



UGR

Universidad  
de Granada



*Técnicas de determinación del sexo a partir del cráneo  
en una población mediterránea actual*

*Técnicas de determinación del sexo  
a partir del cráneo en una población  
mediterránea actual*



*Anabel  
Amores  
Ampuero*

*Anabel Amores Ampuero  
Granada 2013*





*Tesis doctoral:*

Técnicas de determinación del sexo a partir del cráneo en  
una población mediterránea actual

Directora:  
Dra. Inmaculada Alemán Aguilera

Anabel Amores Ampuero  
Granada, 2013

Editor: Editorial de la Universidad de Granada  
Autor: Anabel Amores Ampuero  
D.L.: GR 124-2014  
ISBN: 978-84-9028-686-9



**Inmaculada Alemán Aguilera**, Profesora Titular de Universidad, del Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Universidad de Granada

**Informa que:**

Anabel Amores Ampuero, Licenciada en Biología, ha realizado la Tesis Doctoral "TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DEL SEXO A PARTIR DEL CRÁNEO EN UNA POBLACIÓN MEDITERRÁNEA ACTUAL" en el Laboratorio de Antropología, del Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Universidad de Granada, para aspirar al grado de Doctor, reuniendo las condiciones necesarias para ser presentada y defendida ante el Tribunal correspondiente.

Y para que así conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de la legislación vigente, firmo el presente certificado en Granada, a 02 de Abril de 2013.

**Dra. Inmaculada Alemán Aguilera**



La doctoranda Dña. Anabel Amores Ampuero y la directora de la tesis Dra. Inmaculada Alemán Aguilera garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda. En la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, a 02 de Abril de 2013

Directora de la Tesis

Doctoranda

Fdo.:

Fdo.:



***“Invertir en conocimientos  
produce siempre los mejores  
beneficios”***

Benjamin Franklin  
(1706–1790)



## ***AGRADECIMIENTOS***

A lo largo de todos estos años han sido muchas las personas que me han ayudado, animado e impulsado a llevar a cabo este proyecto. Dedicarles mi mayor agradecimiento es lo mínimo que podía hacer, pues siempre tendré una deuda pendiente con ellos.

Probablemente, lo más generoso sería empezar dando las gracias al Laboratorio de Antropología Física de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada y al Museo de Antropología de la Universidad de Coimbra por permitirme estudiar las colecciones (colección identificada del Cementerio de San José de Granada y Colecção das Escolas Médicas de Coimbra) que necesitaba para realizar mi estudio antropométrico. Sin sus prestaciones, este trabajo no hubiera sido posible.

Sin duda alguna, no puedo olvidarme de todo el personal que conforma estos laboratorios, ya que sin su continuo trabajo y coordinación sería imposible ampliar estas colecciones y mantenerlas en tan buenas condiciones.

En el Laboratorio de Antropología de Granada hay muchas personas a las que tengo que dar las gracias de forma personal. Allí he pasado mucho tiempo y aunque en los dos últimos años ha sido de forma intermitente, cada vez que vuelvo me reciben con la misma alegría.

En primer lugar, a mi Dra. y tutora Inmaculada Alemán. Fuiste la primera en acogermme cuando llegué a Granada y eso está grabado en mi memoria para siempre. Tu paciencia, cercanía, sencillez y el saber ser amiga y profesora, es digno de admirar. Gracias por encontrar pequeños huecos para centrarte en mi Tesis y hacer posible su fin.

En segundo lugar, al Dr. Miguel Botella por brindarme la oportunidad de participar en el Laboratorio de Antropología, facilitarme todo el material disponible y animarme en todo momento. Recuerdo que la primera vez que hablé contigo me dijiste que lo que uno aprendiese dependía de la autonomía que cada uno tuviese para saber ingeniárselas y sacar adelante lo que se propusiera. Desde que aplico esa teoría he logrado muchos de mis objetivos.

En tercer lugar, a la Dra. Rosa Maroto y al Dr. Fernando Navarro, por todos los cuidados y ayudas que me habéis dado durante mi estancia en Granada y por preocuparos continuamente de mí.

En cuarto lugar, a la Dra. Carmen J. García por aquellos grandes momentos que hemos pasado en tu casa.

En quinto lugar, a la Dra. Sylvia Jiménez por responder tan rápidamente siempre que te he tenido que hacer alguna consulta.

En el Laboratorio de Granada he hecho grandes amigos y por ello no puedo olvidarme de ellos.

Mi Panchito se lleva el galardón de oro porque a pesar de la distancia que nos ha separado en estos años siempre me has acompañado en los grandes momentos. No sé si te habrás dado cuenta de que la “teva abelleta” se ganó el cielo contigo hace poco, pero tú lo ganaste hace mucho tiempo. Que sepas que aunque me pueda arrepentir de estas

palabras (jejeje..), para mí es un honor haberte conocido y tenerte como amigo. Gracias por estar ahí y ayudarme en todo lo que he necesitado.

A Ariagna, por ser la persona más fuerte, luchadora y alegre que he conocido. Tu valentía y tus ganas de superación son asombrosas. Si hay una cosa de la que siempre te estaré agradecida es de tus clases de baile. Espero que sigamos yendo de fiesta siempre y sobre todo que sigamos siendo amigas.

A Javi y Anna y por los buenos momentos que hemos pasado dentro y fuera del laboratorio.

Mi estancia en el Museo de Antropología de Coimbra fue inolvidable. Sin duda, una de las mejores épocas de mi vida. Todo ello, no hubiera sido posible si la gente de allí no me hubiese tratado tan bien.

A la Dra. Eugènia Cunha, siempre te estaré agradecida por tenderme tu brazo desde el primer día que llegué allí. Te preocupaste por hacer que mi estancia fuera lo más fructífera posible y lo conseguiste. Gracias por llevarme contigo a los distintos cursos, por informarme de todo lo que salía sobre Antropología y por permitirme aprender contigo durante todo ese tiempo. Tu ayuda incondicional ha sido muy importante para mí y por eso y mucho más siempre te estaré agradecida.

A Cristina, Nuno, Ricardo, Inés, Julia por los buenos momentos que me hicisteis pasar en Coimbra. Gracias por integrarme en vuestro grupo y hacer que mi estancia fuera inolvidable. Gracias a vosotros Coimbra ha quedado en un huequito de mi corazoncito.

Tengo que hacer un hueco para recordar a mis amigos de toda mi etapa estudiantil: Alicia, Patri, Alberto, Javi, Sara y M<sup>a</sup> Ángeles. Siempre me he sentido orgullosa del grupo que formamos en la Uni pero

sobre todo de que hayamos sido capaces de mantenerlo hasta nuestros días. Nuestras largas charlas sobre cómo llevábamos la Tesis, nuestros problemas y dudas con ella me han hecho ver que los problemas son menores cuando los compartes con gente que está pasando por lo mismo. A todos vosotros gracias por ser mis amigos.

Finalmente, dedicar mis últimas palabras a las 6 personas más importantes de mi vida.

En primer lugar a mis abuelos porque por fin van a poder ver finalizada mi Tesis y disfrutar de su presentación.

En segundo lugar, a mis padres y hermano por animarme a que hiciese el Máster y el doctorado, pese a la distancia que nos separaba. Gracias por educarme con esa libertad y permitirme elegir mi camino. Vuestros consejos a lo largo de toda mi vida han sido muy importantes para mí. Sé de sobra el esfuerzo que habéis hecho para poder ofrecerme siempre lo mejor y gracias a ello, he logrado conseguir muchas de mis metas. Sin vuestro apoyo continuo e incondicional nada de esto hubiese sido posible. Por ello, os estaré eternamente agradecida. ¡¡Después de tanto esfuerzo por fin vamos a ver cumplido un sueño!!...Gracias.

En último lugar, a Antonio porque siempre has comprendido lo importante que eran mis estudios para mí, has respetado mis decisiones y has recorrido miles de kilómetros para verme. Hemos estado largas temporadas sin vernos y a pesar de ello, me has hecho sentir que te tenía muy cerca cuando en verdad nos separaban cientos de kilómetros. Gracias por estar siempre conmigo.

A todos ellos y a los que me haya podido dejar, les doy las gracias por haberme dejado cumplir uno de mis objetivos.





*A mis padres, hermano y Antonio*



## ***RESUMEN***

La Arqueología, la Antropología Física o la Medicina Forense, precisan de métodos alternativos para determinar el sexo a partir de los restos óseos. Una buena identificación del sexo, puede ser determinante en una investigación arqueológica, médico-legal, etc.

La cantidad de información que se puede obtener del cráneo, ha hecho que sean numerosas las investigaciones que se han realizado sobre él. Son muy diversos los resultados obtenidos en todas ellas, sin embargo, la mayoría coinciden en señalar que se trata de una estructura con un dimorfismo sexual relevante.

Para realizar la presente investigación se han empleado dos muestras: una de 130 cráneos (70 hombres y 60 mujeres) de sexo, edad y causa de muerte conocida, pertenecientes al Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Universidad de Granada y con una edad media de 69 años; y la otra formada por 200 cráneos (100 hombres y 100 mujeres) también de sexo, edad y causa de muerte conocida, y pertenecientes al Museo de Antropología de la Universidad de Coimbra, con una edad media de 55 años. Además, en la muestra de Coimbra se estudiaron otros 50 cráneos (25 mujeres y 25 hombres) de individuos con edades entre 20-29 años.

Para llevar a cabo su estudio se hizo en primer lugar, un diagnóstico tipológico; posteriormente se realizaron diversos análisis

estadísticos: regresión lineal simple, *error intarobservador*, gráficos de Bland-Altman, Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI), prueba *t* de Student, análisis discriminante multivariado y univariado y análisis de regresión logística. Además, se calculó el grado de dimorfismo sexual.

El estudio tipológico, señala que sendas poblaciones tienen una tipología muy parecida, por lo que se pueden considerar similares. Las funciones obtenidas a partir de los análisis discriminantes permiten determinar el sexo con una probabilidad de acierto del 77% en el caso la población de Granada y del 80,7% en la de Coimbra. Sin embargo, los resultados de la regresión logística muestran porcentajes superiores (94,1% para Granada y 85,7% para Coimbra). Además, en los dos métodos, la anchura bicigomática aparece de forma reiterada. Los análisis realizados según la zona del cráneo muestran que la región del esplacnocráneo es la que mayor dimorfismo presenta.

Los resultados anteriores permiten concluir que el cráneo presenta un elevado dimorfismo sexual y por tanto, que es una región anatómica primordial a la hora de determinar el sexo de un individuo. Sin embargo, es conveniente recordar que el uso de estas ecuaciones en otras poblaciones debe hacerse con cierta precaución.

## ***ABSTRACT***

Archaeology, Physical Anthropology or Forensic Medicine require alternative methods to determine sex from skeletal remains. A good sex identification can be decisive in archaeological research, medico-legal, etc.

Many skull researches have been performed in the past. Most of them agree in that it is a structure with a significant sexual dimorphism.

In this research, two samples have been used: 130 skulls (70 men and 60 women; mean of 69 years) from the Department of Legal Medicine, Toxicology and Physical Anthropology at the University of Granada, and 200 skulls (100 men and 100 women; mean of 55 years) from the Anthropology Museum at the University of Coimbra. All the skulls have a known sex, age and cause of death. Therefore, 50 skulls of Coimbra were studied (25 men and 25 women; age-at-death ranged from 20 to 29 years).

Firstly, a typological diagnosis was also performed. Statistical analyses performed in this study were: simple linear regression analysis, Bland-Altman method, Intraclass Correlation Coefficient (ICC), Students' test, univariate and multivariate discriminant

analysis, logistic regression analysis, and the degree of sexual dimorphism.

The tipological study indicates that both populations can be considered similar. The cross-validation procedure shows a mean reliability of 77% for Granada and 80.7% for Coimbra. However, the logistic regression results show higher percentages (94.1% for Granada and 85.7% for Coimbra). In both cases, the bicigomatic width appears repeatedly. Analyses performed to different areas of the skull show that the splanchnocranium region is the most dimorphic.

The results indicate that the skull has a significant sexual dimorphism and, therefore, is a good candidate for determining the sex of an individual. However, these functions must be used with similar populations to those studied.





# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	ix
<b>RESUMEN</b>	xvii
<b>ABSTRACT</b>	xix
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. IMPORTANCIA DEL CRÁNEO</b>	5
<b>3. DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DEL CRÁNEO</b>	9
<b>4. EMBRIOLOGÍA DEL CRÁNEO</b>	17
<b>5. DESARROLLO CRANEAL</b>	21
5.1. Crecimiento y degeneración ósea	21
5.2. Según la edad	22
5.3. Según el sexo	24
<b>6. DIMORFISMO SEXUAL</b>	27
6.1. Evolución del dimorfismo sexual	29
6.2. Factores influyentes en el dimorfismo sexual	33
<b>7. CRANEOMETRÍA</b>	39
<b>8. ESTUDIOS DEL CRÁNEO</b>	41
8.1. Morfológicos	41
8.2. Métricos	46
8.3. Moleculares	54
8.4. Nuevas técnicas	55
<b>9. OBJETIVOS</b>	57
<b>10. MATERIAL</b>	59
10.1. Colección de Granada	59
10.2. Colección de Coimbra	60
10.3. Instrumental	63
10.4. Caracteres cuantitativos	64

10.4.1. Selección de los individuos	64
10.4.2. Definición de los puntos craneométricos	64
10.4.3. Definición de las variables estudiadas	68
10.4.4. Índices	73
<b>11. MÉTODOS</b>	<b>81</b>
11.1. Análisis tipológico de la población	81
11.2. Regresión lineal simple	82
11.3. Análisis descriptivo	83
11.4. Análisis del <i>error intraobservador</i>	83
11.4.1. Gráficos Bland-Altman	85
11.4.2. Coeficiente de correlación intraclase	86
11.5. Prueba <i>t</i> de Student	87
11.6. Análisis discriminante	87
11.7. Grado de dimorfismo sexual	89
11.8. Regresión logística	89
<b>12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>93</b>
12.1. Diagnóstico tipológico	93
12.2. Regresión lineal simple	97
12.3. Análisis descriptivo	100
12.4. Análisis del <i>error intraobservador</i>	104
12.5. Prueba <i>t</i> de Student	122
12.6. Análisis discriminante	127
12.6.1. Análisis discriminante multivariado general	130
12.6.2. Análisis discriminante multivariado según la región craneal	136
12.6.3. Análisis univariante	143
12.7. Grado de dimorfismo sexual	162
12.8. Regresión logística	169
<b>13. CONCLUSIONES</b>	<b>183</b>
<b>14. CONCLUSIONS</b>	<b>185</b>
<b>15. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>187</b>
 <i>ANEXO: Abreviaturas de las variables estudiadas</i>	 209





# 1

# INTRODUCCIÓN

La determinación del sexo a partir de restos óseos ha sido uno de los temas que se ha tratado desde muy antiguo, ya que es un aspecto muy importante en Arqueología, Antropología Física, Medicina Forense y en el estudio de casos medicolegales. Habitualmente, los estudios están encaminados, no sólo a establecer la composición sexual de grandes muestras, sino también a comparar el grado y los patrones de dimorfismo sexual en diferentes poblaciones.

