

UNA TÉCNICA GEOMÉTRICA PARA LA ORIENTACIÓN DEL CRÁNEO DERIVADA DEL SISTEMA VESTIBULAR

*Alberto J. Marcellino**
*Sonia E. Colantonio**

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba,
República de Argentina, Av. Vélez Sarsfield 299-CC, 395, Fax. 54-51-244092.

ANTECEDENTES

La craneología tuvo desde sus inicios dos objetivos fundamentales: 1) lograr la mayor fidedignidad como técnica descriptiva, y 2) alcanzar la máxima eficiencia en las tareas de comparación. El primero de ellos se ha logrado sin mayores dificultades, pero no así el segundo, ya que la exigencia metodológica prioritaria en los estudios comparativos es el uso de un sistema de referencia invariante que permita describir, analizar y comparar estadios diacrónicos, como las secuencias en las etapas onto y filogenéticas.

Este último requisito es cumplido fundamentalmente por un plano de orientación del cráneo ligado a la función de mantenimiento del equilibrio que es aplicable a todos los vertebrados, relativamente independiente de la morfología del biosólido, y que aporta la posición de la cabeza que requiere el gasto mínimo de energía: el plano vestibular horizontal determinado por ambos conductos semicirculares horizontales del oído interno.

El origen de la técnica se remonta a los estudios de F. Pérez (1922) y L. Girard (1923), quienes usaban la disección del hueso temporal para la exposición del citado referente anatómico y procedieron a su aplicación en distintos vertebrados.

A comienzos de la década de 1940 A. Delattre, de la Facultad de Medicina de Lille, introdujo la modificación técnica significada por la telerradiografía lateral izquierda del cráneo y tomografía a nivel del laberinto óseo para la determinación de la ubicación del mencionado conducto (Delattre 1948, 1950 a y b, 1951, 1952).

A partir de esta última fecha, junto a Delattre y en estrecha colaboración con él, intervino en estos estudios R. Fenart, y dio lugar a una rica profun-

dización metodológica-conceptual (Delattre y Fenart 1952, 1953 a y b, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1960).

Pocos años después el mismo Fenart dio a conocer el vestibulógrafo, instrumento destinado a la búsqueda simple de los canales mediante la tomografía radiográfica clásica (Fenart 1969).

La cantidad y calidad de los trabajos realizados y dirigidos por Delattre y Fenart llevó a la constitución de toda una escuela craneológica que sigue aún hoy en día en plena actividad. Se han abordado cuestiones de dinámica comparativa del crecimiento animal y humano a nivel cefálico; cambios filogenéticos del cráneo durante la hominización; ontogenia del neuro y esplancocráneo humano; formulación de relaciones cráneo-faciales mediante variables vestibulares; determinación matemática de la posición, en coordenadas vestibulares, de los puntos craneométricos, y establecimiento

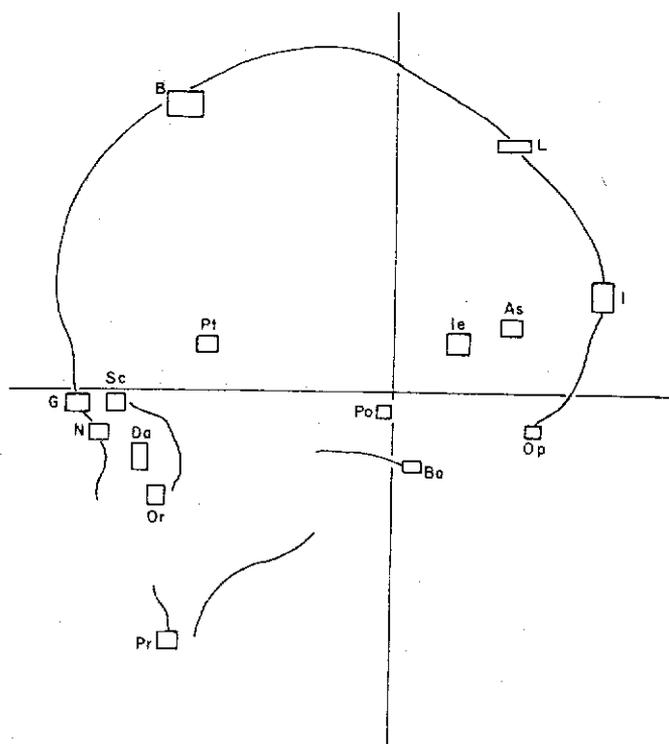


Figura 1. Las coordenadas vestibulares determinadas por los conductos semicirculares externos del oído interno.

