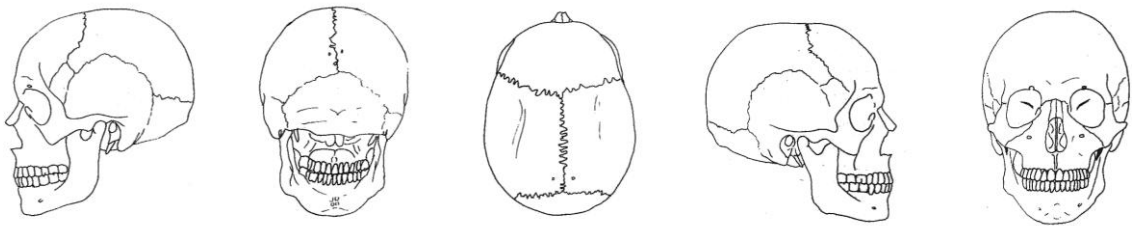




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID  
FACULTAD DE CIENCIAS

**EL CONOCIMIENTO DE LAS POBLACIONES DEL  
PASADO A TRAVÉS DE LOS RESTOS ÓSEOS:  
ESTUDIO DE SUTURAS CRANEALES Y HUESOS  
WORMIANOS EN COLECCIONES  
OSTEOARQUELÓGICAS.**



PROYECTO FIN DE CARRERA  
BIOLOGÍA EVOLUTIVA Y BIODIVERSIDAD

**Julia Audije Gil**  
Septiembre, 2012



# ÍNDICE

I. RESUMEN	3
II. INTRODUCCIÓN	3
2.1. Recorrido histórico en relación al estudio de las suturas craneales.	5
2.2. Los huesos wormianos.	7
2.3. Suturas especiales y puntos craneométricos de interés.	7
a) La sutura metópica.	8
b) Cinco puntos craneométricos de interés.	9
c) La sutura transversa/mendosa y el hueso interparietal.	10
III. OBJETIVOS	11
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	11
4.1. Muestra.	12
4.2. Toma de datos.	13
a) Variables cuantitativas.	13
b) Variables cualitativas.	14
4.3. Análisis estadístico.	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1. Tipo de dibujo.	16
5.2. Cierre.	18
5.3. Huesos wormianos y puntos craneométricos.	21
5.4. Metopismo.	24
5.5. Consideraciones finales.	25
VI. CONCLUSIONES	26
VII. BIBLIOGRAFÍA	27
VIII. AGRADECIMIENTOS	29

## I. RESUMEN

El interés que existe en la literatura científica en torno al estudio de las suturas craneales y los huesos wormianos radica en su alto grado de complejidad y variabilidad. En el presente trabajo se realiza un análisis de la variabilidad presentada por las suturas del neurocráneo y cinco puntos craneométricos de interés.

La muestra estudiada estaba compuesta por 134 cráneos. Se utilizó un diagrama inspirado en trabajos clásicos para la descripción de los patrones en que se dividieron las suturas y se analizó la frecuencia de aparición de diferentes variables discretas. Tras el análisis de las frecuencias se determinó la variabilidad presentada en torno al dibujo de la línea sutural, el grado de obliteración y la presencia de huesos wormianos para cada sector estudiado. No se hallaron grandes incongruencias con trabajos anteriores realizados al respecto en los textos científicos.

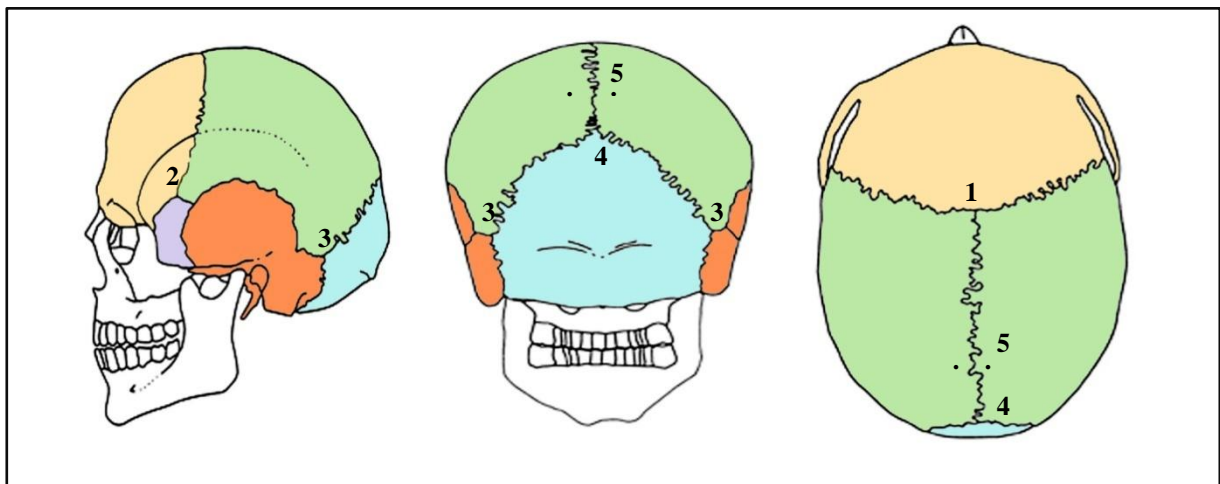
## II. INTRODUCCIÓN

El cráneo es la región más estudiada en el esqueleto humano y, en general, también en el resto de los animales vertebrados. El interés que suscita en la literatura científica radica en su complejidad estructural y funcional (White y Folkens, 2005). Se trata de uno de los elementos esqueléticos más importantes del cuerpo por su relación directa con el sistema nervioso: protege el cerebro y los órganos de los sentidos. Además, alberga la estructura del aparato masticador. En Osteología humana, concretamente, se utiliza como objeto de estudio para disertar acerca de cuestiones como la edad y el sexo de los individuos que forman parte de una muestra analizada, o para entender aspectos cruciales de la historia evolutiva de los homínidos.

El cráneo de *Homo sapiens* posee menos huesos que el de otros mamíferos, lo que es generalmente el producto de la fusión de algunos de estos en la filogenia de la especie (da Mata *et al.*, 2010). En el momento del nacimiento, el cráneo está constituido por cuarenta y cinco elementos separados, unidos por tejido conectivo denso, que en determinados puntos forman superficies membranosas denominadas fontanelas. Estas fontanelas son membranas de cartílago que se transforman en hueso en el desarrollo del cráneo adulto (Scheuer y Black, 2000).

En el presente proyecto, las estructuras estudiadas forman parte únicamente del neurocráneo, o cráneo cerebral, que está constituido en un individuo adulto por ocho huesos: frontal, etmoides, esfenoides, parietal izquierdo y derecho, temporal izquierdo y derecho, y occipital (Campillo y Subirà, 2004) (**Figura 1**). Estos huesos articulan entre sí por estructuras denominadas suturas craneales, que se cierran con el paso de los años en un proceso que se conoce con el nombre de sinostosis (Scheuer y Black, 2000; White y Folkens, 2005). Las suturas que forman parte del neurocráneo y son objeto de estudio en el presente trabajo, según la descripción que de las mismas realizan Campillo y Subirà (2004), y White y Folkens (2005) son (**Figura 1**):

- Sutura coronal: unión del hueso frontal y los parietales izquierdo y derecho.
- Sutura sagital: unión entre los huesos parietales que forma la línea media en el plano sagital del cuerpo.
- Sutura lambdoidea: unión entre los dos parietales y el hueso occipital.
- Sutura escamosa: unión entre el hueso temporal y parietal, tanto en su lado izquierdo como en el derecho. Se conoce también como sutura temporo-parietal.
- Sutura metópica: unión entre las mitades del hueso frontal cuando aún está sin fusionar, de la que se habla más adelante por su especial interés en anatomía craneal.



**Figura 1.** Vista lateral, posterior y cenital de diferentes huesos del neurocráneo: frontal (beis), parietales (verde), esfenoides (lila), temporales (naranja) y occipital (azul). Los puntos craneométricos señalados son: 1) Bregma, 2) Pterion, 3) Asterion, 4) Lambda, 5) Obelion. Modificado de Buikstra y Ubelaker (1994).

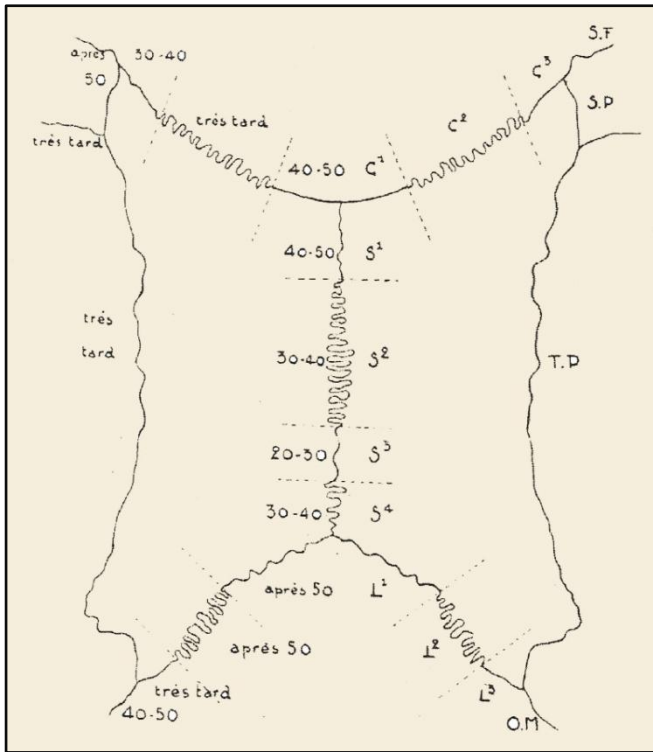
## 2.1 Recorrido histórico en relación al estudio de las suturas craneales.