La mayor parte de los métodos utilizados para la identificación del sexo están basados en la observación de los caracteres morfológicos o en la toma de medidas; esto es, en las diferencias existentes en el tamaño y forma de la mayor parte de los huesos del esqueleto de hombres y mujeres. Generalmente, en los hombres son más largos, anchos, fuertes, rugosos, pesados y con inserciones musculares más marcadas que en las mujeres.

La determinación sexual nunca es fácil, aunque si se dispone del esqueleto completo, resulta menos problemática que cuando el esqueleto está incompleto o fragmentado, como sucede con frecuencia. La posibilidad de determinar el sexo depende de la cantidad y calidad de los restos óseos conservados, así como de la posibilidad de hacer inferencias a partir de restos de poblaciones similares (Rosique *et al.*, 2004). La determinación del sexo resulta más complicada si además se encuentran

ausentes los huesos más dimórficos (por ejemplo la pelvis), bien porque están localizados en una zona de enterramientos comunes, osarios etc., bien porque los individuos no tienen los rasgos bien definidos, o bien porque proceden de contextos con características muy concretas. Todo ello, se acentúa en los juveniles debido al escaso dimorfismo sexual en los individuos que aún son impúberes. Además, hay que tener en cuenta que la mayor o menor probabilidad de determinar el sexo también depende del hueso usado, ya que dichas estimaciones varían considerablemente entre los diferentes elementos osteológicos (Meindl y Russell, 1998). En cualquier caso, hay que tener en cuenta que los rasgos y características de cada hueso que son determinantes del sexo son relativos y no absolutos, ya que puede haber varones con rasgos femeninos y al contrario (Reverte, 1991). Además, hay que tener presente que el dimorfismo sexual en la especie humana no es muy acusado y las dimensiones corporales en promedio de las mujeres son alrededor del 90% de las de los hombres (Stewart, 1954; Trinkaus, 1980). Esto significa que los restos óseos femeninos son en promedio más pequeños que los masculinos.

Por todos es conocida la existencia de un solapamiento en las características analizadas dentro de la variabilidad biológica, que constituye un área de incertidumbre en la que los restos de los extremos de la campana de distribución pueden clasificarse erróneamente. Así, en aquellas poblaciones donde exista un elevado grado de dimorfismo sexual habrá un menor solapamiento y, por consiguiente, una mayor probabilidad de clasificar correctamente a un individuo. Por el contrario, en aquellas poblaciones donde el grado de dimorfismo sea bajo, únicamente se podrán clasificar correctamente los individuos con características morfológicas significativamente masculinas o femeninas.

Por otro lado, hay que destacar que el dimorfismo sexual no es constante, pues depende de cada población, de su medio de vida y actividad (Fernández, 2001), esto es, de la variabilidad cronológica y geográfica entre y dentro de las poblaciones. Otros factores influyentes en el dimorfismo son de aspecto genético, ambiental y socio-económico. Por eso, sólo la suma de todos los rasgos posibles nos dará una idea más precisa del sexo al que pertenece un individuo. Como consecuencia de ello, es muy importante que la población usada como referencia sea lo más próxima posible a los esqueletos estudiados, tanto desde el punto de vista biológico como cronológico o geográfico.

Teniendo en cuenta todos estos problemas, algunos autores como Stewart, Krogman, Olivier y Hrdlička (Reverte, 1991) han señalado que hay un margen de error en la determinación del sexo del 10-15% hasta un 20%, que disminuye a un 5% cuando se dispone del esqueleto completo o en buen estado, y aumenta cuando el hueso es escaso o está en malas condiciones. Por tanto, como norma general, cuando los restos óseos están en buenas condiciones, los indicadores morfológicos de dimorfismo sexual permiten predecir el sexo en más del 95% de los casos (Franklin *et al.*, 2005; Kimmerle *et al.*, 2008).

Una buena clasificación de los individuos según su sexo puede ser determinante en una investigación arqueológica, ya que la proporción de sexos puede aportar información sobre la naturaleza de un grupo y sobre su cultura. También es importante en los estudios sobre evolución, pues muchas de las cuestiones sobre las relaciones entre los individuos dependen del número que haya de hombres y de mujeres (Thieme, 1957). Además, una correcta identificación del sexo permite conocer los patrones de crecimiento y desarrollo, demográficos, distribución de condiciones patológicas, etc.



## 2

# IMPORTANCIA DEL CRÁNEO

El cráneo es la estructura más estudiada en los humanos ya que sirve como punto de partida a la hora de analizar los fósiles de homínidos. Además, el cráneo es una de las regiones del esqueleto más complejas y de mayor importancia en la osteología humana, pues es una estructura clave en la determinación del sexo, de la edad y en la comprensión de la evolución de los homínidos (White *et al*, 2011).

El estudio de esta estructura ha tenido una gran importancia a lo largo de la historia de la Antropología Física. Escritos realizados por Herodoto en el siglo V a.C. y recopilaciones efectuadas por médicos de la escuela hipocrática, manifiestan cómo determinaban la morfología del hombre a través de características craneales y tipos de forma. En las obras de Aristóteles aparecen gran cantidad de datos acerca del cráneo y sus suturas; sin embargo, fue Vesalio en el siglo XVI quien aportó los primeros datos sobre la Craneología antropológica. Las diversas expediciones llevadas a cabo por todo el mundo, hicieron que posteriormente, el hombre europeo comenzara a darse cuenta de la gran variabilidad morfológica existente entre los humanos. Más tarde, Kretschmer (1820) estableció tres biotipos y Lombroso (1895) estudió la presencia o ausencia de caracteres físicos o de acusadas deformaciones para establecer relaciones entre los individuos (Mercier, 1969). La gran

cantidad de estudios que se han hecho en el ámbito de la Antropología demuestran el interés del hombre por conocer sus características morfológicas y su interrelación con el medio.

Antropológicamente se ha demostrado que los coxales son los que permiten una mejor discriminación del sexo de un individuo; sin embargo, son los que generalmente peor se conservan en casos arqueológicos y forenses (Alemán, 1997). Por ello, frecuentemente se suele emplear el esqueleto poscranial y el cráneo para determinar el sexo, pues se considera que después del pubis, es el hueso más definitorio del sexo (Bass, 1971). Autores como Meindl *et al.*, (1985) demostraron que el cráneo permitía determinar el sexo con una probabilidad entre el 80-92% mientras que cuando se usaba el cráneo y la pelvis este porcentaje aumentaba hasta un 97%. Krogman e Iscan (1986) estudiaron una colección de 750 esqueletos con la intención de comprobar el porcentaje de fiabilidad a la hora de determinar el sexo, la edad y el linaje, según se usara el esqueleto completo, la pelvis, el cráneo o ambas estructuras óseas. Los resultados indicaron que cuando se disponía de todo el esqueleto la probabilidad de determinar esos 3 parámetros correctamente era del 100%, mientras que cuando sólo se utilizaba la pelvis o el cráneo, la probabilidad era de un 95% y 92% respectivamente, un porcentaje que aumentaba a un 98% cuando se empleaban ambos huesos a la vez.

Si hablamos de datos referentes al cráneo, Dureau (1873) señaló que un 10% de los cráneos no pueden ser determinados sexualmente. Así mismo, Boyd y Trevor (1953) estiman que la determinación del sexo con el cráneo tiene una fiabilidad del 92% mientras que Hrdlicka (1952) habla de un 90-92% con el cráneo completo y de un 80% sin tener en cuenta la mandíbula. Carpenter (1976) demostró que las variables

métricas craneales eran unos buenos indicadores del sexo, con un porcentaje de acierto del 91,6%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos datos corresponden a una generalización, pues el mayor o menor porcentaje de error dependerá del tamaño muestral, del estado de conservación de las muestras, etc.

Por eso, este trabajo sobre la determinación del sexo a partir del cráneo pretende por un lado, proporcionar una alternativa a las medidas tradicionales de determinación del sexo, y por otro, establecer un método métrico que pueda ser empleado cuando los restos esqueléticos estén fragmentados o incompletos y, por tanto no puedan observarse las características morfológicas habituales.



# 3

## **DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DEL CRÁNEO**

La cabeza está constituida por el cráneo, la cara, el cuero cabelludo, los dientes, el encéfalo, los nervios craneales, las meninges, el líquido cefalorraquídeo, los órganos especiales de los sentidos y los vasos sanguíneos y linfáticos.

El cráneo forma el esqueleto de la cabeza; los huesos que lo conforman se originan a partir del tejido conectivo mesenquimático o por la transformación del cartílago y quedan articulados entre sí por suturas. Estos huesos craneales alojan y protegen el sistema nervioso central (SNC), los órganos de los sentidos, los sistemas glandulares, estructuras del aparato digestivo y respiratorio, vasos y nervios (Latarjet y Ruíz Liard, 2004).

En el cráneo se pueden diferenciar dos zonas, el neurocráneo y el espláncocráneo (Latarjet y Ruíz Liard, 2004; Rodríguez Limón, 2007) (Fig. 1):



**Fig. 1.** Huesos del neurocráneo (gris) y esplacnocráneo (rosa), visión lateral. (Tomado de Schuünke *et al.*, 2007; pág. 3)

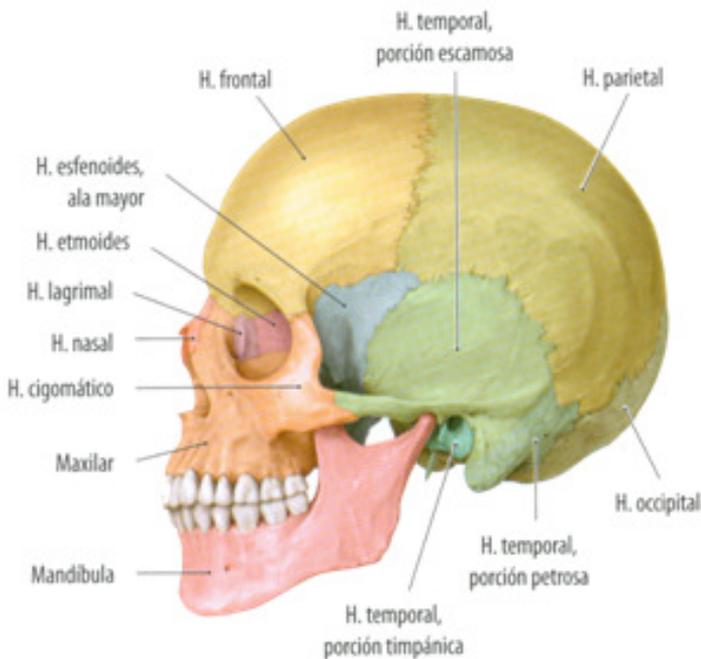
- Neurocráneo: en él se encuentra el encéfalo, las meninges, las porciones proximales de los nervios craneales y los vasos sanguíneos y está constituido por los 8 huesos que participan en la conformación de la cavidad cráneo-encefálica (Fig. 2). Los huesos frontal, parietales, temporales, y occipital están unidos por unas articulaciones llamadas suturas: sutura coronal o frontoparietal, entre el frontal y los parietales; sutura sagital o interparietal, entre los dos parietales; y sutura lambdoidea o parietooccipital, entre el occipital y los parietales. El punto de unión de las suturas coronal y sagital se llama bregma y es donde se localiza en el recién nacido la fontanela anterior.

- *Frontal*: es un hueso plano, impar, situado en la parte anterosuperior del cráneo, por delante de los huesos parietales, del esfenoides y del etmoides. Cierra la parte anterior de la cavidad craneal y se articula por abajo con

el etmoides, los huesos nasales, cigomáticos, lagrimales y maxilares.

- *Parietal:* es un hueso plano y par que se encuentra cubriendo la porción superior y lateral del cráneo, por detrás del frontal, por delante del occipital y arriba de la escama temporal. Ambos huesos parietales se articulan entre sí a través de la sutura sagital.
- *Temporal:* es un hueso par, situado en la parte lateral, media e inferior del cráneo, por debajo del parietal, por detrás del ala mayor del esfenoides y delante de la masa lateral del occipital. Externamente, además, articula con el hueso cigomático y por abajo con la mandíbula.
- *Esfenoides:* es un hueso plano e impar, situado en la parte media de la base del cráneo que forma parte de la estructura interna de la cara, de las fosas nasales y del propio cráneo. Se encuentra entre la porción horizontal del frontal, la porción basilar del occipital y las porciones escamosa y petrosa del temporal.
- *Etmoides:* es un hueso corto e impar, situado en la escotadura etmoidal del hueso frontal y delante del esfenoides. Además de articularse con estos, también lo hace con los palatinos por detrás, con el hueso nasal por delante, con el maxilar superior y el hueso lagrimal externamente y con el vómer por la región inferior.
- *Occipital:* es un hueso impar situado por detrás del esfenoides, de los temporales y de los parietales, que ocupa la parte posterior del cráneo. Se caracteriza

principalmente por el agujero occipital o *foramen magnum* a partir del cual se diferencian cuatro porciones: una basilar, dos laterales y una escama del occipital.