de los tipos "promedio" correspondientes a colecciones craneanas arqueológicas y vivientes.

Sucintamente explicada, la técnica vestibular consiste en el uso de un sistema de ejes coordenados ortogonales (Figura 1). En él, el eje de las abcisas corresponde a la proyección lateral del plano de los conductos semicirculares. Por el punto medio del bucle de dicho canal (punto vestibiano interno), que identifican como V, se traza el plano frontal perpendicular al anterior, que se constituye entonces en eje de ordenadas.

Lamentablemente, y pese a sus inobjetables fundamentos biológicos, la técnica vestibular ha visto impedida su aplicación en no pocos ambientes antropológicos, tanto por la relativa carestía de la aplicación radiográfica cuanto por el estado de los materiales a analizar; esto último ocurre con los cráneos humanos de procedencia arqueológica, a menudo infiltrados de sales minerales que dificultan la visión radiológica de los accidentes anatómicos de pequeño tamaño, como son los conductos vestibulares óseos.

Para obviar tal inconveniente, y con miras a la consecución de una técnica más sencilla y operativa, A. Marcellino (1979) dedujo un procedimiento que permite—con gran aproximación—orientar el perfil medio-sagital obtenido con cubo craneóforo, teniendo como fundamento básico: 1) que según los datos estadísticos proporcionados por la escuela de Lille, el punto nasion externo se encuentra infrapuesto a 10° de la horizontal vestibular, y 2) de acuerdo con sus propios resultados, el centro de coordenadas se encuentra ubicado—estadísticamente hablando— a 3 mm hacia arriba y 5 mm por detrás del punto craneométrico porion (Figura 2). Esta técnica—que en adelante denominaremos "Geométrica"—consiste en usar una plantilla de acrílico transparente, en la que previamente se han inscrito los ejes vestibulares y las referencias accesorias para hacer coincidir las relaciones antes mencionadas, que se aplica sobre el perfil craneano y posibilita la marcación de los ejes.

La "técnica geométrica" demostró desde el inicio ser lo suficientemente eficaz como para justificar la investigación al máximo grado de exactitud posible tendiente a su ajuste y definitiva normalización. Dicha tarea se podría efectuar solamente si se tienen en cuenta los inconvenientes antes señalados que presentan los cráneos de procedencia arqueológica y aun los modernos, mediante el auxilio de un procesamiento radiológico de avanzada, como la tomografía computarizada.

Desde 1982 uno de los autores (Colantonio) se abocó a la tarea dentro de la realización de su tesis doctoral y, utilizando la técnica tomográfica Combine (González Toledo *et al.* 1983), efectuó las investigaciones que han

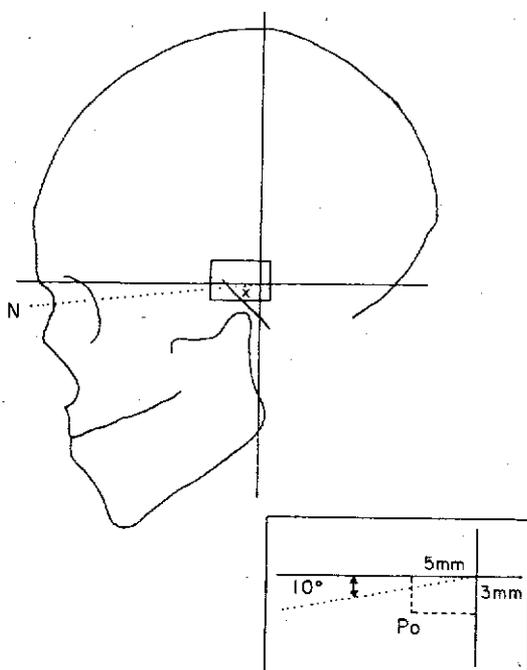


Figura 2. Referencia de la técnica geométrica.