Dentro de los estudios realizados acerca del cráneo humano son varios los temas sobre los que más ríos de tinta han corrido en la literatura científica. Entre ellos están: el análisis de los patrones en que se desarrollan las suturas craneales, en relación a su morfología, función y variabilidad, y la presencia de huesos supernumerarios, denominados wormianos.

Para entender la fascinación de los estudiosos en el tema de las suturas craneales es necesario remontarse a finales del siglo XIX. Si bien es cierto que otros autores se habían ocupado del estudio anatómico y descriptivo del cráneo, fue Broca (1875) quien primero realizó un estudio exhaustivo de la anatomía craneal. Tras analizar las características métricas y no métricas generales, llegó a la conclusión de que cada una de las suturas del neurocráneo se hallaba dividida en varios segmentos de longitud y morfología variables. Encontró diferencias en el ‘dibujo’ de la línea sutural, en el grado de obliteración y la longitud, lo que le llevó a determinar que las suturas coronal y lambdoidea poseían diferencias marcadas en tres sectores de su recorrido (tanto en el lado izquierdo como en el derecho), y la sutura sagital en cuatro sectores.

El trabajo de Vallois (1937) sobre cómo abordar el estudio de los restos fósiles de homínidos en relación a la determinación de la edad, supuso un punto de inflexión para el estudio de las suturas craneales. Sus averiguaciones siguen siendo tema de discusión en la literatura científica actual. Dicho trabajo, consistía en una revisión de estudios realizados por otros autores (Ribbe, 1885; Parsons y Box, 1905; Frédéric, 1906-1909; Todd y Lyon, 1925; todos citados en Vallois, 1937) sobre la edad de cierre y obliteración de los segmentos suturales descritos por Broca (1875). Para apreciar las diferencias obtenidas por cada autor en varias poblaciones humanas y en los diferentes rangos de edad que se analizaron, Vallois realizó una famosa figura esquematizada de las suturas de la bóveda craneal con los diferentes sectores y edades de obliteración, que ha sido citada reiteradamente en la literatura científica (**Figura 2**).

Puesto que la determinación de la edad es imprescindible en cualquier estudio osteológico, y basándose en estas publicaciones clásicas, uno de los criterios de determinación de la edad de los restos óseos más utilizado en Osteología humana (para individuos que ya han finalizado su desarrollo), ha sido históricamente la edad de obliteración de los segmentos de las suturas coronal, sagital y lambdoidea.



**Figura 2.** Diagrama de las suturas de la bóveda craneal desde una vista cenital, con las edades de obliteración correspondientes. Tomada de Vallois (1937).

Este diagrama de las suturas diseñado por Vallois sigue estando vigente, con algunas modificaciones, en los manuales de metodologías para la determinación de la edad (Olivier, 1960; Dérobert y Fully, 1960; Meindl y Lovejoy, 1985; todos citados en Campillo y Subirà, 2004). Sin embargo, existe mucha controversia al respecto en las publicaciones. Si bien la obliteración comienza generalmente a partir de los treinta años, el tiempo de cierre es muy variable en función de los individuos y las poblaciones (Alves *et al.*, 2009), lo que ha conducido a realizar estudios más recientes al respecto que determinan que la asignación de una categoría de edad

basada en la evaluación de la obliteración de la suturas no es posible (Obert *et al.*, 2010).

Respecto a temas no relacionados con la edad del individuo, algunos autores proponen modificaciones en la división de los sectores de las suturas del neurocráneo realizada por Vallois, en función de sus características variables en el dibujo, obliteración y presencia de otros rasgos no métricos. En Singer (1953; citado en Masset, 1982) por ejemplo, se divide la sutura coronal en cuatro segmentos en lugar de tres, y en Alves *et al.* (2009) se divide la sutura sagital en tres. A pesar de estos estudios, existe gran persistencia, bien por acomodación de los datos a la población de estudio de los diferentes trabajos, bien por tradición y mantenimiento de los textos clásicos, de la división original del esquema de Vallois (1937) y la descripción morfológica de Broca (1875). Pero el hecho de que siga vigente la separación de las suturas en sectores, tiene su fundamento en que parece ser que estas divisiones se comportan como elementos relativamente independientes y la mejor manera de calcular la variabilidad presente y los patrones de los diferentes caracteres es a través de dicha división (Masset, 1982).

## **2.2 Los huesos wormianos.**

En lo que concierne al estudio de las suturas tienen especial importancia, como se ha mencionado anteriormente, unas pequeñas osificaciones irregulares, cuya incidencia es variable en un mismo individuo y en las poblaciones, así como lo es su forma, número, posición y momento de aparición (da Mata *et al.*, 2010). Estos huesos supernumerarios que, en ocasiones, se encuentran a lo largo de las mismas o en la posición de las fontanelas, se denominan huesos wormianos. Aunque se conocen desde tratados antiguos de la Grecia clásica, fueron descritos por primera vez por Worm en 1611, quien los llamó *ossa suturarum* (Campillo y Subirà, 2004; da Mata *et al.*, 2010).

Los huesos wormianos son osículos irregulares que, según la mayoría de los autores, se originan por centros de osificación independiente del resto de los huesos del neurocráneo. Su presencia en un individuo se considera como un rasgo no métrico. Su formación es debida principalmente al desprendimiento de márgenes de osificación de los bordes de los huesos que conforman la bóveda craneal (de Beer, 1971). Existe controversia en torno a su forma de osificación, que bien puede ser dérmico o endocondral. Sin embargo, no existe tanta discusión respecto al hecho de que se trata de osificaciones embrionarias que surgen durante el desarrollo en relación al cierre del neurocráneo al ‘encapsular’ el cerebro (de Beer, 1971).

Los huesos wormianos pueden ser de dos tipos en función del lugar en el que se hallen: suturales, si aparecen en la sutura entre dos huesos adyacentes, o fontanelares, si aparecen en la intersección entre tres o más huesos del cráneo (de Beer, 1971). Hay que tener especial atención en los casos en los que se encuentra un hueso supernumerario grande, en forma de osificación intercalar entre otros huesos del neurocráneo, ya que estas estructuras pueden ser homólogas de elementos que originalmente no están fusionados en otros vertebrados, en cuyo caso no deberían ser denominados huesos wormianos sino recibir el nombre del hueso que constituían originalmente en la filogenia (de Beer, 1971). Este es el caso del hueso interparietal, que se explicará en el apartado 1.3.b, y la controversia científica que existe alrededor de su nomenclatura (Hanihara e Ishida, 2001c).

## **2.3 Suturas especiales y puntos craneométricos de interés.**

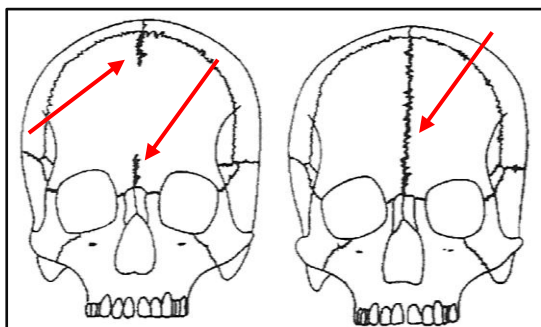
Para la realización del presente estudio se han tenido en cuenta una serie de características peculiares en relación a las suturas del neurocráneo y la aparición de huesos wormianos que son, por un lado, la posible persistencia de una o dos suturas embrionarias en

individuos adultos (el caso de la sutura metópica, y las suturas mendosa y transversal). Por otro, la variabilidad anatómica que está presente en cinco puntos craneométricos bien definidos en un cráneo completo (los cinco ya citados: bregma, obelion, lambda, pterion y asterion) (señalados en **Figura 1**).

a) La sutura metópica:

El hueso frontal osifica de forma membranosa a partir de dos centros primarios que aparecen en el segundo mes de vida fetal (Chandrasekaran y Shastri, 2011). Cuando no se observa el cierre, cuyo momento es variable, de las dos mitades que configuran este hueso la sutura que resulta entre ellos se conoce como sutura metópica. Para algunos autores (Skrzat *et al.*, 2004), oblitera normalmente entre el primer y segundo año de vida, quedando completamente fusionada en el tercero, y aunque en algunos casos permanezca presente en el séptimo. Existe un consenso general en admitir que desde el primer año de vida hasta los ocho años es normal observar esta sutura en un cráneo. Cuando esta característica persiste y está presente en el individuo adulto su aparición se conoce con el nombre de metopismo (Campillo y Subirà, 2004).