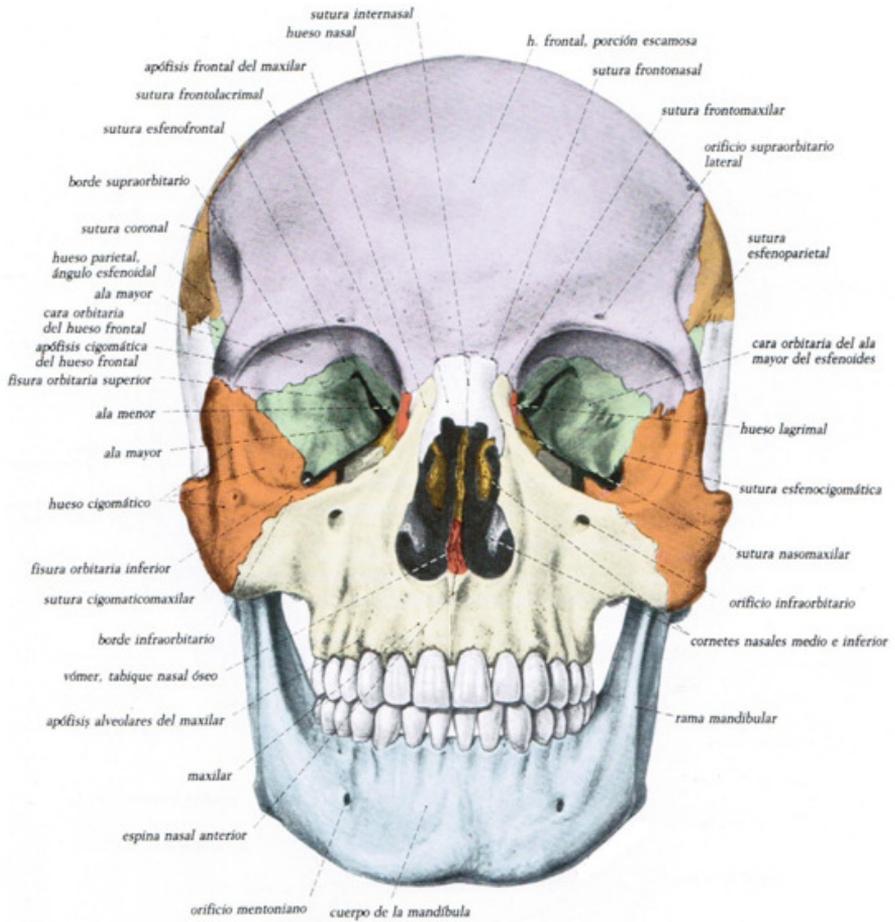
**Fig. 2.** Huesos del neurocráneo y algunos del espláncocráneo, visión lateral. (Tomado de Schuünke *et al.*, 2007; pág. 3)

- *Espláncocráneo*: constituido por los 14 huesos que participan en la conformación del macizo facial y las cavidades bucal, nasal y orbitaria. Todos ellos son pares excepto el vómer y la mandíbula (Fig. 3).
  - *Nasal*: es un hueso corto, par y compacto que forma la nariz. El borde medial de cada uno se articula con su

homólogo, constituyendo la sutura internasal. El borde lateral se articula con la apófisis ascendente del maxilar superior. El borde superior con el hueso frontal y su borde inferior con el cartílago nasal. Su cara interna se articula con la lámina perpendicular del etmoides.

- *Lagrimal:* es una pequeña lámina ósea compacta que se articula por arriba con el hueso frontal, por detrás con el etmoides, por delante con el maxilar superior y por debajo con el cornete inferior.
- *Maxilar:* es un hueso corto, par, situado debajo del frontal y del etmoides que se articula además de con estos huesos, con el cigomático, el lagrimal, el nasal y el vómer.
- *Cigomático:* es un hueso corto, par, situado en la parte más externa de la cara, formando el pómulo de la cara y parte de la órbita. Se articula con el temporal, el maxilar, el esfenoides y el frontal.
- *Mandíbula:* es un hueso plano e impar, situado en la parte inferior y anterior de la cara. Está formado por un cuerpo horizontal y dos ramas ascendentes verticales situadas a ambos lados del cuerpo.
- *Vómer:* hueso de forma laminar, impar, que constituye la parte posterior del tabique nasal, dividiendo la nariz en dos fosas nasales (izquierda y derecha). Por arriba y atrás articula con el esfenoides, por arriba y delante con el etmoides, por debajo y atrás con los palatinos y por debajo y adelante con los maxilares superiores.

- *Cornete inferior*: es una lámina ósea compacta que se encuentra en la región inferior de las fosas nasales. Se articula con el etmoides y maxilar superior por arriba, con el lagrimal por delante y con el palatino por detrás.
- *Palatino*: es un hueso corto, compacto y par que parece ser la continuación hacia atrás de los maxilares superiores. Articula con el palatino del lado opuesto, el maxilar superior, el esfenoides, el etmoides, el cornete inferior y el vómer.



**Fig. 3.** Huesos del esplacnocráneo, visión frontal. (Tomado de Sobotta, 1982; pág. 3)



# 4

## EMBRIOLOGÍA DEL CRÁNEO

Las estructuras craneales se originan a partir del mesénquima de las células de la cresta neural, del mesodermo paraxial y de la lámina del mesodermo lateral (hoja somática). El mesodermo paraxial forma una serie segmentada de bloques de tejido a cada lado del tubo neural, denominados somitómeras en la región cefálica y somitas en la región occipital. Los somitas se diferencian en una porción ventromedial (esclerotoma) y una parte dorsolateral (dermomiótoma). A la cuarta semana, las células del esclerotoma se vuelven polimorfas y dan lugar al mesénquima. Las células mesenquimatosas pueden convertirse en fibroblastos, condroblastos u osteoblastos (Langman, 2007). Por lo que entre otras funciones, tienen la capacidad de formar hueso.

Como se ha visto anteriormente, el cráneo se puede dividir en dos regiones: el neurocráneo y el esplanocráneo. El origen de los huesos que constituyen cada una de estas dos regiones es distinto (Langman, 2007):

- Neurocráneo: se puede separar en dos sectores:
  - *Neurocráneo membranoso*: formado por los huesos planos que rodean al cerebro formando una bóveda. Estos huesos se forman a partir de un proceso de osificación

intramembranosa del mesénquima, que reviste al cerebro. Durante su formación, estos huesos presentan unas espículas que se irradian progresivamente desde los centros de osificación primaria hacia la periferia. A lo largo del período fetal y posnatal estos huesos membranosos van aumentando su volumen por superposición de nuevas capas sobre su superficie externa y por resorción osteoclástica simultánea desde el interior.

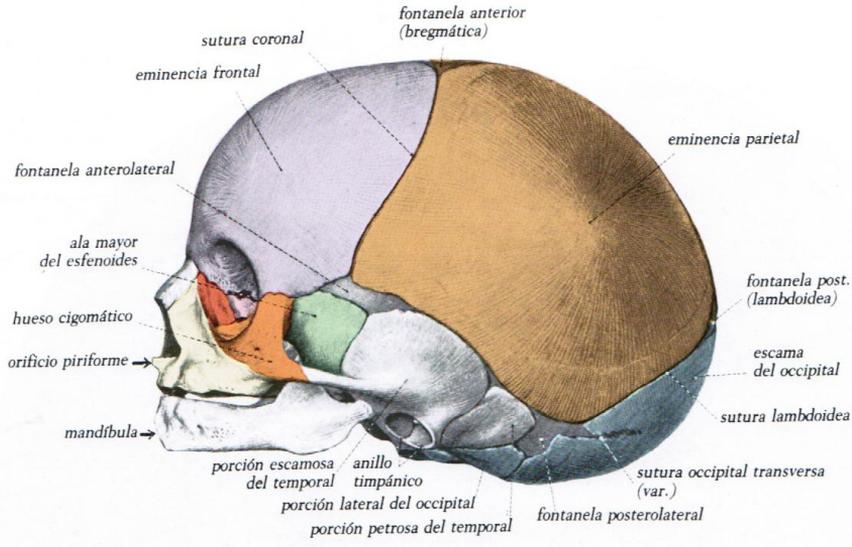
- *Neurocráneo cartilaginoso*: formado por los huesos de la base craneal. Estos huesos se originan por un proceso de osificación endocondral a partir del condrocráneo, una estructura formada por distintos núcleos cartilaginosos osteogénicos separados y extendidos por toda la región.
- *Viscerocráneo*: formado por los huesos de la cara, se origina principalmente en los cartílagos de los dos primeros arcos faríngeos. El primer arco da lugar a una porción dorsal, la apófisis maxilar, el hueso cigomático y parte del hueso temporal. La porción ventral se denomina proceso mandibular y contiene el cartílago de Meckel que está rodeado por un mesénquima que experimenta un proceso de osificación membranosa para dar lugar al maxilar. El resto de los huesos de la cara se originan a partir de un mesénquima procedente de las células de la cresta neural.

En los recién nacidos, los huesos de la bóveda craneal no están totalmente fusionados ni osificados, sino que están separados por unos finos surcos de tejido conectivo denominados suturas. El origen de ellas es variable, así por ejemplo, la sutura sagital se forma a partir de la cresta

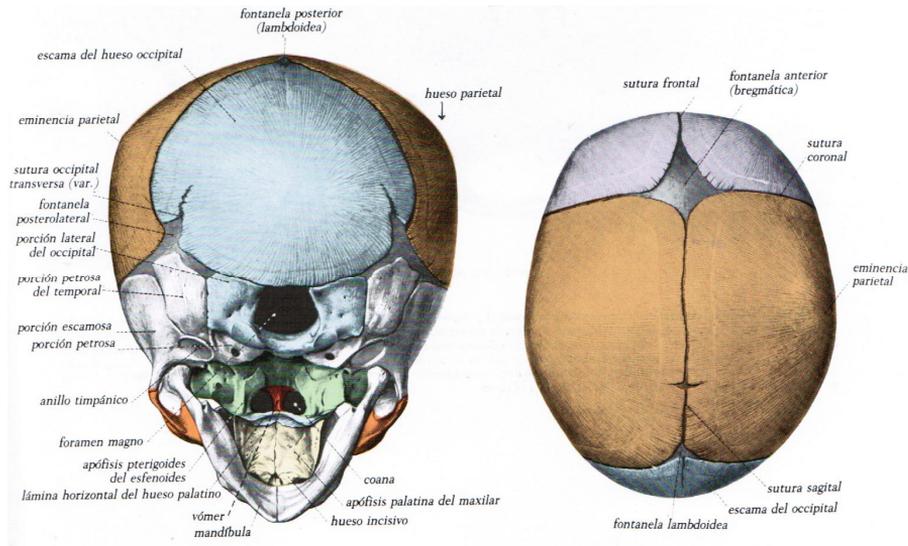
neural y la sutura coronal a partir del mesodermo paraxial. En los sitios donde se encuentran más de dos huesos, estas suturas son más anchas y se denominan fontanelas. Tanto las suturas como las fontanelas son de vital importancia durante el parto ya que la flexibilidad de estas zonas permite que los huesos se superpongan y que la cabeza pueda pasar a través del canal del parto sin presionar ni dañar el cerebro del bebé (Langman, 2007). Las fontanelas de un lactante son 6: anterior, posterior, esfenoidal derecha e izquierda y mastoidea derecha e izquierda (Figs. 4 y 5), mientras que las suturas principales son:

- *Coronal*: separa el hueso frontal de los parietales.
- *Sagital*: separa los dos huesos parietales.
- *Lambdaidea*: separa el hueso occipital de los dos parietales.
- *Escamosa*: separa cada hueso parietal de su temporal correspondiente.

Las suturas y fontanelas tardan años en osificarse totalmente y lograr la integración total de todas las piezas del cráneo; incluso se ha comprobado que en muchos casos esta osificación total no llega a producirse nunca (Bolk, 1915; Pritchard *et al.*, 1956; Enlow, 1989). Así, los huesos de la bóveda craneal mantienen su crecimiento hasta la adultez por medio del tejido fibroso de las suturas y fontanelas. Esto permite por un lado, la adaptación de la bóveda craneal conforme va creciendo el encéfalo y por otro, la adaptación según el crecimiento del macizo facial.



**Fig. 4.** Cráneo de un recién nacido, visión lateral (Tomado de Sobotta, 1982; pág. 11)



**Fig. 5.** Cráneo de un recién nacido. Izquierda visión inferior, derecha visión superior (Tomado de Sobotta, 1982; pág. 11)

# 5

## DESARROLLO CRANEAL

### 5.1. CRECIMIENTO Y DEGENERACIÓN ÓSEA

La maduración ósea es el conjunto de cambios que se dan como consecuencia de distintos procesos, desde la infancia hasta el final de la adolescencia. La mayor parte de los cambios morfológicos pueden expresarse en función de su duración y de la proporción de crecimiento de una parte del cuerpo respecto a otra (Tristán, 2005). Estos cambios en las velocidades de crecimiento es lo que se conoce como crecimiento alométrico.

El hueso es tejido óseo vivo que cambia con el tiempo. Este tejido está formado por una matriz extracelular que rodea a las células, constituida por un 25% de agua, un 25% de colágeno y un 50% de sales minerales. Estas últimas se depositan y cristalizan sobre una estructura formada por fibras de colágeno de la matriz extracelular, favoreciendo el endurecimiento del hueso. A lo largo de la vida este tejido sufre un proceso de remodelación ósea, en el que el tejido óseo viejo es sustituido por nuevo, pudiéndose distinguir dos procesos:

- *Reabsorción ósea*: eliminación de minerales y fibras de colágeno llevada a cabo por los osteoclastos.
- *Depósito óseo*: incorporación de minerales y fibras de colágeno al hueso por los osteoblastos.