permitido la normalización de la técnica geométrica y su aplicación al estudio tanto de cráneos sin deformación artificial como de aquellos que estaban afectados por distintas modalidades de la misma. La magnitud y extensión del trabajo realizado hace imposible su exposición detallada en una única oportunidad, por lo cual remitimos a la bibliografía respectiva (Colantonio *et al.* 1986 a, b, c y d).

MATERIALES

Se utilizó una muestra de 80 cráneos de aborígenes suramericanos, divididos en subgrupos de la siguiente manera, y de acuerdo con las normas establecidas por la tipología de las deformaciones por Demboe Imbelloni (1938):

1. Cráneos sin deformación (serie SD): 20 cráneos provenientes del delta del río Paraná y exhumados de diversos túmulos situados en los brazos del mencionado río.

2. Cráneos con deformación circular o anular (serie DC): 20 cráneos integrantes de una serie boliviana aymara y de una proveniente de Perú.

3. Cráneos con deformación tabular erecta (serie DTE): 20 cráneos de diverso origen: patagones de antiguos cementerios del valle del río Chubut, patagones de Santa Cruz, San Blas e isla Gama (provincia de Buenos Aires).

4. Cráneos con deformación tabular oblicua (serie DTO): 20 cráneos provenientes de distintos sitios arqueológicos del noroeste argentino (Tucumán, Catamarca, Salta y Jujuy).

Todas las piezas craneanas utilizadas integran las colecciones depositadas en la División Antropología del Museo de La Plata (provincia de Buenos Aires).

MÉTODO

Para el hallazgo del conducto semicircular externo en las piezas craneanas se utilizó tomografía computarizada, técnica de diagnóstico que reconstruye bidimensionalmente —a partir de la emisión o absorción de radiación electromagnética— las estructuras presentes en una delgada capa del cuerpo humano. En nuestro caso se usó la técnica por absorción (TCAT), ensayada en un tomógrafo Elscint Exel - 905 de alta resolución, perteneciente a la unidad de Diagnóstico de Alta Complejidad en la ciudad de Buenos Aires.

Con el objetivo de obtener la indicación de ambas ramas del bucle del mencionado conducto en el plano medio sagital craneano se utilizó la técnica Combine (González Toledo, *op.cit.*), consistente en la superposición de imágenes tomográficas registradas en diferentes planos pero con un mismo centro de enfoque. Cabe señalar que, de acuerdo con la información bibliográfica internacional más conspicuamente utilizada, sería ésta la primera vez que se usan ambos procedimientos de tomografía computarizada para los estudios vestibulares.

Para los fines de la posterior confrontación entre los datos vestibulares obtenidos con el auxilio de la tomografía computarizada y aquellos proporcionados por la técnica geométrica, se efectuó lo siguiente:

1. Obtención con el cubo craneóforo de perfiles craneanos sagitales por duplicado de las 80 piezas que componen la muestra, con sus correspondientes puntos craneométricos.