Esta sutura es considerada una extensión de la sutura sagital (Skrzat *et al.*, 2004) y se trata de una variable que puede aparecer con diferentes grados de expresión. Cuando la sutura metópica se extiende desde la parte anterior del hueso frontal al punto donde este confluye



**Figura 3.** Vista frontal de dos cráneos. A la izquierda, metopismo glabellar y bregmático (en la parte anterior y posterior del frontal respectivamente). A la derecha, metopismo completo. Modificada de Campillo y Subirà (2004).

con los parietales, se denomina sutura metópica completa (**Figura 3**). En caso de tratarse de los restos de esta sutura en el frontal y encontrarse sólo parcialmente fusionada se denomina sutura metópica incompleta (Chandrasekaran y Shastri, 2011) (**Figura 3**). Esta sutura incompleta puede presentarse en diversas morfologías, siendo la presencia a nivel glabellar la posibilidad más frecuente.

En general, el metopismo se ha observado en unas frecuencias entre el 1% y el 12% de los cráneos diferentes poblaciones (Skrzat *et al.*, 2004), siendo la población europea una de las



que más frecuentemente presenta este rasgo. Aunque no están claras las razones de su persistencia en los individuos, existen varios factores que se encuentran asociados a éste, tanto en los individuos patológicos como en los que no lo son: un crecimiento anormal de los huesos del cráneo, una interrupción del crecimiento, la heredabilidad, el sexo, las influencias hormonales, las malformaciones craneales, hidrocefalia, y atavismo (Chandrasekaran y Shastri, 2011).

b) Cinco puntos craneométricos de interés (**Tabla 1**):

Punto	Características
<b>Bregma</b>	En el borde posterior del hueso frontal; intersección de la sutura coronal y la sagital. Coincide también con la sutura metópica en los infantiles y en algunos adultos (Howells, 1973). En este punto se encuentra la más grande y persistente de las fontanelas embrionarias (Barclay-Smith, 1910). Pueden presentarse rasgos no métricos peculiares como la presencia de huesos wormianos.
<b>Obelion</b>	Situado en el tercio posterior de la sutura sagital (Campillo y Subirà, 2004). Recibe su nombre por el parecido que presenta con el símbolo griego <i>obelos</i> (÷) puesto que en él se encuentra el foramen parietal (perforación natural que transmite un vaso sanguíneo al seno superior sagital pero que puede ser el resultado de un retraso en la osificación) (Mann <i>et al.</i> , 2009).
<b>Lambda</b>	Situado en el ápice del hueso occipital en su unión con los dos parietales. También es importante, como bregma, por poder presentar huesos supernumerarios (Howells, 1973).
<b>Pterion y Asterion</b>	Puntos de confluencia de suturas que se observan en los lados laterales de un cráneo. En ambos es frecuente encontrar huesos wormianos, siendo estos mucho más frecuentes en el asterion (Barclay-Smith, 1910; Mwachaka <i>et al.</i> , 2009). Sus patrones de formación también exhiben variaciones según las poblaciones (Mwachaka <i>et al.</i> , 2009). El pterion es el punto de contacto entre los elementos faciales del esqueleto, la base del cráneo y la bóveda craneal (Urzi <i>et al.</i> , 2003). El asterion por su parte es el punto en el que confluyen el parietal el temporal y el occipital (Howells, 1973).

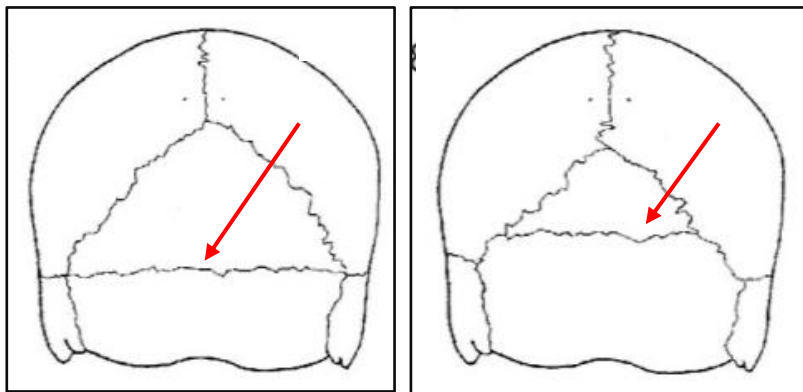
**Tabla 1.** Puntos craneométricos de interés estudiados en el presente trabajo. Su localización se mostraba en la **Figura 1**.

El especial interés de los mencionados cinco puntos craneométricos radica en que se trata de puntos situados en fontanelas embrionarias, luego forman parte de la intersección entre tres o más suturas del cráneo, y además, son puntos homólogos. Además, presentan una gran variabilidad morfológica.

c) La sutura transversa/mendosa y el hueso interparietal:

El caso de la sutura transversa es similar al de la sutura metópica, aunque parece existir más controversia en la literatura sobre su aparición y nomenclatura.

Parte de esa confusión de términos procede de las publicaciones clásicas sobre la variabilidad presente en el hueso occipital. Algunos autores del siglo XIX (Saint-Hilaire, 1823; Bellamy, 1842; Rivero y Tschudi, 1851; citados en Shapiro y Robinson, 1976) realizaron las primeras descripciones de una sutura transversa (perpendicular a la sagital) que dividía la parte escamosa del occipital en dos huesos. El superior, de característica forma triangular fue denominado *os incae* o hueso inca, debido a su alta frecuencia de aparición en poblaciones precolombinas.



**Figura 5.** Cráneos en vista posterior. A la izquierda, sutura biasteriónica/mendosa dividiendo el hueso occipital. A la derecha, hueso pre-interparietal separado por una sutura transversa en el occipital. Modificada de Campillo y Subirà, 2004.

Por otro lado, encima de la cresta nuchal (protuberancia posterior del cráneo) existe una sutura embrionaria denominada sutura mendosa que divide la parte escamosa del hueso occipital en dos mitades (**Figura 5**). En ocasiones, estas partes no se unen y permanece una reminiscencia de esta sutura, que se denomina en

el adulto también sutura biasteriónica. Algunos autores (Osseberg, 1969; citado en Hanihara e Ishida, 2001c) consideran que la porción superior de esta sutura es lo que tradicionalmente se conocía con el nombre de hueso inca. Sin embargo, en la literatura más actual se tiende a pensar que la sutura transversa del occipital que separa el hueso inca es diferente de la sutura biasterionica (Hanihara e Ishida, 2001c). La sutura transversa separaría el hueso pre-

interparietal (que sería el conocido anteriormente como hueso inca) del resto del occipital (**Figura 5**), estando presente entre lambda y una sutura transversa. Además de esta sutura transversa, a veces existe una o más suturas longitudinales que dividen el hueso preinterparietal dando lugar a múltiples variedades de huesos supernumerarios. La sutura biasteriónica separaría el hueso interparietal completo (reminiscencia del hueso interparietal de otros vertebrados, Hanihara e Ishida, 2001a; da Mata *et al.*, 2010).

### III. OBJETIVOS

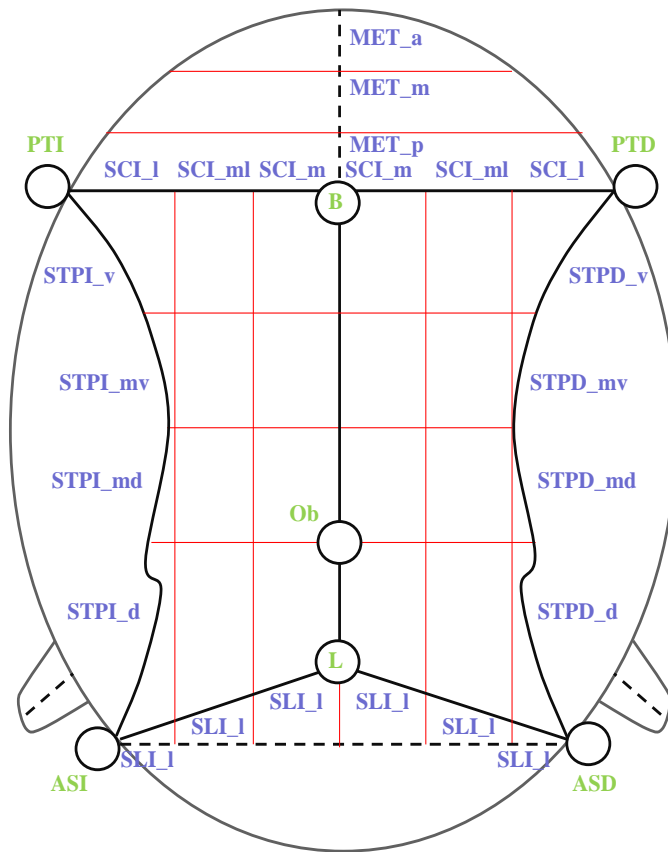
- Describir los patrones que presentan los diferentes sectores en que se han dividido las suturas del neurocráneo, para conocer su frecuencia de aparición en la muestra estudiada.
- Estimar la frecuencia de aparición de cada tipo de dibujo y cada grado de obliteración en la línea sutural de los diferentes segmentos para determinar el patrón de complicación de cada sector en estas variables.
- Calcular la frecuencia de aparición de metopismo en el conjunto de las poblaciones para estudiar su distribución por edad y sexo.
- Estimar la frecuencia de aparición de los huesos wormianos en los diferentes sectores suturales y puntos craneométricos con el fin de establecer las zonas del cráneo en las que más incidencia de estos osículos se presenta en las poblaciones estudiadas.

### IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del estudio de las suturas craneales y presencia de huesos wormianos del presente proyecto fin de carrera se utilizó un diagrama *ad hoc* (**Figura 6**) inspirado en el diseñado por Vallois (1937) en relación a la separación de los segmentos de cada sutura y puntos de interés craneométrico del neurocráneo. Respetando en lo posible las divisiones de los trabajos clásicos, se desarrolló una proyección en dos en dos dimensiones de la norma superior de un cráneo, desde su cara exocraneal (**Figura 6**).

Las suturas coronal, izquierda (SCI) y derecha (SCD), y lambdática, izquierda (SLI) y derecha (SLD), se dividieron respectivamente en tres sectores de igual longitud, de la zona

lateral a la medial del plano sagital: sector lateral (l), sector medio-lateral (ml) y sector medial (m). Las suturas temporo-parietal, izquierda (STPI) y derecha (STPD), y la sutura sagital (SS) se



**Figura 6.** Diagrama bidimensional de la norma superior de un cráneo, con los diferentes segmentos de cada sutura delineados en rojo. Sigla del sector en azul y sigla del punto craneométrico (descritos en **Tabla 1**) en verde.

#### 4.1 Muestra.

Se estudiaron 134 cráneos completos, incompletos y reconstruidos de tres colecciones osteoarqueológicas diferentes del Laboratorio de Poblaciones del Pasado de la Facultad de Ciencias de la UAM.

- 27 cráneos procedentes del osario de la iglesia de Santa María de la Soledad (Almansa, Albacete, siglos XIII-XVIII);

dividieron en cuatro sectores, de la zona ventral a la dorsal: sector ventral (v), sector medio-ventral (mv), sector medio-dorsal (md) y sector dorsal (d). En caso de que aparecieran la sutura metópica (MET) o las transversa/biasteriónica (ESC), estas eran divididas también en tres y seis segmentos respectivamente, de igual longitud. Para la metópica, de nasion a bregma: sector anterior (a), medio (m) y posterior (p). Para las transversa/biasteriónica, separadas por la línea media que marca el plano sagital, en izquierda y derecha, de la zona lateral al medio de dicho plano: sector lateral (l), medio-lateral (ml) y medial (m).

- 98 cráneos procedentes de la población hispanomusulmana de la Maqbara de San Nicolás (Murcia, siglos XI-XIII);
- 9 cráneos procedentes de la población de La Encantada (Granátula de Calatrava, Ciudad Real, II milenio a. C.).

#### **4.2 Toma de datos.**

La recogida de los datos se realizó en un fichero Excel en el que se tomó información de 211 variables para cada cráneo estudiado. Las primeras 64 variables de cada segmento y punto craneométrico hacían relación a la preservación de los mismos, de modo que se pudiera realizar una valoración posterior de los datos perdidos en el muestreo por mala conservación de los ejemplares.

Los restos óseos proporcionan una información sustancial de las características de los individuos que constituían la población original pero es habitual que una muestra arqueológica se encuentre limitada al sesgo de la preservación, de modo que no representa fielmente a la población de la que una vez formó parte. Waldron (1994; citado en Scheuer y Black, 2000) explicó la complicación del estudio de los restos arqueológicos determinando los diferentes niveles a los que se produce la pérdida de información. Por un lado, no todos los individuos que fallecen de la población original son enterrados del mismo modo ni en el mismo lugar. Por otro lado, no todo aquello que se entierra se preserva, e incluso con una excavación meticulosa, no siempre es posible recoger todo el material en buenas condiciones. De este modo, la muestra final de estudio sólo representa un subconjunto de la población de origen. Está sesgada y por tanto, para cada sector y punto craneométrico encontraremos un número de individuos diferente, existiendo diversos tipos de valores perdidos: aquellos que representan la ausencia de la región que se desea estudiar y los que representan una variable que está presente pero que por las condiciones de preservación no se puede apreciar su valor.

Se tomaron en total otras 147 variables para cada cráneo, lo que supone un total de más de 19000 observaciones.

##### a) Variables cuantitativas:







Para la división geométrica de las suturas y el cálculo del índice cefálico se tomaron las siguientes variables: arco, cuerda, longitud glabella-opistocráneo, longitud eurion-aurion (**Tabla 2**) (Buikstra y Ubelaker, 1994; Campillo y Subirà, 2004).

Medida	Definición	Instrumento
Arco	Longitud de la sutura entre los dos puntos más distales que describen su circunferencia	Cinta métrica
Longitud glabella-opistocráneo	Máxima longitud del cráneo del extremo anterior al posterior del plano sagital	Compás de espesor
Longitud eurion- eurion	Máxima anchura del cráneo en los puntos laterales más extremos entre sí y simétricos respecto al plano sagital	Compás de espesor

**Tabla 2.** Descripción de las medidas cuantitativas tomadas en la muestra.

b) Variables cualitativas:

Para cada segmento de las suturas se tomaron las variables discretas concernientes al tipo de línea, cierre, presencia de huesos wormianos (**Tabla 3**).

Variable	Definición	
Tipo de línea	Complejidad en el dibujo de la sutura durante su recorrido en cada sector, con las cuatro categorías (modificadas de Broca, 1875; y Masset, 1982): Lineal, quebrada, denticulada y festón	<p><b>Lineal</b> </p> <p><b>Quebrada</b> </p> <p><b>Denticulada</b> </p> <p><b>Festón</b> </p>
Cierre de la sutura	Se valoró el grado de obliteración de la misma (modificado de Broca, 1875), con cinco categorías desde un cierre nulo a completo.	<p><b>Nulo</b> </p> <p></p> <p><b>Completo</b></p>
Wormianos	<p>Ausente: sin huesos wormianos en el segmento.</p> <p>Único: un sólo hueso en el sector que no ocupa toda la longitud.</p> <p>Grande: para la aparición de un hueso que ocupa todo el segmento.</p> <p>Múltiple: varios huesos distribuidos aleatoriamente en el sector.</p> <p>Encadenados: varios huesos distribuidos de forma seriada en una parte del sector o en el sector completo.</p> <p>Gigante: para la aparición del hueso pre-interparietal u osículos que formen parte del interparietal en el occipital.</p>	

**Tabla 3.** Descripción de las variables cualitativas tomadas en la muestra.

Respecto a otros puntos de interés craneométrico se tomó la siguiente información cualitativa (**Tabla 4**):

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>
Metopismo glabellar	Categorías: lineal, en U y en V (modificadas de Chandrasekaran, 2011).
Bregma	Presencia/ausencia de huesos wormianos.
Lambda	Presencia/ausencia de huesos wormianos. Categorías propuestas por Eickstedt y Villiers para la variabilidad del hueso occipital (citadas en Campillo y Subirà, 2004)
Pterion	Presencia/ausencia de huesos wormianos. Forma del punto en H, I o X.
Asterion	Presencia/ausencia de huesos wormianos. Se valoró la existencia de una pequeña reminiscencia de la sutura mendosa en caso de que esta no estuviera presente en el individuo según las categorías propuestas por Dodo (1974; Hanihara e Ishida, 2001c): en tres categorías: 2mm o más, o bien, 10mm o más.
Obelion	Presencia/ausencia de un foramen. Cuando este foramen estaba presente: Bilateral/Unilateral. Complejidad de la sutura en las categorías tipo de línea y cierre.

**Tabla 4.** Descripción de las variables cualitativas tomadas en la muestra.

La valoración de las variables SEXO y EDAD se realizó mediante las metodologías propuestas por Bruzek (2002) y Brooks y Suchey (1990; citado en Campillo y Subirà, 2004), respectivamente, en los individuos que conservaban el hueso coxal completo o incompleto.

### **4.3 Análisis estadístico.**

El análisis de las variables se realizaron en el programa estadístico SPSS Statistics, versión 17.0; los diagramas de sectores se elaboraron con Microsoft Office Excel 2007.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para hacer una valoración descriptiva de las variables cualitativas estudiadas se realizó un análisis de frecuencias para cada una de ellas en los diferentes sectores suturales y puntos craneométricos. Los resultados de porcentajes obtenidos en este apartado se refieren al porcentaje válido de casos, habiendo sido excluidos del mismo los datos que constituyen valores perdidos.