El crecimiento óseo que tiene lugar durante las primeras etapas de la vida, es debido a la gran actividad de los osteoblastos; sin embargo, a partir de los 40 años la mayor actividad la tienen los osteoclastos. Así pues, entre el nacimiento y la adolescencia se produce mayor cantidad de tejido óseo que la que se pierde en el proceso de remodelación. En adultos jóvenes la velocidad de producción y la de reabsorción ósea son similares. Sin embargo, con el envejecimiento, se produce una pérdida de masa ósea como consecuencia de una desmineralización, esto es, de una mayor reabsorción que formación ósea. Se ha comprobado que esta pérdida de masa ósea varía según el sexo. Así, las mujeres pueden llegar a perder en 30 años el 25% de su masa ósea mientras que los hombres el 12% (Noriega *et al.*, 1999). Esta pérdida suele ocurrir a partir de los 30-45 años (tras la menopausia) en las mujeres y de los 60 en los hombres. Por tanto, los cambios óseos que ocurren desde la adolescencia hasta las primeras etapas adultas son debidas al crecimiento óseo, mientras que los cambios ocasionados desde el final de las primeras etapas adultas hasta la senescencia son ocasionadas por la remodelación ósea (Midori *et al.*, 2010).

## **5.2. SEGÚN LA EDAD**

La ontogenia del cráneo humano, es una transformación drástica que sucede antes y después del nacimiento (Morimoto *et al.*, 2008). Generalmente, se produce un aumento de las dimensiones craneofaciales con el aumento de la edad (Cunha, 1989). Estos cambios ontogenéticos son el resultado de una transformación tridimensional muy compleja en la que cada parte del cráneo cambia de forma, posición y orientación. Así, el cráneo humano se puede dividir en tres regiones, y aunque tienden a mantener la proporcionalidad, cada una de ellas tiene

diferentes orígenes de desarrollo y distintos requerimientos funcionales: base craneal, bóveda craneal y cara (Carlson, 1999). De todas ellas, la cara es la que más influencia genética presenta, seguida por la base craneal y por último por el neurocráneo (Cheverud y Buikstra, 1982; Martínez-Abadías *et al.*, 2009).

En la etapa prenatal, los mayores cambios se producen en el neurocráneo, dándose un mayor crecimiento en longitud que en anchura o altura (Morimoto *et al.*, 2008). Esto último se mantiene hasta los 13 o 15 años (Goldstein, 1936). Tras el nacimiento, el neurocráneo y la región orbital tienen un crecimiento temprano y rápido seguido de una suave deceleración hasta las edades infantiles. Por el contrario, la región mandibular y de las mastoides tienen un crecimiento más tardío (Humphrey, 1998). La porción mayor del rostro humano, asociado con los tractos respiratorio y digestivo, sigue el patrón de crecimiento general de los tejidos somáticos, acelerándose durante la adolescencia y ralentizándose en la etapa adulta (Shea, 1998). Las máximas dimensiones de la cabeza se alcanzan entre los 15-19 años (Goldstein, 1936).

Un ejemplo de estos cambios, se ve reflejado en un estudio realizado por Berger (1940) a partir de 30 cráneos adultos, en el que se comprueba que la anchura bicigomática crece 1,5 mm por año hasta que se alcanzan los 20 años, momento en el que se estabiliza. Sin embargo, autores como Israel (1973) y Macho (1986) demuestran que el cráneo y la cara (principalmente la longitud de la cara) están sometidos a una remodelación continua desde los 20-40 años y a partir de esta edad dicha remodelación comienza a disminuir. En el caso del neurocráneo, la remodelación disminuye progresivamente conforme avanza la edad (Macho, 1986). Se ha comprobado que las dimensiones craneales que

más cambios experimentan son: la circunferencia, la longitud y la anchura de la cabeza, y la anchura bicigomática (Midori *et al.*, 2007). A nivel del esplancocráneo, la altura de la cara es la que más cambios presenta a lo largo de la edad, (Forsberg *et al.*, 1991; Bondevik, 1995).

### **5.3. SEGÚN EL SEXO**

Durante la ontogénesis, el esqueleto humano sufre una serie de modificaciones que dan lugar a las diferencias entre hombres y mujeres en la etapa adulta. Por todos es conocido que los patrones de crecimiento y desarrollo de los hombres y de las mujeres son distintos.

Según Hamilton (1982), la edad puede afectar al mayor o menor dimorfismo sexual. En la etapa fetal, el dimorfismo sexual no está presente (O'Higgins y Collard, 2002); en cambio, durante la pubertad y la adolescencia, los caracteres sexuales alcanzan su máxima expresión como consecuencia de la divergencia en las trayectorias ontogenéticas que se dan tras el nacimiento (Morimoto *et al.*, 2008). La actuación de las hormonas sexuales (estrógenos, progesterona y testosterona) durante toda la pubertad, hace que la determinación del sexo resulte más fácil en los individuos adultos que en los subadultos. Estas hormonas sexuales, junto con la hormona del crecimiento, la tiroidea y la insulina, participan en el desarrollo de las diferencias morfológicas, así como en el control del desarrollo y crecimiento de los huesos. Las diferencias morfológicas están bien delimitadas al final del crecimiento, y aunque los distintos parámetros sean los mismos, la génesis femenina y masculina de cada individuo condiciona pequeñas diferencias. Por tanto, se puede decir que existe una relación significativa entre los patrones de crecimiento y el desarrollo del dimorfismo sexual; es decir, que las diferencias en la

velocidad de crecimiento así como en las fuerzas que participan en el desarrollo son las que marcan el dimorfismo sexual.

Se ha comprobado que aquellas regiones que tienen un crecimiento más temprano, generalmente presentan un dimorfismo menor que las que lo hacen más tarde (Schultz, 1962). Así, las mujeres terminan su desarrollo más temprano que los hombres, quienes modifican su apariencia de forma drástica en la pubertad. Es por tanto, que las heterocronías juegan un papel relevante en el dimorfismo sexual (Plavcan, 2001).

Hacia finales del sexto mes de desarrollo fetal los niños son, en promedio, un 10% más grandes que las niñas, en todas las medidas. Hasta los 10 años la tasa de crecimiento o la velocidad de crecimiento es casi idéntica en varones y mujeres, pero ésta cambia cuando se da el impulso de crecimiento adolescente (Preece, 1998). En la pubertad este impulso de crecimiento tiene una regulación temporal diferente según la zona del cuerpo. En la adolescencia los cráneos masculinos experimentan cambios muy significativos mientras que los femeninos retienen su aspecto juvenil. Dichos cambios afectan en primera línea al viscerocráneo en la región supraorbital y también al mentón que parece más prominente y cuadrangular. Además, la forma de las órbitas en los hombres parece cuadrangular y en las mujeres más redondeada.

A nivel craneal, hay estudios que demuestran diferencias sexuales en el crecimiento de la cabeza, con valores mayores en los varones que en las mujeres a todas las edades (Meredith, 1960). En un estudio con ratas realizado por Orden *et al.*, (1999) se vio que los cráneos femeninos seguían un crecimiento más homogéneo que los masculinos y en ellas más de un 70% de la variabilidad se debía al efecto del tamaño mientras que en los machos, el crecimiento volumétrico era más acusado que en

las hembras. Sin embargo, se ha visto que cuando se alcanza una edad entre los 20-30 años, los cambios son menores, y suelen ser más significativos en las mujeres, sobre todo en aquellas dimensiones verticales como la altura de la cara (Akgül y Toygar, 2002).

Por tanto, se puede decir que todos estos cambios, así como el incremento en la tasa de cambio de las proporciones, da lugar al dimorfismo sexual.

# 6

## **DIMORFISMO SEXUAL**

Charles Darwin fue uno de los primeros en considerar las diferencias físicas entre machos y hembras de una misma especie, así como en tratar de dar una explicación, postulando el concepto de selección sexual. Esta modalidad, se basa en la ventaja reproductiva que otorga una determinada característica a algunos miembros de un sexo sobre otros del mismo sexo que no la poseen.

El estudio del dimorfismo sexual sobre el esqueleto humano comenzó a principios del siglo XX con los estudios de Ales Hrdlička. Éste fue el primero en sugerir el estudio de las variables morfológicas del esqueleto desde un punto de vista osteométrico para determinar el sexo. Sin embargo, esto no se llevó a cabo hasta 40 años más tarde (Keen, 1950).

Los biólogos distinguen dos tipos de caracteres dimórficos. Por un lado, los caracteres sexuales primarios que están relacionados directamente con el apareamiento, la reproducción y la gestación y por otro, los caracteres sexuales secundarios que no están relacionados directamente con el apareamiento. Sin embargo, a pesar de esta diferenciación, generalmente, cuando se habla de dimorfismo sexual se suele hacer referencia a los caracteres sexuales secundarios (Plavcan, 2001).

El dimorfismo sexual se define como el conjunto de caracteres sexuales que permiten apreciar diferencias significativas entre hombres y mujeres a nivel morfológico, métrico o fisiológico (Pickford y Chiarelli, 1986). Sin embargo, el dimorfismo sexual constituye un fenómeno muy complejo, puesto que cualquier factor genético o ambiental puede jugar un importante papel en la expresión de las diferencias entre varón y mujer. Estas diferencias se deben a la función reproductora, las influencias genéticas y al desarrollo de la masa muscular. Además, dichas diferencias, no sólo están relacionadas directamente con la reproducción, sino que muchas de ellas están relacionadas indirectamente con ella (Cunha, 1989). De este modo, se puede decir que hay otros factores incluyendo las limitaciones en el desarrollo, filogenéticas y genéticas o la selección natural que influyen en la expresión del dimorfismo sexual de las distintas especies (Leutenegger, 1982).

Debido a la importancia que presenta el análisis del dimorfismo sexual, los estudios antropológicos sobre este tema se han realizado con poblaciones actuales, restos prehistóricos, homínidos fósiles y primates.

En la mayoría de los casos, el dimorfismo sexual es básicamente de tamaño, debido a la mayor corpulencia y estatura de los hombres. Probablemente, este rasgo es una consecuencia de la selección sexual de la estatura en la historia evolutiva humana (Rosique *et al.*, 2004). Autores como Holden y Mace (1999) comprobaron el significado evolutivo del dimorfismo sexual del tamaño con relación a la actividad física y a la producción diferencial de alimentos entre hombres y mujeres.

Como norma general, los huesos de los hombres son más robustos y grandes que los de las mujeres. Sin embargo, no todos los huesos

presentan el mismo grado de dimorfismo y no todas las poblaciones presentan las mismas diferencias. Se ha comprobado que hay una tendencia regular y sistemática en la determinación sexual de esqueletos adultos, siendo favorable para los hombres en un 12%.

## **6.1. EVOLUCIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL**

A lo largo de la Prehistoria, el dimorfismo sexual ha experimentado diferentes cambios. Hasta la aparición de los primeros *Homo*, el dimorfismo sexual de las especies hominoideas era mayor o igual al de los chimpancés (Robson y Wood, 2008). Así, durante el Plioceno y parte del Pleistoceno los homínidos presentaban un nivel de dimorfismo en dientes, cráneo y dimensiones esqueléticas mucho mayor que otros grupos. De este modo, el dimorfismo sexual de los primeros *Homo* durante el Pleistoceno Superior y Medio estaba en un nivel intermedio entre los *Australopithecus* y otros grupos extintos. En cambio, desde mediados del Paleolítico Inferior hasta el Neolítico se produjo una disminución de este dimorfismo sexual (Fruyer y Wolpoff, 1985; Rosique *et al.*, 2005). Se cree que esta reducción del dimorfismo sexual en la línea *Homo* debió comenzar con el *Homo erectus*. Dicha disminución es del 1,7% en el neurocráneo, del 2,9% en el esplanocráneo y del 2,3% en la región mandibular (Armélagos y Van Gorven, 1980). Un ejemplo de esta disminución, es que el tamaño corporal de los primeros homínidos presentaba mayor dimorfismo que el de los homínidos modernos (Brace, 1973). Otro ejemplo, y en este caso referente al cráneo, es el que sucede entre los cráneos de *Homo neanderthalensis* y de *Homo sapiens sapiens*. Estos últimos muestran menor dimorfismo que los primeros.

Debido al menor dimorfismo del *Homo sapiens sapiens* se han llevado a cabo numerosos estudios con marcadores genéticos, ADN nuclear y mitocondrial, para comprobar si a nivel interpoblacional estas diferencias continúan siendo menores en estos que en otras formas primitivas (Howells, 1989; Relethford, 1994). En nuestra especie, la diversidad craneométrica es del 11-14% entre poblaciones de distintas regiones geográficas y de un 86-89% entre poblaciones de una misma región (Relethford, 1994). Por tanto, la diversidad craneométrica varía entre las poblaciones y a lo largo del tiempo (Cunha y van Vark, 1991; Walker, 2008).

El desarrollo cultural (Fruyer, 1980), el mayor desarrollo de las mujeres respecto a los hombres como consecuencia del crecimiento del cerebro y del aumento corporal de los neonatos y del período gestacional (Brace, 1973) o el cambio en la dieta (Bruzek, 1984) son algunos de los argumentos que se han dado para explicar esta disminución. A pesar de este descenso, el dimorfismo sexual se ha mantenido a lo largo de nuestra historia evolutiva por las ventajas selectivas que ocasiona (Rosique *et al.*, 2005). Sin embargo, tanto en *Homo neanderthalensis* como en *Homo sapiens sapiens* el dimorfismo sexual ha sido mayor en el esqueleto poscraneal que en el cráneo, disminuyendo más rápidamente en este último (Cunha, 1989). A nivel morfológico, el registro fósil pone de manifiesto que el dimorfismo sexual ha afectado de forma diferente a lo largo de distintos periodos:

- *Mioceno*: el mayor dimorfismo se da a nivel de estatura y dentición.
- *Plioceno*: el mayor dimorfismo afecta al tamaño corporal.
- *Pleistoceno*: el mayor dimorfismo ocurre a nivel pélvico.

Por todo ello, se puede decir que la evolución del dimorfismo sexual no sólo está ligada a los cambios culturales y tecnológicos, sino también a la nutrición y al clima. De este modo, cuando las condiciones ambientales son adversas, las diferencias entre sexos son menores y por tanto, el dimorfismo sexual es menor (Bocquet-Appel, 1984; Borgognini-Tarli y Repetto, 1986).