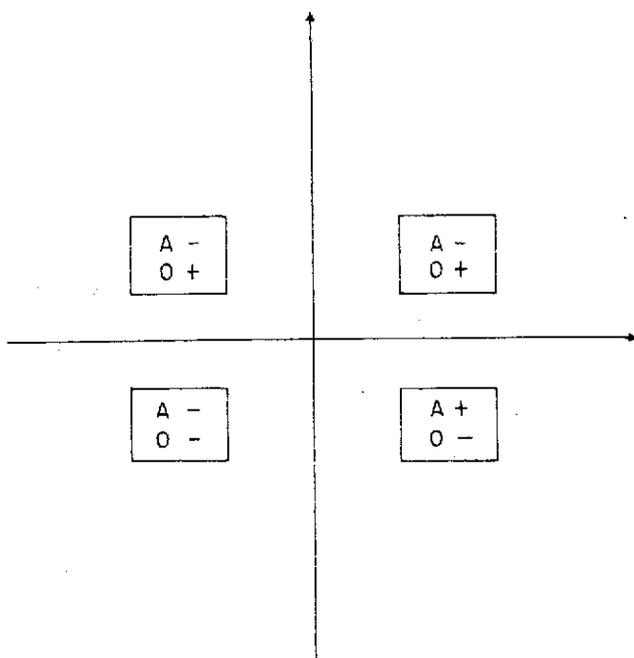


Figura 4. Los cuadrantes determinados por el sistema vestibular y la signología convencional para las medidas hacia cada eje.

supracilium (Sc), dacrion (Da), orbital (Or), pterion (Pt), asterion (As), incisural externo (Ie) y porion (Po).

4. El análisis estadístico-comparativo consistió en: a) obtención de los estadígrafos promedio (\bar{x}), desviación estándar (s) y coeficiente de correlación momento-producto de Pearson (r) entre abcisa y ordenada, de cada una de las coordenadas de los puntos en cada uno de los ocho subgrupos determinados por deformación y técnica utilizada —tomografía y técnica geométrica—; b) a partir de los valores obtenidos, construcción de las elipses de equiprobabilidad de 95% y 99%, correspondientes a cada punto craneométrico en aquellos ocho subgrupos (Figura 5), y c) por superposición de los centros de las elipses en cada serie de normales y deformados graficadas por ambas técnicas, se verificó el grado de concordancia entre los ejes de estas últimas (Figura 6).

5. Finalmente se determinaron, en los cuatro subgrupos sometidos a tomografía computarizada, los límites de confianza de los promedios de las coordenadas, y se construyó el cráneo "estadístico" correspondiente.

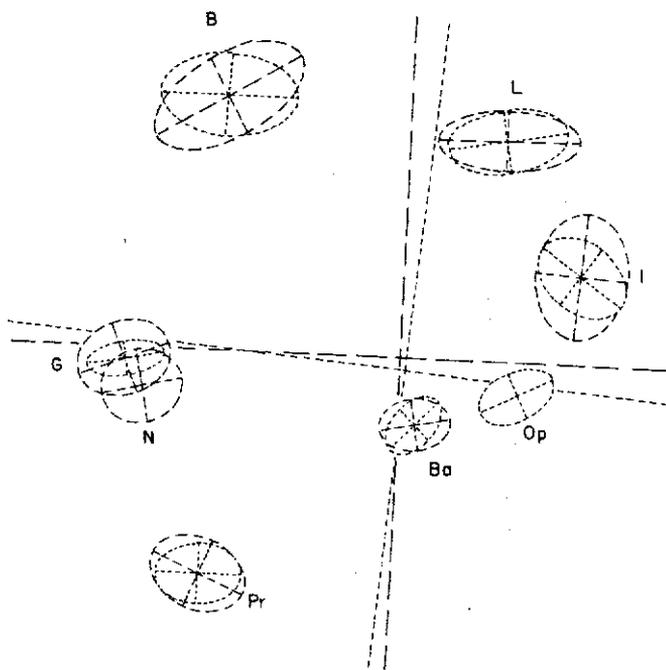


Figura 5. Elipses de equiprobabilidad a 95 y 99%, para los puntos reales medio-sagitales. En este caso corresponden al subgrupo de cráneos con deformación artificial tabular erecta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se exponen los principales hallazgos efectuados con este método en cráneos normales y con deformación artificial (circular, tabular erecta y tabular oblicua). Los elementos cuantitativos que han servido de base para la expresión literal de los resultados se encuentran expuestos en extenso en los trabajos antes citados (Colantonio *et al.*, 1986a, b, c y d).