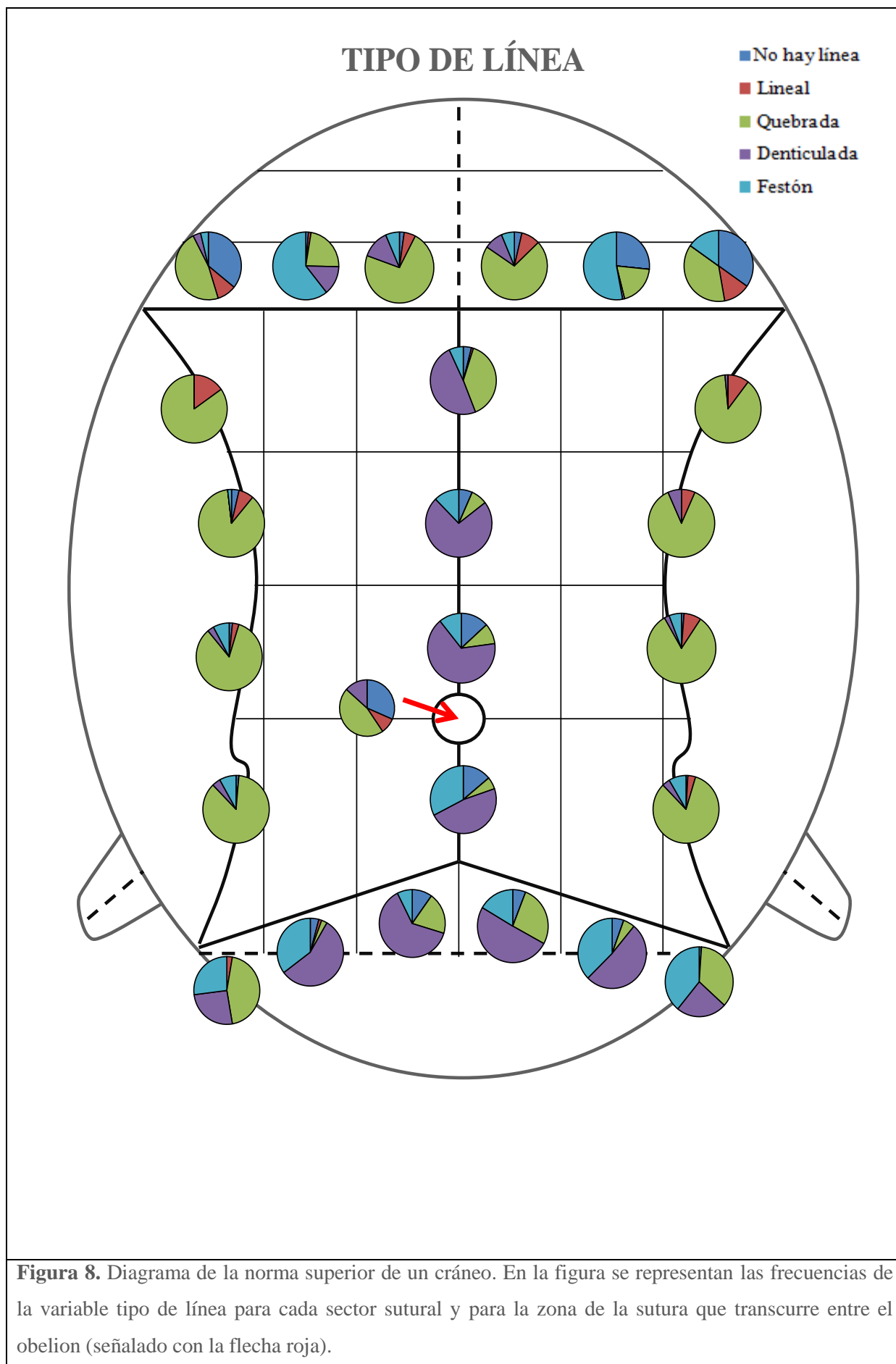
### 5.1 Tipo de dibujo.

La primera de las variables cualitativas que se estudió fue el tipo de dibujo que posee la sutura en su recorrido en cada sector (**Figura 8**). Diez sectores presentan en un porcentaje entre el 71,6% y el 88,1% de las ocasiones, el tipo de línea definida como quebrada: los cuatro sectores de las suturas temporoparietal izquierda y derecha, y el segmento medial de las suturas coronal izquierda y derecha. En el caso del resto de sectores de la sutura coronal, existe simetría entre los lados, siendo los segmentos laterales los que presentan generalmente una morfología de línea quebrada y los segmentos medio-laterales los que presentan un dibujo sutural más intrincado, de tipo festón. La sutura sagital presenta generalmente una morfología denticulada en sus segmentos ventral, medio-dorsal y dorsal. Tan sólo en el 1% de los casos, y únicamente en el sector ventral que linda con bregma, posee una morfología lineal.

Finalmente, la sutura lambdática presenta en sus sectores medio y medio-lateral entre el 50,6% y el 63% de las ocasiones dibujo denticulado, mientras que existe diferencia entre los sectores laterales de los lados izquierdo y derecho, encontrándose un dibujo quebrado en el izquierdo, en un 44,6% de las ocasiones y de tipo festón en el derecho, en un 39,1% de las ocasiones.

Los resultados obtenidos respecto al dibujo de la línea sutural no entran en contradicción con otras publicaciones. Broca (1875) ya realizó una descripción detallada del tipo de línea que se puede encontrar en cada segmento. Pero publicaciones más recientes también avalan estos resultados. Para la sutura coronal, por ejemplo, Mann *et al.*, 2009 han descrito los diferentes patrones de los tres sectores que la constituyen. En esta sutura las causas mecánicas perfilan el dibujo de la línea presentando un entramado que juega un papel importante en la resistencia del cráneo, existiendo una mayor complicación en la zona media coincidiendo con la intersección de las inserciones musculares.





**Figura 8.** Diagrama de la norma superior de un cráneo. En la figura se representan las frecuencias de la variable tipo de línea para cada sector sutural y para la zona de la sutura que transcurre entre el obelion (señalado con la flecha roja).

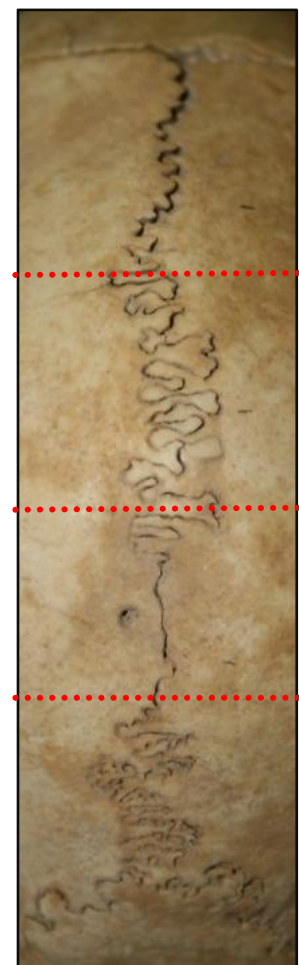
Muchos estudios sugieren que los cambios de patrón en el dibujo sutural en general están relacionados con el estrés mecánico que sufre el hueso durante las primeras etapas del desarrollo, lo que se denomina el estrés ontogenético (Hanihara e Ishida, 2001a).

También es destacable la interdigitación de la sutura sagital que ésta tiene lugar al nivel del obelion. La sección por la que transcurre el foramen parietal tiene una complejidad variable. La sutura sagital en este punto posee principalmente una morfología del tipo de línea quebrada, a diferencia de lo que sucede en las secciones anterior y posterior a este punto en la sutura (**Figura 9**).