Existen dos corrientes distintas que explican el dimorfismo sexual: una de ellas considera que el dimorfismo sexual del tamaño corporal es debido a procesos selectivos (por ejemplo la competición entre machos) y la otra da importancia a los ritmos de crecimiento y a la duración de éste (por ejemplo, generalmente los machos tienen períodos de crecimiento más largos que las hembras, por lo que sus tamaños son mayores) (Berge y Penin, 2004). Ambas teorías son complementarias, puesto que los procesos selectivos actúan directamente sobre los individuos e indirectamente sobre los genotipos.

El dimorfismo sexual está marcado de modo diferente según las especies. Entre 4 taxones, Gorilas, *Pan*, *Pongo* y *Homo sapiens*, se vio que los primeros son los que presentan mayor dimorfismo, seguidos, por *Pongo*, *Homo sapiens* y *Pan* (Wood *et al.*, 1991). Comparado con otros primates, los humanos tienen un menor dimorfismo sexual (Kimmerle *et al.*, 2008).

El dimorfismo sexual en mamíferos y en primates no humanos se manifiesta principalmente en el tamaño corporal. Este dimorfismo es debido a factores genéticos, a la selección sexual, influenciada por la inversión parental en las crías, a la necesidad de defensa frente a los depredadores, a las distintas formas de explotar los nichos ecológicos y a las diferencias energéticas (Pickford, 1986). En los primates, el dimorfismo sexual debe explicarse desde un enfoque ontogenético, ya

que las diferencias sexuales son debidas básicamente a la duración del período de maduración (Shea, 1986). En el caso de los humanos, el dimorfismo sexual se da a nivel morfológico (sobre todo en tamaño y fuerza), fisiológico, en la distribución del pelo y en sus historias vitales (Mace, 1992). Según DeVore y Washburn (1963), el dimorfismo sexual en la especie humana puede considerarse como una parte del sistema adaptativo total, con componentes físicos, mecánicos, energéticos y conductuales. Sin embargo, aunque este dimorfismo es variable, hay patrones de dimorfismo sexual que son compartidos entre taxones diferentes (Gorila y *Pan* por un lado y *Homo sapiens* y *Pongo* por otro, comparten el mismo patrón craneal a nivel de dos variables: palatino y fosa infratemporal).

Del mismo modo, variables como la anchura bicigomática, la anchura orbitaria o la longitud máxima, aparecen de forma reiterada en muchos taxones como las más dimórficas (Wood *et al.*, 1991). Schultz (1927) consideró que los monos y los grandes simios eran etapas primitivas de una línea evolutiva que conducía a los seres humanos modernos. Posteriormente, en 1949, este autor llevó a cabo un estudio en el que comparaba la sección medio-sagital de distintos cráneos juveniles y adultos de simios y humanos y comprobó que había una gran diferencia entre los humanos y la mayoría de los primates en el grado de proyección oral de la cara respecto al cerebro, concluyendo por tanto, que los grandes simios experimentaban importantes cambios ontogenéticos. Más tarde, Petit-Marie (1972) demostró que los simios y los humanos únicamente diferían a nivel de magnitud y velocidad de crecimiento pues compartían el mismo patrón de crecimiento en lo referente a cambios morfológicos.

## **6.2. FACTORES INFLUYENTES EN EL DIMORFISMO SEXUAL**

La genética de un carácter métrico gira alrededor del estudio de su variación, la cual se mide y se expresa como la varianza (V). La varianza total o fenotípica ( $V_P$ ) es el resultado de dos componentes: la varianza genética ( $V_G$ ) y la varianza ambiental ( $V_E$ ) (Falconer, 1985).

$$V_P = V_G + V_E$$

La  $V_G$  está determinada por las frecuencias génicas y los valores genotípicos mientras que la  $V_E$  depende de factores nutricionales, climáticos, efectos maternos y otra parte de ella no tiene una causa conocida por lo que recibe el nombre de intangible.

La partición de la varianza en distintos componentes permite estimar la importancia relativa de cada uno de ellos en el fenotipo y en particular el papel de la herencia frente al ambiente. En este sentido, se define la heredabilidad como la proporción de la varianza fenotípica que es atribuible a los efectos medios de los genes (Falconer, 1985).

Así pues, al igual que en la mayoría de las especies, el fenotipo humano se ajusta a la calidad ambiental, pero también es parte de un proceso más amplio de epigénesis: la dinámica entre los genes y el ambiente da lugar al fenotipo (Méndez y Ferrarini, 2006).

El desarrollo del cráneo depende del componente genético. Sin embargo, el desarrollo de éste se ve comprometido por complejos patrones de integración genética que dirigen la evolución craneal hacia determinadas direcciones (Martínez-Abadías *et al.*, 2009). De este modo, aunque el componente genético tiene un peso considerable en la

variación de la morfología craneal, el dimorfismo sexual y los cambios seculares no son menos importantes (Martínez-Abadías *et al.*, 2009), es decir, que la morfología craneofacial está controlada por una herencia de tipo poligénica así como por alelos reguladores relacionados con el sexo.

Por tanto, la evolución del cráneo es el resultado de una integración morfológica y no de procesos azarosos. Todo ello, indica que los sistemas de desarrollo juegan un importante papel canalizando los caminos a través de la expresión de los componentes genéticos y ambientales de la variación fenotípica (Cheverud, 1988).

Por todo ello, numerosos estudios se han centrado en determinar qué porcentaje de la variabilidad craneal humana es debida a componentes genéticos y qué porcentaje a factores ambientales (Boas, 1912; Varela y Cocilovo, 1999) así como qué regiones se ven más influenciadas por factores genéticos y cuáles por factores ambientales.

Se ha comprobado que el esqueleto facial y la bóveda craneal tienen diferentes tasas de crecimiento y de sistemas de variación; esto es, el desarrollo de ambas zonas es independiente y presenta valores muy variados de heredabilidad (Carson, 2006). Así la bóveda adquiere el 90% de su tamaño a los 5 años de edad, mientras que la cara no lo hace hasta los 12 años (Landauer, 1962). Este dimorfismo sexual está relacionado con las funciones viscerales y reproductoras. Un estudio realizado por Hiernaux (1963) demostraba que el índice cefálico tenía una mayor influencia genética que medioambiental. Kohn (1991) y Carson (2006) manifestaron que debido a la mayor influencia del ambiente y a que el crecimiento del neurocráneo cesa antes que la del esplacnocráneo, los valores de la heredabilidad son más altos en el neurocráneo que en el esplacnocráneo. Según Vandenberg (1962) y Leamy (1974) las variables

craneales referentes a la anchura y circunferencias son las que presentan valores más altos de heredabilidad.

Dentro de los factores ambientales o también denominados socio-ambientales destacan (Park y Nowosielski-Slepowron, 1983):

- *Orgánicos y acoplamiento de diferentes estructuras anatómicas:* se ha comprobado que los tejidos blandos con los que interactúa el cráneo intervienen en el modelado de éste. Para autores como Moss y Young (1960) la forma del cráneo está relacionada con sus funciones, así la mayor parte de los huesos sirven para proteger y soportar los tejidos blandos. Según ellos, las modificaciones morfológicas de los huesos parecen ser manifestaciones secundarias de los cambios primarios que se producen en los tejidos blandos. Washburn (1947) observó que al quitar el músculo temporal en ratas, la apófisis coronoides desaparecía o quedaba un vestigio. Si se suprimían los músculos del cuello que se insertaban en la nuca, la cresta nugal desaparecía y el hueso interparietal modificaba su morfología.
- *Nutrición:* juega un importante papel en la tasa y el tiempo de crecimiento (Golden, 1994). Este factor puede afectar de 3 formas distintas: provocando diferencias morfológicas entre individuos de la misma especie, alterando las diferencias entre especies o modificando el dimorfismo sexual de una población (Pucciarelli, 1990). Se ha comprobado que la región craneofacial del esqueleto es una de las zonas más afectadas cuando hay problemas de nutrición (Suazo *et al.*, 2008). Hiernaux (1963) observó que cuando los individuos tenían una buena nutrición, la longitud y anchura de la cabeza aumentaba, sin que ello afectara a la forma de la misma. Dahinten y Pucciarelli (1986) llevaron a

cabo un estudio con ratas adultas malnutridas con la intención de examinar el efecto de la malnutrición en el dimorfismo sexual del cráneo. Los resultados demostraron que en el grupo de ratas sometidas a una mala nutrición el dimorfismo sexual del cráneo se veía disminuido en un 23%. Pucciarelli *et al.*, (1990) realizaron un estudio con platirrinos en el que comprobaron que la malnutrición influye en la forma craneal, retrasando el crecimiento en tamaño y modificando los cambios normales de la forma. Suazo *et al.*, (2008) comprobaron que los hombres son más sensibles a la malnutrición que las mujeres, por lo que sus características morfológicas se pueden ver afectadas en mayor medida que las de la mujeres. Esto es debido a que la capacidad de respuesta ante situaciones adversas varía según el sexo, siendo en las mujeres donde se da una mayor capacidad de respuesta. Así, Pucciarelli *et al.*, (1990) demostraron que mientras que el patrón de crecimiento de los hombres depende en mayor medida de las condiciones del medio, el de las mujeres se mantiene estable ante los cambios.

- *Sociales*: la capacidad de respuesta ante una situación social adversa va a influir en el desarrollo de los huesos (Park y Nowosielski-Slepowron, 1983).
- *Clima*: algunas dimensiones craneales están correlacionadas con el clima lo que demuestra que la selección natural actúa de forma distinta sobre los individuos, según el ambiente en el que se encuentren (Guglielmino-Matessi *et al.*, 1979). Se ha comprobado que el frío provoca un acortamiento facial y una disminución de la apertura nasal (Riesenfeld, 1973).

- *Edad:* con el paso de los años disminuyen las diferencias sexuales. A nivel global, se observa una tendencia a la gracilización morfológica, es decir, a la disminución de la robusticidad morfológica. Así, en el caso de las mujeres, se ha visto que tras la menopausia, los caracteres morfológicos pueden sufrir pequeñas variaciones (Krenzer, 2006) y los hombres, en el sentido osteológico, pueden perder su carácter fuerte. A nivel craneal, se ha comprobado que el paso de los años, hace que aumenten las dimensiones craneales (Meindl *et al.*, 1985).
- *Fuerzas evolutivas:* mutación, migración, deriva genética y selección natural contribuyen a la diversidad biológica y a la dispersión de los individuos por los diferentes ambientes. Roseman (2004) demostró que la gran diversidad en la morfología craneal de los humanos modernos se puede explicar en base a la historia de una población y a la acción de la selección natural, así como a la actuación de las diversas fuerzas evolutivas. Sin embargo, en el caso de la selección natural, hasta el momento no se ha podido medir la magnitud de la influencia de ésta sobre la morfología craneofacial (Relethford, 1994).
- *Filogenia:* está fuertemente ligada al dimorfismo. Gran parte de la variación del dimorfismo sexual a nivel de la masa corporal de los antropoides se explica estadísticamente por la filogenia (Cheverud *et al.*, 1985); es decir, se ha demostrado que el grado de dimorfismo que muestra cada especie está determinado por el dimorfismo de sus ancestros (Plavcan, 2001)

Finalmente, se puede concluir que la interacción genotipo-ambiente es la responsable de la gran variabilidad existente y de la dificultad para determinar el sexo en muchas ocasiones.



## 7

# CRANEOMETRÍA

Es la parte de la Antropología que estudia las diferentes medidas que se pueden obtener del cráneo para determinar las dimensiones y proporciones características de una población, de un sexo, de un estado de desarrollo o de un somatotipo (Hoffmann y Bailey, 1992). Como consecuencia de las características morfológicas, el cráneo presenta una serie de intersecciones de suturas y relieves óseos peculiares, fácilmente reconocibles en cualquier espécimen.

La complejidad de su morfología, hace que sea necesario establecer una serie de puntos craneométricos que permitan tomar diferentes medidas entre ellos (Martínez-Abadías *et al.*, 2009) para así poder realizar estudios comparativos de las características craneales entre distintas poblaciones. Como norma general, se pueden distinguir 3 tipos de puntos craneométricos:

- Los localizados sobre la línea media sagital: son únicos. Ej.: glabella, bregma, etc.
- Los localizados bilateralmente: son puntos simétricos o pares. Ej.: supraorbitario, porio, etc.
- Los móviles: son más difíciles de definir por no poder ubicarse en una posición precisa, sino en puntos donde la abertura del

compás, colocado en sentido perpendicular al plano de apoyo, es máxima. Ej.: eurio, zigio, etc.

El número de medidas que se pueden tomar en el cráneo varía según los diversos autores. Así, mientras que Montagu (1960) habla de 29 medidas y 18 índices, Martín y Knusmann, (1988) propone 282 medidas y 108 índices.

Generalmente, todas estas medidas se toman con la ayuda de un calibre, un compás de espesor, una cinta métrica y un antropómetro que se sitúan sobre los puntos craneométricos. Para ello, se debe colocar el cráneo en el plano de Francfort, que es tangente al borde superior del orificio auricular y al punto inferior de la órbita.

De este modo, se pueden realizar numerosas comparaciones tanto en el tiempo como en el espacio y lograr, junto con los resultados obtenidos a partir del estudio de otras regiones anatómicas y de otros campos de la Antropología Física, avanzar en el estudio del hombre, de su diversidad y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de su evolución.