Las figuras 5, 6 y 7, correspondientes a cráneos con deformación tabular erecta, ejemplifican el procedimiento seguido en el estudio sobre las cuatro series mencionadas.

En los gráficos que representan las elipses de equiprobabilidad, correspondientes a cada subgrupo de cráneos, se observó mayor dispersión

de las mismas y en general, menos correlación entre las coordenadas de los puntos, que en aquellos derivados de la aplicación de tomografía computarizada. Ello resultaría de considerar la ubicación del canal semicircular horizontal individualmente en cada cráneo, lo que se estandarizaría —reduciendo en escasa medida la variabilidad— al inmovilizar relativamente la situación de los puntos referenciales (nasion y porion) con la aplicación de la técnica geométrica.

Por medio de los mismos diagramas pudimos verificar lo ya obtenido por los autores de la escuela francesa con respecto a la variabilidad de los puntos craneanos. Para aquellos situados en la cara y base del cráneo se encontró una notable constancia de ubicación en los diferentes subgrupos con relación al sistema coordenado vestibular, seguramente en razón del

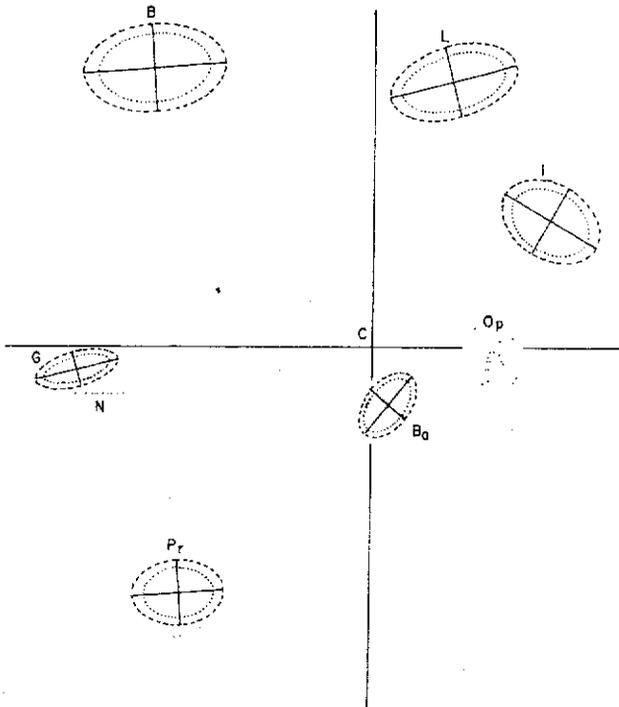


Figura 6. Verificación del grado de congruencia entre los ejes vestibulares obtenidos por tomografía computarizada (líneas a segmentos mayores) y por la "técnica geométrica" (líneas a segmentos más pequeños).

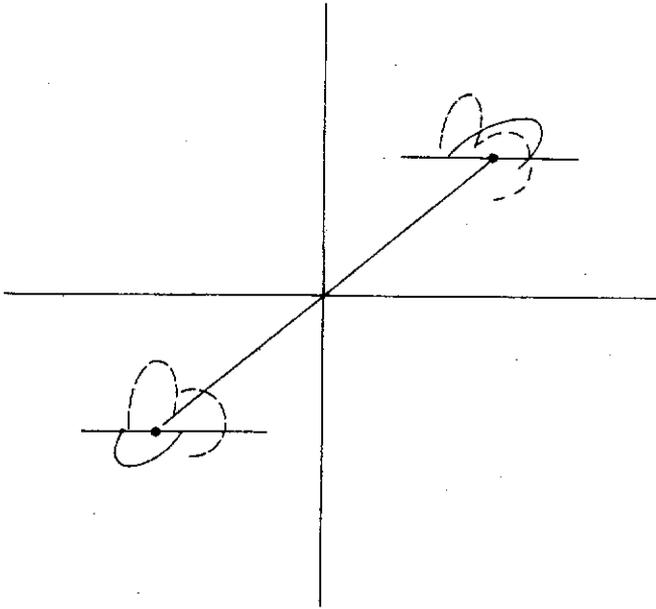


Figura 7. Cráneo estadístico promedio correspondiente al subgrupo con deformación tabular erecta. Deducido de los valores obtenidos con tomografía computarizada.