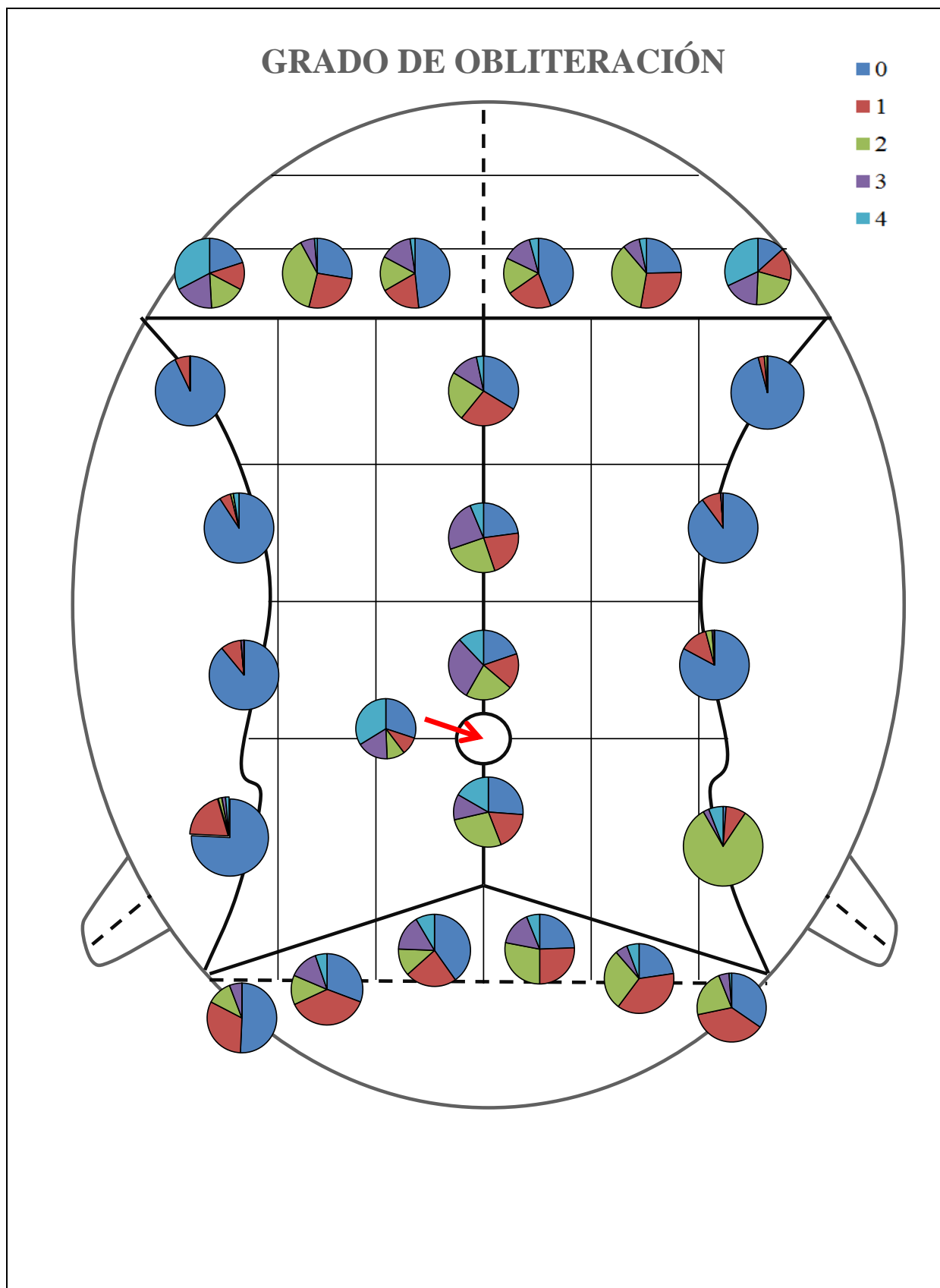
La literatura científica sugiere que la presencia de un foramen produce una redirección de las fuerzas del hueso alrededor de la abertura circular, lo que aumenta la fuerza de compresión y produce menos interdigitaciones (Mann *et al.*, 2009). Existe, por tanto, una relación directa entre la existencia de un foramen parietal y una diferencia en complejidad de la sutura a ese nivel respecto al resto de sectores. Además para estos autores, el segmento donde se halla el foramen es el de menor longitud, cuestión que no se ha evaluado en el presente trabajo puesto que se ha considerado cada segmento como de longitud proporcional.

## 5.2. Cierre.

La siguiente variable analizada fue el grado de obliteración de las suturas en cada uno de los sectores (**Figura 10**). En este caso, la tendencia de obliteración muestra porcentajes más variables. La sutura metópica, en caso de persistir posee un cierre nulo o casi nulo (entre el 41,7% y el 58,3% de las ocasiones), siendo el sector medio el que presenta el porcentaje mayor. La sutura coronal presenta porcentajes de obliteración similares para ambos lados, siendo el sector que se encuentra junto a bregma (sector medial) el menos obliterado, en grado 0; seguido del sector medio-lateral, en un grado 2; y el sector lateral, con cierre completo en la mayor parte de las ocasiones. La sutura temporoparietal se encuentra completamente abierta para todos sus sectores en más del 75,8% de las ocasiones, a.



**Figura 9.** Imagen de la sutura sagital en vista superior. Diferencias en el dibujo de los sectores de la sutura sagital. Individuo M-16-505.



**Figura 10.** Diagrama de la norma superior de un cráneo. Representación de las frecuencias de la variable cierre para cada sector sutural y para la zona de la sutura que transcurre entre el obelion (señalado con la flecha roja).

La sutura temporoparietal se encuentra completamente abierta para todos sus sectores en más del 75,8% de las ocasiones, a excepción del fragmento dorsal del lado derecho, que está obliterado en grado 2 en un 82,4% de la muestra. La sutura sagital es, junto a bregma (como sucedía con la coronal), donde encuentra su índice más bajo de obliteración (grado 0, en el 33,7%). El sector más obliterado de la sutura sagital es el medio-dorsal, en un 29,7% de los casos en grado 3, lo cual puede tener relación con la obliteración del punto craneométrico obelion. La sutura lambdática posee poca simetría en cuanto a la obliteración en sus lados derecho e izquierdo, siendo el izquierdo el que se presenta en más ocasiones sin cierre o con un grado débil (valores 0 y 1), entre el 50,7% y el 40,2% de los casos. La derecha presenta en cambio el mayor grado de obliteración (valor 3) en su segmento medial.

Como se aprecia en los resultados obtenidos, existen una serie de tendencias en el proceso de sinostosis de los cráneos estudiados. La sinostosis de la sutura coronal comienza producirse desde el tercio más lateral, decreciendo su grado hacia los sectores medio-lateral y medial, en los lados derecho e izquierdo. En la sutura sagital, tal y como ocurre en las investigaciones llevadas a cabo por Alves *et al.*, 2009 y Obert *et al.*, 2010, es la zona posterior la que oblitera antes; salvo en la zona del obelion, que depende de la presencia o no de un foramen bilateral/unilateral (Mann *et al.*, 2009). El obelion sería la primera región de la sutura sagital que comienza a cerrarse.

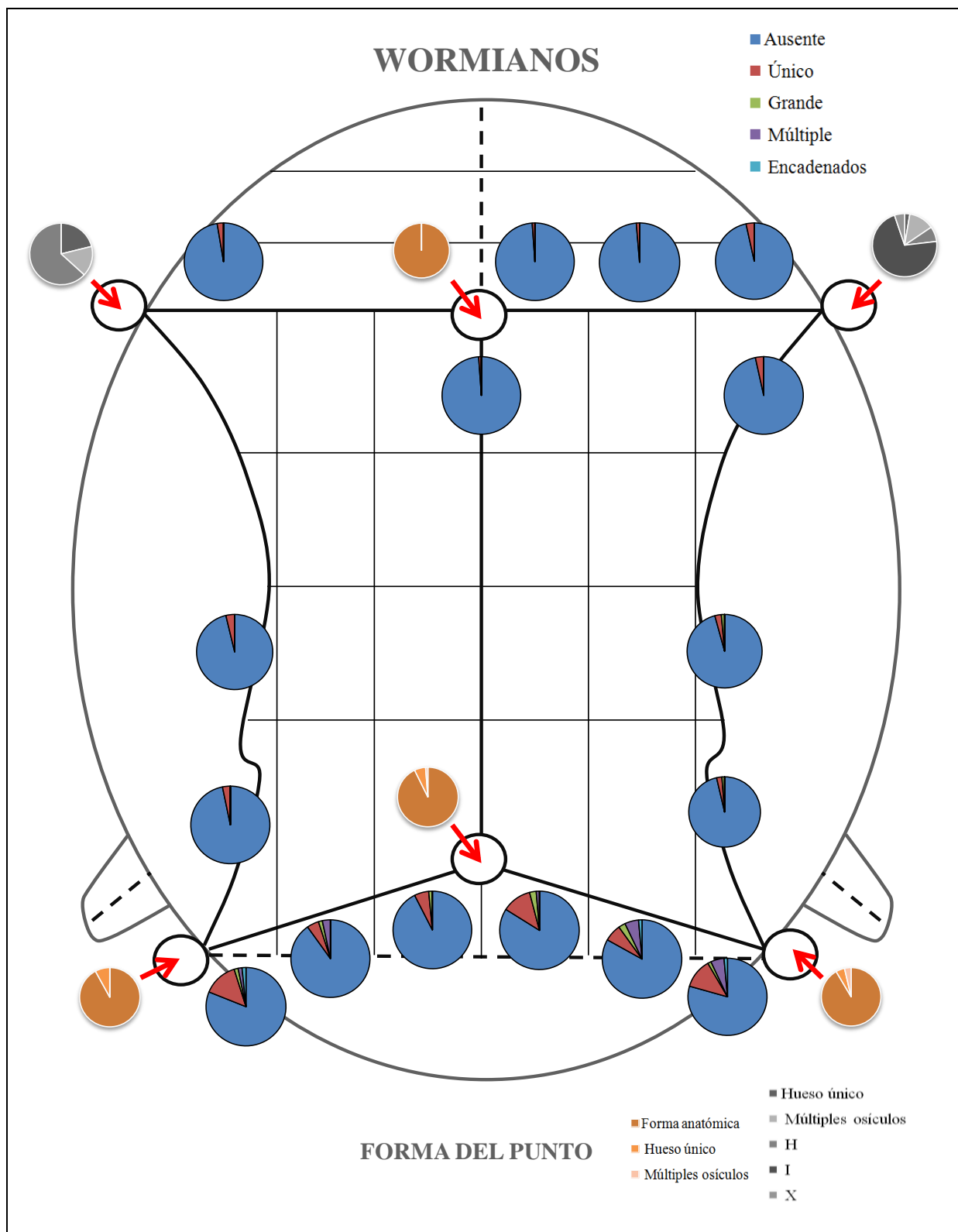
El grado de obliteración de las suturas es uno de los caracteres que más interés genera en los textos científicos. La necesidad de estimar la edad de muerte en Osteología ha conducido a muchos investigadores a estudiar la obliteración de las suturas, sin embargo los trabajos más actuales sugieren que no existe relación para asumir una correlación entre la edad de los individuos y el cierre de la sutura (Obert *et al.*, 2010) y concluyen que, a pesar de que los cambios morfológicos que tienen lugar en el cráneo en los bordes de las suturas son consecuencia de la edad del individuo, no es posible realizar una determinación de la edad de muerte basada en el grado de sinostosis (Skrzat *et al.*, 2002; Obert *et al.*, 2010). Para el presente estudio se trató de realizar una comparación con dichos trabajos tomando la edad de los individuos por el método propuesto por Brooks y Suchey (1990; citado en Campillo y Subirà, 2004). Pero no pudo realizarse ningún análisis estadístico con esta variable, puesto que el número total de individuos en los que se pudo determinar un rango de edad fue de cinco, debido al sesgo de la muestra.