# 8

## ESTUDIOS SOBRE EL CRÁNEO

Los estudios realizados sobre el cráneo han sido múltiples y muy variados, aunque básicamente se pueden dividir en 4 grupos:

### 8.1. MORFOLÓGICOS

Se basan en la forma de determinadas estructuras esqueléticas y permiten estudiar rasgos discretos sin tener que determinar primero el sexo. De ahí que en aquellos casos en los que el sexo no puede determinarse se calculen distancias a partir de algunos caracteres descriptivos (Fernández, 2001). Sin embargo, estos estudios no aportan demasiada seguridad puesto que por un lado, puede influir la apreciación del investigador y por otro porque se ha demostrado que los caracteres sexuales secundarios varían no sólo entre individuos del mismo sexo (diferencias intra-sexuales) sino también entre grupos (diferencias interpoblacionales) y entre individuos del mismo grupo (diferencias intrapoblacionales), por lo que sólo deben aplicarse cuando se conozca la población del individuo encontrado. Así, Franklin *et al.*, (2005) y Kimmerle *et al.*, (2008) pusieron de manifiesto estas diferencias interpoblacionales e intrasexuales respectivamente, al emplear en su estudio los indicadores descritos por Krogman e Iscan (1986) para

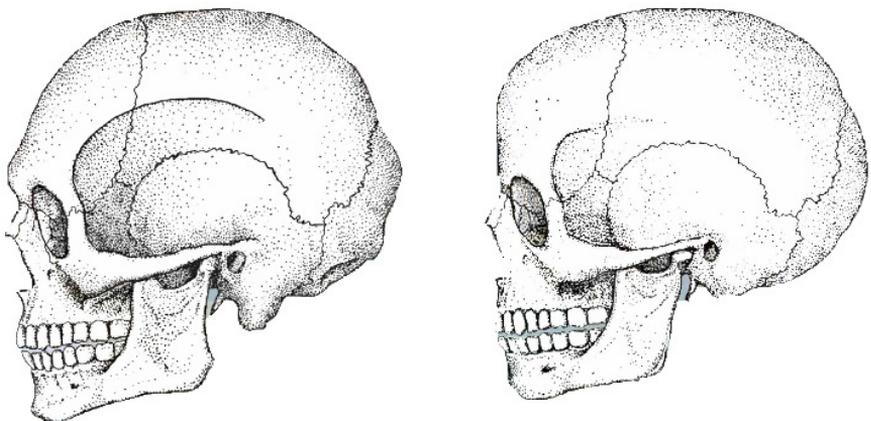
determinar el sexo. Autores como Lewontin (1972), Ryman *et al.*, (1983), Relethford (1994) y Jorde *et al.*, (2000) afirman que las diferencias interpoblacionales son menores que las intrapoblacionales.

Pese a que se considera que los métodos basados en la descripción de diferencias sexuales morfológicas no son suficientes para elaborar un método de determinación sexual (Bruzek y Murail, 2006), se siguen empleando a la hora de hacer una primera aproximación. La *Workshop of European Anthropologist (WEA)* sugiere que la determinación del sexo se haga a partir de los caracteres morfológicos del cráneo y la pelvis (Ferembach *et al.*, 1979). Para ello, se suele usar la escala establecida por Buikstra y Ubelaker (1994) que va del 1-5 según sea más o menos probable que sea hombre o mujer. Sin embargo, el problema se da cuando en muchas ocasiones estos huesos no conservan las zonas donde mejor se observan los rasgos de diferenciación sexual (Antona *et al.*, 2001).

Los estudios basados en los caracteres morfológicos se llevan a cabo atendiendo a la clasificación de estos en dos grupos: antroposcópicos, aquellos relacionados con la morfología del cráneo y epigenéticos, caracterizados por su presencia o ausencia (Hauser y De Stefano, 1989). Existen ciertas características generales que se tienen en cuenta a la hora de observar un cráneo y determinar el sexo del mismo (Tabla 1 y Fig. 6).

TABLA 1. Principales diferencias sexuales craneológicas.

<i>Región</i>	<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<i>Cráneo</i>	Más grande	Más pequeño y grácil
<i>Occipital</i>	Inserciones musculares bien marcadas	Redondeado, sin rugosidades marcadas
<i>Frontal</i>	Más inclinado	Abombado y alto
<i>Órbitas</i>	Bajas y cuadrangulares	Altas y redondeadas con el borde superior cortante
<i>Arcadas supraorbitarias</i>	Fuertes	Mínimas o inexistentes
<i>Arcadas cigomáticas</i>	Fuertes	Poco robustas
<i>Apófisis mastoides</i>	Muy desarrolladas y robustas	Poco desarrolladas y pequeñas
<i>Mandíbula</i>	Masiva, alta, robusta	Menos robusta, grácil, ángulo mandibular más obtuso y cóndilos reducidos



**Fig. 6.** Diferencias sexuales craneológicas, visión lateral (Tomado del Máster Virtual de Antropología y Genética Forense de la Universidad de Granada)

Algunos trabajos de este tipo son:

Ferembach *et al.*, (1980) establecieron un método estandarizado para la determinación del sexo basado en restos óseos, que consiste en adjudicar a las distintas regiones del cráneo un valor (de 2 hasta -2) según parezca más masculino o más femenino. La suma de todos los resultantes es lo que define el grado de sexualización del individuo (Krenzer, 2006).

Baughan y Demirjian (1978); Franklin *et al.*, (2005); Kimmerle *et al.*, (2008) emplearon una serie de indicadores morfológicos de dimorfismo sexual y comprobaron que estos permitían hacer un diagnóstico correcto en el 95% de los casos estudiados, siempre que los restos óseos estuvieran bien preservados.

Bibby (1979) demostró que la morfología craneal de ambos sexos es idéntica excepto en la altura posterior facial. De este modo, observó que los cráneos masculinos eran más alargados que los de las mujeres. A nivel métrico comprobó que las dimensiones craneales de los hombres eran un 8,5% mayores que las de las mujeres

Schiwy-Bochat (Krenzer, 2006) determinaron que la glabella, el arco superciliar, el proceso mastoideo, la cresta supramastoidea y la mandíbula eran las mejores variables para discriminar el sexo.

Osman *et al.*, (2001) estudiaron 90 cráneos adultos de sexo conocido procedentes del Consejo de Medicina Forense de Estambul. Su estudio consistió en observar la región glabellar y asignarla un prototipo concreto según la mayor o menor rugosidad de ésta, siendo el prototipo 0 muy liso y el 3 muy rugoso. Los resultados mostraron que la mayoría de los hombres presentaban un prototipo de 1 o superior a 1 mientras que

las mujeres tenían prototipos de 1 o inferiores, lo que significaba que los hombres presentaban la región glabellar más rugosa que las mujeres.

Rogers (2005) analizó 17 características morfológicas craneales en una muestra de 46 cráneos procedentes de un cementerio del siglo XIX de Canadá, para comprobar qué zonas eran las más dimórficas. Los resultados indicaron que la apertura nasal, la extensión zigomática y la región supraorbitaria eran las más útiles a la hora de determinar el sexo, seguidas de la forma de la barbilla y la cresta nugal.

Brenda *et al.*, (2006) llevaron a cabo una investigación para comprobar la precisión de 21 características morfológicas craneales. Para ello, emplearon una muestra de 50 cráneos adultos y comprobaron que las variables más precisas eran el tamaño de la mastoides, el tamaño supraorbitario, el tamaño y la rugosidad de la región zigomática, el tamaño y forma de la apertura nasal y el ángulo goniaco, con un 80% de precisión.

Suazo *et al.*, (2009) utilizaron una muestra de 284 cráneos pertenecientes a una colección de la Universidad Federal de São Paulo, en la que se analizaron 16 indicadores de los descritos por Krogman (1955) y por Krogman e Iscan (1986). Los resultados obtenidos mostraron que todos los indicadores tenían altas probabilidades (84,75-72,89%), pero de ellos, los mejores eran los que estaban relacionados con la acción e inserción de los grandes grupos musculares entre ellos, el proceso mastoideo, el hueso cigomático, la mandíbula, y las rugosidades del hueso occipital. Por el contrario, indicadores basados en la observación de la forma como el paladar, la barbilla y la órbita, eran peores.

## **8.2. MÉTRICOS**

Se basan en métodos cuantitativos e intentan ser más objetivos que los anteriores, aunque tienen el inconveniente de que por un lado, sólo son aplicables en aquellas poblaciones en las que se ha hecho el estudio o en aquellas otras que presentan un dimorfismo similar (Rosique *et al.*, 2004) ya que las poblaciones están sometidas a distintos factores genéticos, culturales o medioambientales y, por tanto, no son universalmente aplicables. Por otro lado, en algunas ocasiones no es posible medir las variables requeridas para su aplicación, bien por la ausencia de la zona a medir o bien por la complejidad de la forma que presentan. Por ejemplo, las órbitas, al tener una estructura redondeada son más complicadas de medir que otras zonas.

Kajanoja (1966) y posteriormente Williams (1987) establecieron que la aplicación de las ecuaciones discriminantes en poblaciones distintas a las empleadas para elaborarlas tiene un error de clasificación de entre el 32-48%. Sin embargo, si en este método se emplea una colección identificada se optimizan los resultados obtenidos. Las medidas tomadas para realizar este tipo de estudios sirven para elaborar funciones discriminantes y así atribuir un sexo u otro mediante la comparación del valor obtenido con un valor umbral (Orban y Polet, 2005).

Desde 1960, los antropólogos forenses han utilizado sus conocimientos sobre la diversidad poblacional para desarrollar medidas estándar y funciones discriminantes para determinar el sexo; sin embargo, estos no tomaron auge hasta la publicación de los trabajos de Krogman e Iscan (Alemán *et al.*, 1999). Desde entonces, el análisis discriminante es uno de los procedimientos estadísticos más usado y

mejor aceptado para la elaboración de funciones discriminantes en el estudio del dimorfismo sexual.

Además, el desarrollo de la informática ha permitido trabajar de forma rápida con cuantiosas bases de datos, lo que ha contribuido a que los análisis estadísticos sean una de las principales herramientas de la Antropología (Jiménez-Brobeil, 2010). Así, muchos investigadores se han centrado en este tipo de estudios, permitiendo que actualmente, existan numerosas fórmulas de discriminación. Estos métodos se usan muchas veces para determinar el sexo cuando se carece de otros indicadores más fiables, como puede ser la pelvis y adquieren más valor cuando los restos están incompletos.

Sin embargo, los métodos métricos son instrumentos para detectar las diferencias métricas, pero no mejoran ni profundizan de manera significativa los resultados obtenidos por los métodos morfológicos (Mays, 1998).

Algunos estudios métricos que se han realizado en el cráneo son:

Turner (1903) estudió en un total de 176 cráneos procedentes de diferentes localidades escocesas, diferentes parámetros craneales y observó que la longitud y anchura máxima, la circunferencia horizontal, los índices gnático, orbital y nasal eran mayores en los hombres que en las mujeres, mientras que la altura máxima era mayor en las mujeres.

Cameron (1929), con la intención de ver la relación existente entre la anchura nasal y la altura facial y el dimorfismo sexual de ellas, estableció un índice para poder relacionarlas. Para ello, utilizó una muestra de 621 individuos pertenecientes a 8 poblaciones diferentes. Los resultados demostraron que en todas las poblaciones, el valor de dicho

índice era más alto en las mujeres, siendo la altura facial la que presentaba mayor dimorfismo sexual.

$$\frac{\text{anchura nasal} \times 100}{\text{altura facial}}$$

Hanihara (1959) estudió una muestra de cráneos japoneses y observó que estos permitían determinar el sexo con un 89,7% de fiabilidad.

Con el objetivo de comprobar si el crecimiento del esplanocráneo y del neurocráneo era independiente, Landauer (1962) estudió una colección formada por 70 cráneos africanos, en los que midió un total de 23 variables. Mediante un análisis factorial obtuvo 5 factores, de los cuales los 3 primeros afectaban a la región zigomática del cráneo, y los otros dos a la anchura malar y frontal. Estos resultados le permitieron concluir que dichas regiones eran las más afectadas durante el crecimiento.

Giles y Elliot (1963) estudiaron la determinación del sexo mediante análisis discriminante del cráneo en una muestra de 200 individuos pertenecientes a las colecciones Terry (colección situada en el Museo Nacional de Historia Natural de Washington, formada por 1636 individuos, cuya edad, sexo, origen y causa de muerte es conocida) y Hamann-Todd (colección depositada en el Museo de Historia Natural de Cleveland, constituida por 3100 individuos, de los que se conoce la edad (0-105 años), el sexo, el origen y la causa de muerte). En dicho estudio se realizaron 21 combinaciones de funciones discriminantes para determinar el sexo y se analizó la aplicabilidad de este método a otras poblaciones. Para ello, se estudiaron los cráneos de una población de chimpancés, otra de individuos irlandeses y otra de indios americanos.

Los resultados obtenidos demostraron que las variables más dimórficas eran la altura craneal, diámetro cigomático y la longitud de la mastoides con un poder discriminante del 82-89%. Sin embargo, el punto de corte para clasificar a un individuo en uno u otro sexo se tenía que ajustar a la población en estudio.

Brothwell (1987) demostró que la altura de las órbitas es mayor en las mujeres que en los hombres.

Cunha (1989) analizó el dimorfismo sexual en una muestra de 570 cráneos (347 hombres y 213 mujeres) pertenecientes a la colección das Escolas Médicas del Museo de Antropología de la Universidad de Coimbra. Los resultados obtenidos mostraron que las variables más dimórficas eran la anchura bicigomática, la longitud de la apófisis mastoides, la proyección glabellar, la longitud del foramen *magnum* y la anchura biauricular, con un porcentaje de acierto del 80,1%.

Cunha y Van Vark (1991) llevaron a cabo un estudio discriminante sobre el dimorfismo sexual de una Colección de Coimbra y comprobaron que las variables más dimórficas eran la anchura bizigomática, la longitud de la mastoides y la proyección supraorbital, con unos porcentajes de acierto del 79,8% y 79,3% según el método empleado.

Song (1992) estudió 41 variables craneales en una muestra de 60 cráneos chinos. Mediante la regresión múltiple, se obtuvieron dos grupos: uno constituido por 14 variables y otro por 5. Para cada uno de ellos, se construyó posteriormente, una ecuación discriminante. Las variables más dimórficas fueron la longitud craneal, la anchura máxima craneal, la altura craneal, el diámetro bicigomático, la longitud de la base, la longitud bregma-lambda y la longitud y anchura del *foramen*

*magnum*. Sendos grupos mostraron un alto poder discriminante, un 96,7% para el grupo de las 5 variables y un 100% para el grupo de las 14 variables.