origen embriológico común de dichas regiones con el laberinto óseo a partir de los esbozos germinales (arcos branquiales) y el mismo tipo de osificación (endocondral). La situación inversa, es decir, la existencia de una fuerte variabilidad, se verifica para los puntos situados en la bóveda como consecuencia de su posición relativamente alejada de los conductos semicirculares y, finalmente, ser las zonas de osificación tardía intramembranosa directamente sometidas a la presión deformante.

La correlación entre las coordenadas vestibulares de cada punto craneométrico demostró ser, en general, de mayor valor absoluto en la serie no deformada. Este hecho sería atribuible a la acción de las presiones artificiales que, cualquiera que fuese su modalidad, impedirían la realización de la forma específica afectando el balance de la proporcionalidad natural de las coordenadas de aquellos puntos.

Por su parte, la forma y dimensión de las elipses de equiprobabilidad resultaron ser indicadores elocuentes de los desplazamientos experimentados

por los puntos del cráneo cuando éste es sometido a diferentes prácticas deformatorias. Es decir, el achatamiento de las mismas y la dirección de su eje mayor coinciden siempre con la de la presión deformante sobre cada punto y sus posibilidades de "movimiento" serial relativo.

La confrontación de los respectivos "cráneos promedio o estadísticos" de los cuatro subgrupos —no deformados y poseedores de las tres modalidades deformatorias mencionadas— permitió observar diferencias entre los cuadriláteros de confianza. Los correspondientes a puntos de la bóveda —al igual que las elipses equiprobables— tienden a alargarse en un sentido que manifiesta la probabilidad de "desplazamiento" dentro de cada serie cuando el biosólido se somete a presiones artificiales deformantes. De esta comparación surgió además un hecho, ya verificado en otros estudios (Colantonio 1986), con respecto a la influencia de las deformaciones del neurocráneo sobre variables métricas de la cara; en este ensayo los cuadriláteros de confianza ubicados en la región facial evidencian formas netamente diferentes a las que presentan los propios de cráneos no deformados cuando la deformación es de tipo circular o tabular oblicuo. Los correspondientes a la modalidad tabular erecta, en cambio, son sensiblemente similares a los de cráneos normales.

Finalmente, los resultados de la estadística comparativa pusieron de manifiesto la elevada congruencia entre el sistema coordenado geométrico y el establecimiento a partir de la tomografía computarizada. Ello tanto en el desplazamiento del centro del sistema cuanto en la magnitud de giro de los ejes coordenados, fuera en la serie no deformada o en las series con distintas modalidades deformatorias (Tabla 1). Como era de esperar, la mayor precisión de la identificación tomográfica indujo a una modificación de ajuste con miras a la estandarización de la técnica geométrica que, en definitiva, es la que presentaremos en el párrafo siguiente.

Modificaciones introducidas y presentación de la nueva técnica

En una confrontación general de los diagramas derivados de la aplicación de tomografía computarizada a cada subgrupo craneano verificamos que, con respecto a los puntos laterales o pares, el de menor variabilidad en el sistema coordenado, así como la ubicación casi constante de su punto promedio, corresponde sin duda al porion, lo que concuerda estrechamente con los resultados de la escuela francesa y los de A. Marcellino (*op. cit.*), que considera

Tabla 1

Referencias angulares y métricas para la determinación del centro vestibular (C) con la técnica comunicada

Cráneos		Puntos sagitales		Puntos laterales	
No deformados	Po N		-9° A: -1.5 mm O: -6.5 mm		-9° A: -1.5 mm O: -6.3 mm
Def. circular	Po N		-8° A: 0 mm O: -6.5 mm		-8° A: 0 mm O: -7.0 mm
Def. tabular erecta	Po N		-9° A: -1.5 mm O: -8.0 mm		-9° A: -1.5 mm O: -8.0 mm
Def. tabular oblicua	Po N		-7° A: -2.0 mm O: -6.0 mm		-7° A: -2.0 mm O: -6.0 mm

a dicho punto como hito de referencia invariante para la construcción de la "técnica geométrica".