### 5.3. Huesos wormianos y otros puntos craneométricos.

Los porcentajes válidos referentes a la presencia de huesos wormianos en cada uno de los sectores estudiados se encuentran representados en la **Figura 11**. En ella se observa que en todos los segmentos, salvo en cuatro de la sutura lambdática, existe ausencia de huesos wormianos en un porcentaje superior al 90% (en algunos casos del 100%) en la muestra incluida en este estudio. En los segmentos de las suturas coronal, temporoparietales y sagital en los que hay presencia de huesos wormianos siempre es en porcentajes inferiores al 3,7%. En cuanto a la bilateralidad de presencia de huesos wormianos en las suturas coronal izquierda y derecha, el mayor número de osículos se hallan en los segmentos laterales, en un 2,6% y 3,4% respectivamente. En las suturas temporoparietales se han encontrado en los sectores medio-dorsal y dorsal en ambas suturas, y en el sector más ventral en la sutura derecha en un 3,4% de los casos. La sutura que definitivamente presenta mayor proporción de huesos wormianos es la lambdática. Mientras que en el resto de suturas sólo aparece un osículo por sector, en los casos en los que hay presencia de wormianos en la sutura lambdática pueden aparecer en todos los sectores, entre el 7,0% y el 14,1% de las veces, y no solamente de manera aislada. Cuando aparecen las variables ‘múltiple’ y ‘encadenados’ lo hacen en los segmentos lateral y medio-lateral (SLD) en porcentajes mayores.

En general, en los resultados obtenidos, hay una tendencia mayor de aparición de huesos wormianos en el lado derecho, lo que puede responder al sesgo de preservación en las poblaciones estudiadas.

Las frecuencias de aparición de huesos wormianos en otros estudios revelan que es la sutura lambdoidea la que mayor incidencia de estos osículos presenta (Hanihara e Ishida, 2001b; da Mata *et al.*, 2010) (**Figura 12**). Aparecen alrededor de un 89,1% de veces más en dicha región respecto al resto, resultado congruente con el obtenido en el presente estudio. Sin embargo, mientras que en otras publicaciones (da Mata *et al.*, 2010) los osículos pueden aparecer tanto individualmente como de forma múltiple, en el presente trabajo es mayoritaria la presencia de osículos individuales en todos los sectores. De nuevo esta diferencia puede deberse a la conservación de los ejemplares puesto que en los sectores más laterales de la sutura lambdoidea derecha (**Figura 11**) aparecen cifras similares en cuanto al número de osículos múltiples.



**Figura 11.** Diagrama de la norma superior de un cráneo. Representación de las frecuencias de la variable wormianos para cada sector sutural, siempre que estos presenten uno o más osículos suturales (leyenda en la esquina superior derecha); y de las frecuencias relacionadas con la forma de los puntos craneométricos de interés, señalados con flechas rojas (en tonalidades diferentes, leyendas en la esquina inferior derecha).



**Figura 12.** Presencia de huesos wormianos a lo largo de todos los sectores de la sutura lambdaoide. Individuo M-16-505.

García-Hernández y Murphy-Echeverría (2009) afirman que se produce un aumento del número de huesos wormianos a medida que se incrementa la braquicefalia. Para comprobar si la forma del cráneo influye en la presencia de huesos wormianos en la muestra estudiada en el presente estudio, se realizó un test t-Student para la variable dependiente presencia de huesos wormianos en la sutura lambdaótica frente a la variable independiente índice cefálico de los cráneos (*i.e.*, se comprobó si

hay diferencias entre el índice cefálico de los individuos que tienen huesos suturales y los que no). Esta prueba resultó no significativa ( $t=-0.858$ ;  $g.l.=29$ ;  $p=0.398$ ). De nuevo en este caso el número de individuos en los que se pudo calcular la variable índice cefálico y que presentaban huesos wormianos se redujo a una muestra muy pequeña, lo que no puede suponer un resultado concluyente respecto a esta supuesta relación.

Por otro lado, respecto a las variables cualitativas que hacen referencia a puntos craneométricos importantes del neurocráneo, en el pterion izquierdo se encontró que un gran número de individuos presentaban la morfología de H (un 63,2% de los que preservaban esta región anatómica), mientras que entre el 15,8% y el 21,1% presentaban uno o más huesos suturales. En el lado derecho la morfología más habitual era también la de H (en un 71,8% de los casos) si bien la variabilidad en este lateral era mayor apareciendo también en un 5,1% de los casos la morfología en I (**Figura 11**). El pterion es una de las regiones en las que más variabilidad puede existir, pero en general todos los estudios obtienen el mismo tipo de resultados (Urzi *et al.*, 2003; Mwachaka *et al.*, 2009), siendo la morfología en H la más habitual (en más del 60% de las ocasiones), seguida por la presencia de uno o más huesos epiptéricos (en porcentajes en torno al 15%).

En el asterion se halló mayor similitud en la bilateralidad, siendo alrededor del 92% la frecuencia en la que se este punto se encuentra en su posición anatómica normal en ambos lados (intersección directa de los huesos parietal, temporal y occipital). En ambos lados existen también probabilidades similares (7,9% y 7,2% para el lado izquierdo y derecho respectivamente) de encontrar uno o más huesos wormianos (**Figura 11**). Sin embargo, los huesos en el asterion suelen presentarse en porcentajes mayores en otros estudios: en el 20% para Skrzat *et al.*, 2002 y Mwachaka *et al.*, 2009. Hanihara e Ishida (2001b), también encuentran una incidencia de hueso astérico de entre el 15 y el 25% en poblaciones europeas.

En lambda se encontró presencia de huesos wormianos en el 8,2% de los casos; y un hueso pre-interparietal separado por sutura transversa en uno de los individuos (1,2%) (**Figura 11**).

#### 5.4. Metopismo.

Se encontraron 10 individuos que presentaban persistencia de sutura metópica completa (**Figura 13**) (lo que representa el 7,2% de los casos en los que el sector está presente) mientras que se observaron reminiscencias en la zona glabelar según los grados modificados de Chandrasekaran y Shastri (2011) en un 58,7%. En este último caso, la morfología linear fue la más encontrada. Ajmani *et al.* (1983; citado en Skrzat *et al.*, 2004) llevaron a cabo un estudio en 206 cráneos de adultos en el que concluyeron que mientras que el metopismo estaba presente en un 3,4% de los casos, si se contabilizaban los casos en los que se producía metopismo incompleto se ascendía al 34,97%. La incidencia de metopismo es un rasgo muy variable en las distintas poblaciones, de ahí la diferencia con los datos obtenidos en el presente trabajo. Existe sin embargo consenso (Skrzat



**Figura 13.** Vista frontal de un cráneo con metopismo completo. Individuo M-16-529



*et al.*, 2004; Castilho *et al.*, 2006; Chandrasekaran y Shastri, 2011) en determinar que, de media, su presencia se produce en el 7-10% de la población.

Respecto al dibujo que presenta la sutura metópica en su recorrido, existen autores que afirman (Skrzat *et al.*, 2004; Castilho *et al.*, 2006) que la complicación en la forma de la línea se incrementa entre la zona anterior del frontal y el bregma. Estos resultados son coherentes con el presente estudio donde los dos primeros sectores presentan principalmente morfología de línea quebrada mientras que en el sector posterior prima la forma denticulada. La variabilidad de esta complejidad en la interdigitación podría ser debida también a posibles alteraciones de las presiones locales durante el crecimiento del cráneo, puesto que la parte posterior de la sutura metópica está sujeta a mayor estrés funcional que la anterior (Skrzat *et al.*, 2004).