Kalmey y Rathbun (1996) comprobaron que la región petrosa del temporal permitía determinar el sexo con una probabilidad del 74%. Para ello, llevaron a cabo un análisis discriminante a partir de la combinación de 5 variables estudiadas.

Steyn e Iscan (1998) analizaron una muestra de 91 cráneos, de sexo conocido, procedentes del sur de África. Se estudiaron un total de 12 variables craneales y 5 mandibulares. Los resultados del análisis discriminante demostraron que la anchura bicigomática era la variable más dimórfica, con un 80% de correcta asignación.

Fernández (2001) realizó un estudio morfométrico de 200 cráneos procedentes de una colección del Museo de Antropología de la Escuela de Medicina Legal de la Universidad Complutense de Madrid, para ver las posibles variaciones de las diferentes variables medidas, según el sexo y la edad. En lo referente al sexo y a la zona basal del cráneo (*foramen magnum*) no apreció diferencias significativas, aunque sí en cuanto a la longitud del cráneo, altura nasal y mentoniana y en las diversas medidas tomadas en la región mandibular. También, en este estudio se llevó a cabo un análisis de caracteres epigenéticos en el que se apreciaron diferencias significativas entre hombres y mujeres; es decir, se vio que había determinados rasgos que aparecían con mayor frecuencia en los hombres que en las mujeres.

Paiva y Segre (2003) realizaron una investigación basada en copias xerográficas de ambos lados del cráneo, sobre las que se marcaban 3 puntos craneométricos: porio, asterio y mastoides, con la

intención de comprobar el dimorfismo sexual de estas zonas. La muestra estudiada estaba formada por 60 individuos pertenecientes a una colección del Laboratorio de Antropología Forense del Sector de Pericias Médico-Legales de Guarulhos (Brasil). Los resultados obtenidos demostraron que el área total era la mejor variable para determinar el sexo, estableciendo unos valores mayores o iguales a 1447,40 mm<sup>2</sup> para los hombres y menores o iguales a 1260,36 mm<sup>2</sup> para las mujeres.

Rosique *et al.*, (2004) llevaron a cabo un estudio para determinar el dimorfismo sexual en el cráneo, la mandíbula y los huesos largos utilizando una muestra de 70 individuos de sexo conocido, procedentes de Medellín (Colombia). Los resultados determinaron que mientras en el análisis univariante las variables craneales más significativas eran la anchura bicigomática, la anchura frontal mínima, la altura nasal y la altura basio-bregma, en el multivariante, fueron la anchura bicigomática y la anchura maxiloalveolar, con un porcentaje de acierto del 78,8%. En el 2005 estos autores estudiaron nuevamente la población de Medellín y otra de Bogotá para ver qué variables eran las más dimórficas en ambas poblaciones. Los resultados demostraron que la anchura bicigomática, la altura nasio-basio-prostio, la altura nasal y la altura basio-bregma eran las que mejor permitían determinar el sexo.

Krenzer (2005) en un estudio craneométrico a partir de 160 individuos guatemaltecos, observó que la altura basio-bregma, la cuerda occipital, el diámetro bigonial y la anchura mínima de la rama ascendente eran las variables más dimórficas mostrando un porcentaje de acierto del 91%.

Franklin *et al.*, (2005) estudiaron el dimorfismo sexual de una muestra de cráneos de indígenas surafricanos con la intención de ver si existían diferencias sexuales entre ellos y elaborar una ecuación

discriminante para estas poblaciones. Los resultados obtenidos mostraron que la anchura de la cara era la variable más dimórfica y por tanto la que mejor discriminaba, seguida de la longitud craneal y la altura basio-bregma y todas ellas permitían determinar el sexo con un porcentaje de acierto de entre el 77-80% de fiabilidad.

Carson (2006) llevó a cabo un análisis a partir de una muestra de 298 individuos procedentes de Hallstatt (Austria) en el que demostró que variables como la anchura nasal, la altura orbital y la anchura alveolar externa no mostraban diferencias significativas entre sexos.

Deshmukh y Devershi (2006) estudiaron una muestra de 74 cráneos de sexo conocido mediante análisis univariante y multivariante y vieron que la circunferencia craneal era la variable más dimórfica. En el análisis univariante el 32,41% de los cráneos fueron correctamente clasificados mientras que en el multivariante el 87,84%.

Kemkes y Göbel (2006) llevaron a cabo un estudio para determinar el dimorfismo sexual en las dimensiones y el área del triángulo mastoideo mediante análisis discriminantes. Para ello, emplearon un total de 81 cráneos de individuos brasileños pertenecientes a una colección del Museo de la Universidad Federal de São Paulo. Los resultados mostraron que la mayoría de las dimensiones y áreas eran mayores en los hombres que en las mujeres, siendo las más significativas en los hombres la distancia porio-mastoides, el área del triángulo mastoideo derecho y el área total. El análisis discriminante demostró que sólo la distancia porio-mastoides determinaba el sexo con una probabilidad del 64,2% teniendo una mayor sensibilidad para clasificar a los hombres con un 93% que a las mujeres con un 17,7%. Estos resultados, establecieron que el poder discriminante de estas

dimensiones no solamente era bajo sino que además subestimaba a las mujeres.

Fernández (2007) realizó un análisis discriminante a partir de una muestra de 2000 cráneos correspondientes a los siglos V-XX de la Península Ibérica y observó que las variables más dimórficas eran la longitud máxima del cráneo, la altura nasal, la altura mentoniana y la anchura bigoníaca.

Walker (2008) analizó una muestra formada por 304 cráneos de sexo y edad conocidos, pertenecientes a individuos cuyos antecesores eran europeos-americanos, africanos-americanos e ingleses y otra de 156 cráneos pertenecientes a americanos nativos. Los resultados de la regresión logística demostraron que el proceso mastoideo y el área glabellar eran, con un 70% de correcta asignación, las regiones más dimórficas.

González *et al.*, (2009) usaron una muestra de 125 cráneos adultos procedentes del Museo Antropológico de la Universidad de Coimbra para llevar a cabo un análisis discriminante con una serie de puntos craneométricos. Los resultados indicaron que el cráneo permitía determinar el sexo con un 60,12% de probabilidad.

Zabando *et al.*, (2009) realizaron un estudio sobre el dimorfismo sexual de 226 cráneos pertenecientes a la Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) y comprobaron que la longitud craneal máxima, la altura de la cara superior, la anchura bicigomática y la altura nasal eran las variables que mostraban diferencias significativas y que estas dos últimas permitían determinar el sexo con un 82% de probabilidad.

Aunque se han desarrollado varios modelos estadísticos para realizar análisis cuantitativos, aún se siguen empleando los métodos

cualitativos para hacer una primera aproximación, siguiendo una serie de indicadores de dimorfismo sexual. La importancia de estos dos tipos de estudios radica en que ambos pueden aportar datos sobre las características de una población.

### **8.3. MOLECULARES**

Se basan en el análisis de ADN. Estos métodos son útiles cuando se trata de restos fragmentados o de individuos juveniles (Stone *et al.*, 1996). Sin embargo, en el análisis de las poblaciones del pasado, los estudios sobre ADN siguen siendo escasos ya que se encuentran con el problema de que la extracción del ADN en huesos antiguos es un proceso complicado debido al estado de conservación, a la degradación y a la contaminación (Jiménez-Brobeil, 2010). Además, la complejidad de sus infraestructuras y de su técnica hace que estos sean usados fundamentalmente en aquellos casos en los que los métodos morfológicos y métricos son insuficientes (Suazo *et al.*, 2008).

La aparición de resultados claros en los que se demostraba que detrás de los distintos patrones craneales estaban factores genéticos hizo que los estudios moleculares de esta región entraran en auge (Cheverud, 1988; Buikstra *et al.*, 1990). Entre este tipo de estudios destaca el llevado a cabo por Stone *et al.*, (1996). Ellos utilizaron una muestra de 20 individuos modernos de sexo conocido y otra de 20 individuos de origen arqueológico, con la intención de estudiar la fiabilidad de este método en la determinación del sexo. Los resultados demostraron que, en el caso de los individuos modernos, la determinación del sexo tuvo un porcentaje de acierto del 100% y de un 95% en la muestra arqueológica.

## 8.4. NUEVAS TÉCNICAS

Debido a las ventajas y desventajas que presentan todos estos métodos, las nuevas investigaciones se han enfocado en buscar métodos alternativos que permitan cuantificar y analizar la morfología (González *et al.*, 2009). Un ejemplo de estos es la llamada morfometría geométrica, basada en capturar la geometría de las estructuras morfológicas a partir de coordenadas en 2D y 3D de distintos puntos anatómicos para posteriormente hacer análisis multivariantes. Así pues, para llevar a cabo este tipo de análisis es necesario obtener unos datos primarios y unas variables de la forma y realizar un análisis estadístico.

Rosas y Bastir (2002) estudiaron la morfometría geométrica y el dimorfismo sexual de una población portuguesa y comprobaron que la apertura nasal en los hombres era mayor que en las mujeres.

Pretorius *et al.*, (2006) llevaron a cabo un estudio para comprobar la utilidad de la morfometría geométrica. Para ello, emplearon una muestra de individuos del sur de África en los que se estudió la forma de la escotadura ciática, la rama mandibular y la forma de los ojos. Los resultados demostraron que la morfología de las órbitas presentaba un elevado dimorfismo sexual.

González *et al.*, (2009), llevaron a cabo un estudio de este tipo para analizar el dimorfismo sexual de 125 cráneos adultos pertenecientes a una colección de Coimbra y comprobaron que las variables relacionadas con la forma asignaban un porcentaje del 60,12%. Sin embargo, cuando además se incluían variables relacionadas con el tamaño este porcentaje aumentaba a un 77,86%. Esto indicaba que el dimorfismo sexual estaba relacionado con el mayor tamaño y robustez de los cráneos masculinos. Al utilizar puntos anatómicos bien definidos

y por tanto ser más objetivos, estos autores consideran que la morfometría geométrica, da lugar a resultados más consistentes.

Todos los métodos anteriores son aplicables en función del tipo de estudio que se quiera hacer. Por eso, para que un estudio sea correcto es necesario que los métodos y la metodología sean adecuados. Analizar y comprobar los resultados puede ayudar a determinar la fiabilidad de los mismos. Como conclusión, se puede decir que ningún método es desechable, simplemente hay que conocer todas las posibilidades y elegir el que mejor se adecúe a la investigación.

# 9

## OBJETIVOS

Los objetivos de la presente investigación son:

1. Aportar una base de datos cuantitativos del cráneo para su uso en posteriores estudios forenses, antropológicos o evolutivos.
2. Hacer un análisis tipológico de la población de Granada y de Coimbra.
3. Estudiar posibles diferencias significativas entre las distintas variables de la población de Coimbra en función de la edad.
4. Estudiar posibles diferencias significativas entre las variables, en función del sexo, de manera que puedan emplearse como alternativa a las medidas tradicionales en la estimación de este parámetro.
5. Estudiar el grado de dimorfismo de cada una de las variables en las dos poblaciones.
6. Comprobar si las funciones discriminantes obtenidas a partir de una población homogénea mediterránea son aplicables a otra población mediterránea de Coimbra.

7. Comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los obtenidos por otros autores, para evaluar las semejanzas o diferencias entre ellos y así conocer la fiabilidad del método propuesto.

# 10

## MATERIAL

En este estudio se ha realizado un análisis métrico del cráneo en dos muestras procedentes de Granada y Coimbra.

### 10.1. COLECCIÓN DE GRANADA

Se trata de una colección que fue cedida por el Cementerio de San José de Granada al Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física de la Facultad de Medicina de Granada cuando se comenzaron los trabajos de exhumación para remodelar algunos de los patios que hay en este cementerio.

Es una colección en buen estado de conservación, de la que se tiene un completo registro en el Registro Civil, lo que permite obtener una ficha muy completa de ellos: fecha y lugar de nacimiento y defunción, nombre, filiación, domicilio, sexo, edad y causa de muerte, estado civil, lugar de procedencia de los restos en el cementerio y calidad del féretro.

Los individuos de esta colección pertenecen a un periodo que abarca desde mediados del siglo XIX hasta la actualidad. Esta amplitud de tiempo permite observar la evolución de la tasa de mortalidad, ya que ésta ha ido variando con los cambios económicos, políticos y sociales

que han ido acaeciendo a lo largo de toda esta época. Así pues, se pasa de una elevada tasa de mortalidad como consecuencia de epidemias, enfermedades infecciosas, etc, a una reducción de la misma por una mejora en las condiciones de vida de la población (Alcaide, 1999), donde las principales causas de muerte pasan a ser arteriosclerosis, traumatismos, embolia cerebral, bronquitis, coma diabético o hepático, infarto de miocardio y cáncer.

Para esta investigación se han empleado 130 individuos (70 hombres y 60 mujeres) de los 152 individuos que conforman esta colección. Todos ellos, nacieron en la provincia de Granada y tienen una edad comprendida entre 30-93 años, siendo la edad media de la muestra de 69 años.

## **10.2. COLECCIÓN DE COIMBRA**

La otra colección (*Colecção das Escolas Médicas*) procede del Museo de Antropología de la Universidad de Coimbra y es la primera colección ósea identificada que reunió Coimbra (1896-1903).

De los individuos de esta colección se conoce el sexo, la edad, la causa y lugar de fallecimiento, la filiación, el lugar de nacimiento, la profesión y el estado civil. Se trata de individuos en buen estado de conservación. La pertenencia de todos ellos a clases bajas, (32% trabajaba en el campo, 28% en trabajos domésticos y el 9% eran sirvientes) (Cunha, Van Vark, 1991) explica que las principales causas de muerte estuvieran relacionadas con enfermedades infecciosas como la tuberculosis (30%), o la fiebre tifoidea (8%) (Cunha, 1989). También,

se manifiestan enfermedades cerebrales (5%) o cancerígenas (3%) pero en menor medida.