La superposición de los ejes coordenados —efectuada por pares de subgrupos— en los diagramas indicativos de puntos sagitales derivados de la tomografía evidencia una mayor constancia de la ubicación del nasion en dos de las confrontaciones y del basion en las cuatro restantes. A pesar de ello, desechamos la elección del último como punto referencial para la construcción de la técnica por dos razones fundamentales: 1) la muy frecuente ausencia del basion en los cráneos arqueológicos, y 2) al encontrarse éste espacialmente cerca del porion, su utilización referencial extremaría el trazado, al punto de hacer un sistema poco operativo y quizás altamente erróneo.

Efectuamos entonces, de acuerdo con los resultados obtenidos, una corrección de la plantilla transparente haciendo que el porion empírico se encuentre —con respecto al centro de coordenadas vestibulares— en un punto cuya abcisa es -1.2 mm y -6.8 mm su ordenada. En lo que corresponde al nasion, su referencia debe establecerse a 8° por debajo de la horizontal vestibular.

ABSTRACT

In the work field it was compared the obtained results through the application of two different vestibular (vestibule of the inner ear) techniques, the

computerized tomography and the geometrical one, with the purpose to confirm the accuracy of the latter one which requires a minimum of equipment for its application. Both techniques are used in the analysis of the dynamics for the neurocranium (part of the skull which encloses and protects the brain), and its relation with the splenocranium (the largest endocrine gland).

A comparative analysis was done in 80 craniums; 20 of them with no deformation whatsoever, coming from the Paraná river delta region; 20 with an annular-shaped deformation, pertaining to members of the "aymaras" tribe; 20 with a straight tube-shaped deformation, from people of the "patagonians" tribes from diverse origins; and 20 with slanted tube-shaped deformation, coming from different sites in the Argentinian North-east side.

Results from the comparative analysis on the mentioned techniques let the confirmation of a high relation among them; thus the reliability on results obtained in the use of geometrical techniques. In this way, among other aspects derives from its use, it is remarkable the form and dimension of the equi-probability ellipse, as proper indicators in the moving experienced by spots at the cranium when this is turned on different deformatory practices; on the other hand, it is confirmed the influence on deformations both of the slanted and annular tube-shaped type at the neurocranium over the facial metric variances.

REFERENCIAS

COLANTONIO, S.

- 1986 *El sistema vestibular como método de referencia para estudios de craneogeometría humana*, tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales.

COLANTONIO, S., A. J. MARCELLINO Y E. GONZÁLEZ TOLEDO

- 1986a "Normalización de una técnica derivada de la orientación vestibular. I: cráneos no deformados", *Publicaciones del Instituto de Antropología*, XLII:7-36.
- 1986b "Normalización de una técnica derivada de la orientación vestibular. II: deformación circular", *Publicaciones del Instituto de Antropología*, XLII:37-62
- 1986c "Normalización de una técnica derivada de la orientación vestibular. III: deformación tabular erecta", *Publicaciones del Instituto de Antropología*, XLIII:7-32.
- 1986d "Normalización de una técnica derivada de la orientación vestibular. IV: deformación tabular oblicua", *Publicaciones del Instituto de Antropología*, XLIII:33-59.

DEFRISSE-GUSENHOVEN, E.

- 1955 "Elipses équiprobables et taux d'éloignement en Biométrie.", *Bull. de Inst. Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 31 (26):1-29.

DELATTRE, A.