La presencia de metopismo es uno de los caracteres discretos que se suponen más relacionados con la variable sexo (Castilho *et al.*, 2006), encontrándose mayor número de veces en mujeres que en hombres. Al realizar un análisis de la persistencia o no de la sutura metópica completa en función de esta variable, se halló que un 71,4% de los individuos clasificados como femeninos y un 28,6% de los masculinos, presentaba persistencia de dicha sutura. Aunque parece existir una asociación entre estos caracteres, este análisis no es especialmente revelador puesto que la muestra en la que se pudo llevar a cabo es muy reducida y desigual: de los 20 individuos en los que se pudo determinar el sexo quince fueron catalogados como femeninos y sólo 5 como masculinos.

## **5.5. Consideraciones finales.**

Tras describir los patrones que presentan los diferentes sectores, queda patente el hecho de que las divisiones de las suturas craneales se comportan como elementos independientes (Masset, 1982). Pese a que el diagrama presentado por Vallois (1937) continua vigente en los estudios osteológicos, la división en sectores de longitud equivalente propuesta en este proyecto fin de carrera es una herramienta útil para el estudio de diferentes poblaciones cuyas divisiones en sectores no sean proporcionalmente idénticas entre sí.

Existen diversas vías de continuación para este trabajo, empezando por la ampliación de la muestra, para evitar que el sesgo de la preservación reduzca la fiabilidad de los resultados obtenidos. Además, se podría realizar una comparativa de los patrones seguidos

por las diferentes poblaciones para comprobar el grado de complejidad diferencial que presentan.

En lo concerniente a las variables edad y sexo, una ampliación de la muestra en individuos en los que se puedan determinar estas variables con mayor precisión, ayudaría a comprobar la existencia de patrones de correlación, en función de dichas variables, en los diferentes segmentos y puntos craneométricos. Aunque muchos autores no encuentran correlación entre esta variable y la obliteración de las suturas se podrían buscar patrones de obliteración en relación a otros factores, como el sexo, que parece tener relación con éste en algunas poblaciones, en individuos de edades avanzadas (Masset, 1982; Alves *et al.*, 2009). Sería útil también comprobar la simetría de los patrones de cada segmento y punto craneométrico en busca de asociación significativa entre algunos de ellos (como parece existir por los trabajos realizados por Hanihara e Ishida, 2001b).

## VI. CONCLUSIONES

- 1) Se han descrito los patrones que presentan los diferentes sectores en que se han dividido las suturas, resultando ser elementos relativamente independientes.
- 2) Se ha estimado la frecuencia de aparición de cada tipo de dibujo en la línea de la sutura, apareciendo las interdigitaciones más complejas en la zona media de las suturas coronales, izquierda y derecha, a lo largo de toda la sutura sagital (exceptuando la zona del obelion) y en la sutura lambdaoidea. La complejidad menor se presenta en las suturas temporoparietales y en los segmentos mediales de las coronales.
- 3) Se ha estimado la frecuencia en que aparecen los diferentes grados de obliteración en cada segmento, presentando el mayor grado de sinostosis los segmentos laterales de las suturas coronales y la zona posterior de la sutura sagital. Los grados menores de obliteración se encuentran en las suturas temporoparietales.
- 4) Se ha observado que la interdigitación de la sutura sagital, así como su grado de obliteración en el punto craneométrico obelion, varía respecto a los sectores anterior y posterior a éste. En este punto la sutura sagital presenta una interdigitación menor y mayor grado de obliteración.

- 5) Se ha calculado la frecuencia de aparición de metopismo y estudiado su distribución en relación al sexo. Siendo más frecuente en los individuos de sexo femenino.
- 6) Se ha estimado la frecuencia de aparición de los huesos wormianos, siendo mayores las frecuencias de los sectores pertenecientes a la sutura lambdoidea y los sectores posteriores de las suturas temporoparietales. Además, se ha determinado que existe porcentajes mayores de huesos múltiples en los sectores medio-lateral y lateral de la sutura lambdoidea derecha.
- 7) Se ha estimado la frecuencia de aparición de las diferentes categorías de pterion y asterion siendo siempre mayor el número de cráneos con ausencia de osículo. En el caso del pterion la morfología prevalente es la de H.
- 8) Se concluye que existe la necesidad de realizar un estudio posterior con una muestra más amplia y que permita realizar una comparación entre poblaciones.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alves JC, Wafae GC, Coelho DDP, Wafae N, Coelho VDA.; Pereira, E. y Ruiz, C. R. Sagittal suture of the human cranium and the time of closing. *Int. J. Morphol.* 2009; 27(2): 469-473
- Barclay-Smith E. Two cases of Wormian bones in the bregmatic fontanelle. *J. of Anat. Physiol.* 1910; 44: 312-314
- de Beer. *The development of the vertebrate skull.* Oxford: Oxford University Press; 1971
- Broca P. Instructions craniométriques. *Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris.* 1875; 10: 337-367
- Buikstra JE, Ubelaker DH. Standards for data collection from human skeletal remains. *Arkansas Archaeol. Survey;* 1994.
- Bruzek J. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *Am. J. Phys. Anthropol.* 2002; 177: 157-168
- Campillo D, Subirà ME. *Antropología física para arqueólogos.* Barcelona: Ariel Prehistoria; 2004
- Castilho SMA, Oda YJ, Sant'Ana GDM. Metopism in adult skulls from southern Brazil. *Int. J. Morphol.* 2006 24(1): 61-66

- Chandrasekaran S, Shastri D. A study on metopic suture in adult south indian skulls. *International Journal of Basic Medical Science*. 2011; (Octubre): 379-382.
- García-Hernández F, Murphy-Echeverría G, De GF. Frecuencia de hueso lambdoideo en cráneos con deformación artificial en el norte de Chile. 2009; 27(3): 933-938
- Hanihara T, Ishida H. *Os incae*: variation in frequency in major human population groups. *J. Anat.* 2001a; 198: 137-152
- Hanihara T, Ishida H. Frequency variations of discrete cranial traits in major human populations. III: Hyperostotic variations. *J. Anat.* 2001b; 199: 251-272
- Hanihara T, Ishida H. Frequency variations of discrete cranial traits in major human populations. I: Supernumerary ossicle variations. *J. Anat.* 2001c; 689-706.
- Howells WW. Cranial variation in man. *Peabody Museum Papers*. 1973; 67, 1-259
- Mann RW, Manabe J, Byrd JE. Relationship of the parietal foramen and complexity of the human sagittal suture. *Int. J. Morphol.* 2009; 27(2): 553-564
- da Mata JR, da Mata FR, Aversi-Ferreira T A. Analysis of bone variations of the occipital bone in man. *Int. J. Morphol.* 2010; 28(1): 243-248
- Masset C. Estimation de l'âge de décès par les sutures crâniennes [Tesis doctoral]. París: Université Paris VII; 1982
- Mwachaka PM, Hassanali J, Odula P. Sutural morphology of the pterion and asterion among adult Kenyans. *Braz. J. Morphol. Sci.* 2009; 26(1): 4-7
- Obert M, Schulte-Geers C, Schilling RL, Harth S, Kläver M, Traupe H, Ramsthaler F, Verhoff MA. High-resolution flat-panel volumetric CT images show no correlation between human age and sagittal suture obliteration-Independent of sex. *Forensic Science International*. 2010; 180.e1–180e.12
- Shapiro R, Robinson F. The *Os Incae*. *Am. J. Roentgenol.* 1976; 127: 469-471
- Skrzat J, Brzegowy P, Walocha J. Computed tomographic assisted study of morphological changes in the sutural areas as resulting from obliteration. *Folia Morphol.* 2002; 61(4): 31-034
- Skrzat J, Walocha J, Zawiliński J. A note on the morphology of the metopic suture in the human skull. *Folia Morphol.* 2004; 63(4): 481-484.
- Scheuer L, Black S. *Developmental juvenile osteology*. Londres: Academic Press Limited; 2000

- Urzì F, Iannello A, Torrisi A, Foti P, Mortellaro NF, Cavallaro M. Morphological variability of pterion in the human skull. *It. J. Anat. Embryol.* 2003; 108(2): 83-117
- Vallois HV. La durée de la vie chez l'homme fossile. *L'Anthropologie.* 1937; 47: 499-532
- White TD, Folkens PA. *The human bone manual.* Academic Press, Elsevier; 2005.

## VIII. AGRADECIMIENTOS

A Óscar y Armando, por darme la oportunidad de aprender con ellos, por su paciencia infinita. Pero sobre todo, por prender en mí la chispa de la investigación.

A mis compañeras y amigas Susana, Oro, Marta y Carmen. Porque lo mejor de este año ha sido, sin duda, que entrarais a formar parte de mi vida. A Luis, por ser mi mejor crítico; y a Manuel, porque sin sus hábiles manos para la reconstrucción, ni sus conocimientos, este trabajo no habría sido posible.

A Víctor, la persona que mejor me conoce y, a pesar de ello, mi fiel aliado. A Sara y Violeta, por hacerme sentir como en casa en cualquier rincón del planeta. A Xandra y Laura, por la lealtad de tantos años. A Juanma, Santi y Javi, por enseñarme a no tomarme la vida tan en serio. A mi pequeña Lucía, mi persona favorita en el mundo.

A mi madre... por recordarme los versos de Goytisolo en los momentos de flaqueza.