizan estudios comparativos, por ejemplo la erupción del tercer molar, con el objeto de garantizar mayor homogeneidad entre las muestras consideradas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los evaluadores anónimos y a Luis Castro por sus importantes sugerencias en aspectos metodológicos. Este estudio fue financiado por el Proyecto de Incentivos N532 de la Universidad Nacional de La Plata.

## **BIBLIOGRAFIA CITADA**

- Ackermann RR (2005) Ontogenetic integration of the hominoid face. *J. Hum. Evol.* 48:175-197.
- Arat M, Köklö A, Özdiler E, Rübendüz M y Erdoğan B (2001) Craniofacial growth and skeletal maturation: a mixed longitudinal study. *Eur. J. Orthod.* 23:355-361.
- Axelsson S, Kjær I, Bjørnland T y Storhaug K (2003) Longitudinal cephalometric

- standards for the neurocranium in Norwegians from 6 to 21 years of age. *Eur. J. Orthod.* 25:185-198.
- Bastir M, Rosas A y O'Higgins P (2006) Craniofacial levels and the morphological maturation of the human skull. *J. Anat.* 209:637-654.
- Buikstra JE y Ubelaker DH (1994) Standards for data collection from human skeletal remains. *Arkansas, Archaeological Survey Research* (44).
- Buschang PH, Baume RM y Nass GG (1983) A craniofacial growth maturity gradient for males and females between 4 and 16 years of age. *Am. J. Phys. Anthropol.* 61:373-381.
- Coben SE (1998) The speno-occipital synchondrosis: The missing link between the profession's concept of craniofacial growth and orthodontic treatment. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 114:709-712.
- Enlow DH y Hans MG (1996) *Crecimiento Facial*. Mexico DF, McGraw-Hill Interamericana.
- Hall BK (2005) *Bone and Cartilage: Developmental and Evolutionary Skeletal Biology*. San Diego, Elsevier Academic Press.
- Hanihara T (2000) Frontal and facial flatness of major human populations. *Am. J. Phys. Anthropol.* 111:105-134.
- Hennessy RJ y Stringer CB (2002) Geometric morphometric study of the regional variation of modern human craniofacial form. *Am. J. Phys. Anthropol.* 117:37-48.
- Henrikson J, Persson M y Thilander B (2001) Long-term stability of dental arch form in normal occlusion from 13 to 31 years of age. *Eur. J. Orthod.* 23:51-61.
- Howells WW (1973) *Cranial Variation in Man*. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology. Cambridge, Harvard University Press.
- Humphrey LT (1998) Growth patterns in the modern human skeleton. *Am. J. Phys. Anthropol.* 105:57-72.
- İşcan MY y Loth SR (1989) Osteological manifestations of age in the adult. En İşcan MY y KAR Kennedy (eds): *Reconstruction of Life from the Skeleton*. New York, Alan R Liss, Inc., pp.23-40.
- Krovitz GE, Nelson AJ y Thompson JL (2003) Introduction. En Thompson JL, GE Krovitz y AJ Nelson (eds): *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*. Cambridge, Cambridge University Press, pp.1-11.
- Lieberman DE, Ross CF y Ravosa MJ (2000) The primate cranial base: ontogeny, function, and integration. *Ybk. Phys. Anthropol.* 43:117-169.
- Michejda M (1972) The role of basicranial synchondroses in flexure processes and

- ontogenetic development of the skull base. *Am. J. Phys. Anthropol.* 37:143-150.
- Moss ML (1973) A functional cranial analysis of primate craniofacial growth. *Symp. IVth Int. Congr. Primat.* 3:191-208.
- Moss ML (1997) The functional matrix hypothesis revisited. 4. The epigenetic antithesis and the resolving synthesis. *Am. J. Orthod. Dentof. Orthop.* 112:410-417.
- Nakamura Y, Kuwahara Y, Minyeong L, Tanaka S, Kawasaki K y Kobayashi K (1999) Magnetic resonance images and histology of the spheno-occipital synchondrosis in young monkeys (*Macaca fuscata*). *Am. J. Orthod. Dentof. Orthop.* 115:138-142.
- Okamoto K, Ito J, Tokiguchi S y Furusawa T (1996) High-resolution CT findings in the development of the sphenooccipital synchondrosis. *Am. J. Neuroradiol.* 17:117-120.
- Opperman LA, Gakunga PT y Carlson DS (2005) Genetic factors influencing morphogenesis and growth of sutures and synchondroses in the craniofacial complex. *Semin. Orthod.* 11:199-208.
- Raadscher MC, Kiliaridis S, van Eijden MGJ, van Ginkel FC y Prah-Andersen B (1996) Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. *Archs. Oral Biol.* 41:323-332.
- Rivero de la Calle M (1985) Nociones de Anatomía Humana Aplicadas a la Arqueología. La Habana, Editorial Científico-Técnica.
- Sardi ML y Ramírez Rozzi FV (2005) A cross-sectional study of human craniofacial growth. *Ann. Hum. Biol.* 32:390-396.
- Sardi ML y Ramírez Rozzi FV (2007) Developmental connections between cranial components and the emergence of the first permanent molar in humans. *J. Anat.* 210:406-417.
- Scheuer L y Black S (2000) *Developmental Juvenil Osteology*. London, Academic Press.
- Sperber GH (2001) *Craniofacial Development*. Hamilton, Ontario, BC Decker Inc.
- Vinter I, Krmptotic-Nemanic J, Ivankovic D y Jalsovec D (1997) The influence of the dentition on the shape of the mandible. *Coll. Antropol.* 21:555-560.
- White TD y Folkens PA (2000) *Human Osteology*. California, Academic Press.
- Williams-Blangero S y Blangero J (1989) Anthropometric variation and the genetic structure of the Jirels of Nepal. *Hum. Biol.* 61:1-12.