- 1944 "Nouvelle méthode d'étude de l'anatomie comparée du squelette du crâne et de la face", *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 5, serie IX.
- 1948 "Le mecanisme de la tranformation du crâne animal en crâne humain.", *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 9, serie IX.
- 1950a "La formation de la face humaine", *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 1, serie X.
- 1950b "Le méthode en craniologie. Etude critique", *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 1, serie X.
- 1951 *Du crâne animal au crâne humain*, Paris, Masson edit.
- 1952 "L'orientation du crâne, méthode vestibulaire et méthode vestibienne", *L'Antropologie*, Paris, 56:3-4.

DELATTRE, A. Y R. FENART

- 1952 "L'évolution morphologique du cervau. II: Les ventricules latéraux", *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 3, serie x.
- 1953a "Ontogénèse du crâne humain. Vue générale", *L'Anthropologie*, Paris, LVII (5 y 6):444-452.
- 1953b "Méthode vestibulaire et craniométrie. Détermination des axes vestibulaires et coordonnées vestibulaires", *Bull. Mém. Soc. Anthr. Paris*, 4:543-549, serie x.
- 1954 *Rotation occipitale positive et négative*, Paris, Comptes Rendus Academie des Sciences, 239:676-678.
- 1955 "Le développement du crâne du Gorille et du Chimpanzé, comparé au développement du crâne humain", *Bull. Mém. Soc. Anthr. Paris*, 6, serie x.
- 1956 "Analyse morphologique du splanchnocrâne chez les primates et ses rapports avec le prognathisme", *Mammalia*, xx (2-3).
- 1957 "Position relative de la mâchoire, de l'orbite et du crible par rapport au vestibule osseux chez les Primates", *Arch. d'Anat., P. et B.*:137-140.
- 1958 "La méthode vestibulaire appliquée à l'étude du crâne", *Zeitschrift for Morph. Anth.*, 49 (1):90-114.
- 1960 *L'hominization du crâne étudiée par la Méthode Vestibulaire*, Paris, C.N.R.S.

DEMBO, A. Y J. IMBELLONI

- 1938 *Deformaciones intencionales del cuerpo humano de carácter étnico*, Buenos Aires, Biblioteca humanoir, Sec.A, vol. III.

FENART, R.

- 1967 "Situation vestibulaires moyenne des principaux éléments du neurocrâne humain adulte, et étude de leur variabilité", *Bull. Mém. Soc. Anthr. Paris* (1):335-357, serie XII.
- 1969 "Le vestibulographe", *Bull. Mém. Soc. Anthr. Paris* (4): 365-370, serie XII.

FENART, R. I., R. DEBLOCK Y J. LOUBAND

- 1977 "Dispositif de recherche du plan médio-labyrinthique, adapté au nouveau vestibulographe", *Bull. Mém. Soc. Anthr. Paris*, 4, (1):19-21, série XII.

- GEN SUWA
1981 "Fundamental characteristics of the vestibular coordinate system in human craniology", *Jour. Anthrop. Soc. Nippon*, 89(3):303-328.
- GIRARD, L.
1923 "Le plan des canaux semi-circulaires horizontaux considéré comme plan horizontal de la tête", *Bull. Mém. Soc. Anthr. Paris*, 4:12-23, serie VII.
- GONZÁLEZ TOLEDO, E., M. KAUFMAN Y S. COLANTONIO
1983 *Addition of Two C.T. Weighted Images*, Actas RCNA-Exel Users Meeting, Chicago.
- IMBELLONI, J.
1925 "Deformaciones artificiales del cráneo en Suramérica, polígonos aberrantes", *Rev. del Museo de la Plata*, xxxviii:329-407.
1942 "Acotaciones al mapa de los pueblos deformadores de la región andina central", *Anal. Museo Argentino Cs.Ns.*, Buenos Aires, x:253-268.
- MARCELLINO, A.
1979 *Análisis de las relaciones craneogeométricas mediante una nueva técnica de aplicación del método vestibular*, tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas.
- PÉREZ, A.
1922 "Craniologie vestibienne, ethnique et zoologique", *Bull. Mém. Soc. Anthr. Paris*, 3:16-32, serie VII.
- WIESS, P.
1961 *Osteología cultural. Prácticas cefálicas*, Lima.