Dicha serie está constituida por 585 cráneos completos, 366 hombres y 219 mujeres. De toda ella, se han estudiado un total de 200 individuos, 100 hombres y 100 mujeres. Todos ellos, nacieron en Portugal (dos de ellos en el archipiélago de Madeira), entre los años 1802-1890 y fallecieron entre 1895-1903. Los individuos estudiados tienen una edad comprendida entre 30-86 años, con una edad media de 55 años.

El conocimiento de todos estos parámetros en sendas colecciones, junto con el considerable tamaño de las mismas, les confiere un alto valor antropológico ya que, además de facilitar el estudio, le da una mayor fiabilidad a los resultados obtenidos. Sin embargo, no por ello hay que olvidar los posibles errores de muestreo que se pueden cometer. Puesto que en este estudio uno de los principales objetivos es la determinación del sexo a partir de una ecuación discriminante obtenida a través de los datos de la colección de Granada, es de notable importancia el hecho de que se conozca el sexo de los restos que la forman. Del mismo modo, es igual de importante que se conozca el sexo de los individuos de la colección de Coimbra, ya que este dato permite afianzar los resultados obtenidos y comprobar si las ecuaciones discriminantes obtenidas con la población de Granada son aplicables a la de Coimbra. Así pues, aunque el porcentaje de acierto no sea muy elevado, sí ofrece una mayor seguridad a la hora de someter el cráneo a su correspondiente ecuación para determinar el sexo que otra que se haya obtenido a partir de restos no caracterizados sexualmente. Evidentemente, hay que tener siempre presente que estas ecuaciones discriminantes se han sacado de una población concreta y el mejor o peor funcionamiento de sus

resultados a la hora de aplicarla en otras colecciones u otros individuos, dependerá de la población y del grado de similitud que presente con respecto al origen.

Se eligieron cráneos de individuos adultos, eliminando del estudio los infantiles, ya que en estos últimos la estructura craneal no está totalmente cerrada ni desarrollada.

La avanzada edad de la mayoría de los individuos de la muestra de la población de Granada y por consiguiente la manifiesta degeneración ósea, impidió que en algunas ocasiones se pudieran tomar todas las medidas. Sin embargo, estos individuos no se desecharon, sino que en ellos se tomaron todas aquellas medidas que fueron posibles para tenerlas en cuenta en el posterior estudio craneométrico global.

Con la intención de tomar una muestra lo más parecida posible a la de Granada, en lo que respecta a la edad, se seleccionaron en la población de Coimbra, no sólo los individuos que estuvieran dentro del rango de edad de los de Granada sino que también tuvieran una absoluta integridad anatómica del cráneo, de manera que aquellos que no estaban íntegros o que presentaban alguna patología (fracturas, etc.) que pudiera alterar las medidas, se excluyeron. Además, para comprobar si las ecuaciones discriminantes obtenidas a partir de la muestra de Granada eran aplicables a cualquier individuo de la población de Coimbra de cualquier edad, se analizó una pequeña muestra de la misma colección de Coimbra, formada por 50 individuos (25 mujeres y 25 hombres) de edades comprendidas entre 20-29 años.

Por tanto, no sólo es importante contar con muestras de sexo, edad y causa de muerte conocida, sino también, disponer de muestras con

edades y procedencias homogéneas (Cunha, 1989), ya que esto permitirá obtener unos resultados lo más fiables posibles.

### 10.3. INSTRUMENTAL

Para la realización de este estudio se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Compás de espesor: está formado por dos ramas de acero articuladas por su extremo recto. Presenta una regla con escala milimétrica en la zona de unión entre la parte curva y la recta, que está sujeta a la rama derecha para permitir su deslizamiento.
- Calibre digital: regla de unos 25-30 cm. de longitud con una escala milimetrada en ambos lados. Posee un brazo superior fijo que forma un ángulo recto con la escala milimétrica y un brazo móvil, paralelo al primero que se desliza a lo largo de la regla-escala.
- Cinta métrica: cinta flexible y graduada de unos 150 cm. de longitud.

## **10.4. CARACTERES CUANTITATIVOS**

### **10.4.1. Selección de los individuos**

Para la medición de variables se tuvo en cuenta que los puntos anatómicos seleccionados para las diferentes medidas, estuvieran en buen estado de conservación.

Por otro lado, también se ha considerado toda la variabilidad que pudiese encontrarse como consecuencia de la propia variación de la edad y de los procesos osteodegenerativos.

### **10.4.2. Definición de los puntos craneométricos**

Se escogieron un total de 50 variables, de las cuales 30 correspondían a medidas directas del neurocráneo y esplacnocráneo y 20 a medidas indirectas de los índices craneales. La medición de estas variables se hizo una vez se tenían identificados los diferentes puntos craneométricos que participan en cada una de las variables (Tabla 2).

Cada variable fue tomada en dos ocasiones por la misma persona, en diferentes periodos, distantes en un tiempo no superior a 15 días y haciendo la media de sendas medidas para reducir el error intraobservador.

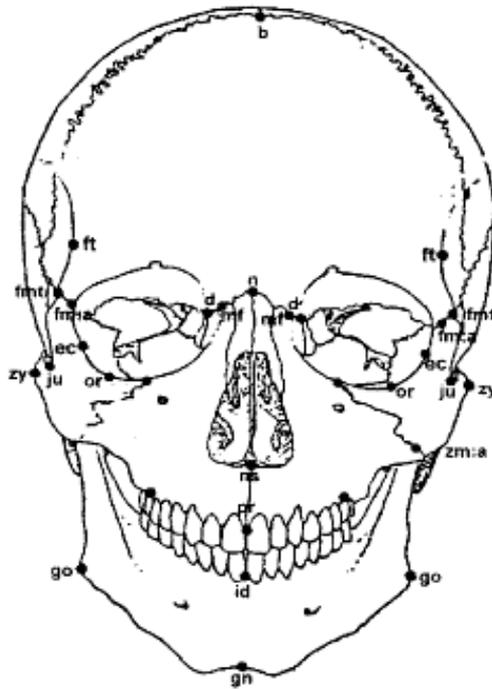
**TABLA 2.** Definición de los puntos craneométricos (Martin y Knusmann, 1988).

<i>Punto craneométrico</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Definición</i>
<i>Asterio</i>	<i>ast</i>	Punto situado en la unión del parietal, del temporal y del occipital.
<i>Auricular</i>	<i>au</i>	Punto situado en la raíz del arco cigomático del temporal, en la intersección con una línea perpendicular trazada desde el plano medio del meato auditivo.
<i>Basio</i>	<i>ba</i>	Punto medio anterior del <i>foramen magnum</i> .
<i>Bregma</i>	<i>b</i>	Punto medio de la sutura coronal, situado en la unión de las suturas coronal y sagital.
<i>Cigio</i>	<i>zy</i>	Punto más lateral de la arcada cigomática, determinado por la anchura máxima de la cara.
<i>Ectoconquio</i>	<i>ek</i>	Punto del reborde lateral de la órbita que está más alejado del punto máxilo-frontal.
<i>Ectomolar</i>	<i>ekm</i>	Punto más lateral de la superficie de la cresta alveolar.
<i>Eurio</i>	<i>eu</i>	Punto lateral más saliente de la bóveda del cráneo, situado a nivel parietal.
<i>Frontotemporal</i>	<i>ft</i>	Punto más anterior de la línea temporal sobre el hueso frontal.
<i>Glabela</i>	<i>g</i>	Punto medio más saliente del frontal, por encima de la sutura nasofrontal, entre las arcadas orbitarias.

**TABLA 2.** (continuación).

<b><i>Punto craneométrico</i></b>	<b><i>Abreviatura</i></b>	<b><i>Definición</i></b>
<i>Gnatio</i>	<i>gn</i>	Punto medio más bajo del borde inferior de la mandíbula.
<i>Gonio</i>	<i>go</i>	Punto virtual situado en la intersección de la tangente posterior de la rama ascendente y de la tangente inferior del cuerpo de la mandíbula.
<i>Inio</i>	<i>i</i>	Parte media más saliente de la protuberancia occipital externa.
<i>Lambda</i>	<i>I</i>	Punto medio de la sutura lambdoidea, situado generalmente en la unión de las suturas sagital y lambdoidea.
<i>Maxilofrontal</i>	<i>mf</i>	Punto situado sobre la sutura máxilo-frontal en la prolongación de la cresta lacrimonasal anterior.
<i>Nasio</i>	<i>n</i>	Punto medio de la sutura naso-frontal.
<i>Nasoespinal</i>	<i>ns</i>	Punto virtual medio situado sobre la tangente a los dos bordes inferiores del orificio nasal.
<i>Opistio</i>	<i>o</i>	Punto medio posterior del <i>foramen magnum</i> .
<i>Opistocráneo</i>	<i>op</i>	Punto medio más alejado del cráneo, partiendo del punto glabellar.
<i>Porio</i>	<i>po</i>	Punto medio del borde superior del meato auditivo externo.
<i>Prostio</i>	<i>pr</i>	Punto medio más bajo situado en el reborde alveolar superior, entre los dos incisivos medios superiores.





**Fig. 9.** Puntos craneométricos, visión frontal del cráneo (Martin Knusmann, 1988, modificado de figura 41, pág. 165).

### **10.4.3. Definición de las variables estudiadas**

Todas las variables fueron tomadas siguiendo las definiciones de Martin y Knusmann (1988). Todas las medidas se tomaron en milímetros y por tanto se expresan en dicha unidad. Antes de la definición de cada una de ellas, se detalla entre paréntesis, el número que Martin le asignó en su estudio.

---

## NEUROCRÁNEO

- **Longitud craneal máxima (1):** máxima distancia obtenida desde la glabella hasta el opistocráneo en el plano sagital. Se mide con el compás de espesor.
- **Longitud base (5):** distancia entre nasio y basio en el plano sagital. Se mide con el compás de espesor.
- **Anchura máxima (8):** anchura máxima perpendicular al plano medio sagital, por encima de la línea temporal, que une el extremo posterior de la apófisis cigomática y la línea temporal inferior parietal, y de la parte más posterior e inferior de esta última. Se mide con el compás de espesor.
- **Anchura frontal mínima (9):** distancia entre los frontotemporales. Se mide con el compás de espesor.
- **Anchura frontal máxima (10):** anchura máxima en la sutura coronal, perpendicular al plano medio sagital. Se mide con el compás de espesor.
- **Anchura biastérica (12):** distancia entre un asterio y otro. Se mide con el compás de espesor.
- **Altura basio-bregma (17):** distancia entre bregma y basio. Se mide con el compás de espesor.
- **Altura auricular (20):** altura perpendicular trazada entre bregma y la línea recta que une ambos porios. Se mide con el compás de espesor y se calcula aplicando las siguientes fórmulas:

$$P = \frac{I + D + B}{2} \quad , \quad \text{donde } I = po - b; D = b - po; B = po - po$$

$$J = \sqrt{P \times (P - B) \times (P - I) \times (P - D)}$$

$$\text{Altura auricular} = \frac{J \times 100 \times 2}{B}$$

- ***Circunferencia horizontal (23)***: circunferencia desde la glabella al opistocráneo y de nuevo hasta la glabella. Se mide con la cinta métrica.
- ***Arco transversal (24)***: distancia a lo largo de la superficie externa del cráneo desde el porio hasta el bregma y del bregma hasta el porio. Se mide con el compás de espesor.
- ***Arco sagital total (25)***: distancia sobre la superficie externa del cráneo del nasio al opistio. Se mide con el compás de espesor.
- ***Arco sagital frontal (26)***: distancia sobre la superficie externa del cráneo del nasio al bregma. Se mide con el compás de espesor.
- ***Arco sagital parietal (27)***: distancia sobre la superficie externa del cráneo del bregma al opistio. Se mide con el compás de espesor.
- ***Arco sagital occipital (28)***: distancia sobre la superficie externa del cráneo de lambda al opistio. Se mide con el compás de espesor.

- ***Arco sagital de la escama (28.1)***: distancia sobre la superficie externa del cráneo de lambda al inio. Se mide con el compás de espesor.
- ***Cuerda sagital frontal (29)***: distancia directa desde el nasio hasta el bregma tomada en la superficie externa en el plano medio sagital. Se mide con el calibre digital.
- ***Cuerda sagital parietal (30)***: distancia directa desde el bregma hasta lambda tomada en la superficie externa en el plano sagital. Se mide con el calibre digital.
- ***Cuerda sagital occipital (31)***: distancia directa desde lambda hasta opistio tomada en la superficie externa en el plano sagital. Se mide con el calibre digital.
- ***Cuerda sagital de la escama (31.1)***: distancia en línea recta entre lambda e inio, tomada en la superficie externa en el plano sagital. Se mide con el calibre digital.

### ***ESPLACNOCRÁNEO***

- ***Longitud cara (40)***: máxima distancia obtenida desde el basio hasta el prostio. Se mide con el compás de espesor.
- ***Anchura biorbitaria (44)***: distancia entre un ectoconquio y el otro. Se mide con el calibre digital.
- ***Anchura bicigomática (45)***: anchura máxima entre los arcos cigomáticos, perpendicular al plano medio sagital. Se mide con el compás de espesor.

- ***Altura cara superior (48)***: distancia desde el nasio hasta el prostio. Se mide con el calibre digital.
- ***Anchura interorbitaria (50)***: distancia entre los dos maxilofrontales. Se mide con el calibre digital.
- ***Anchura orbitaria (51)***: distancia entre el maxilofrontal y el ectoconquio, tomada en un eje inclinado que divide a la órbita en dos partes iguales, superior e inferior. Se mide con el calibre digital.
- ***Altura orbitaria (52)***: longitud de una línea teórica trazada entre el borde superior e inferior de la órbita, perpendicular a su anchura a la que bisecciona. Se mide con el calibre digital.
- ***Anchura nasal (54)***: anchura máxima entre los márgenes laterales de las escotaduras nasales de ambos maxilares, perpendicular al plano medio sagital. Se mide con el calibre digital.
- ***Altura nasal (55)***: altura entre el nasio y el nasoespinal. Se mide con el calibre digital.
- ***Longitud maxilo-alveolar (60)***: distancia entre el prostio y el alveolar. Se mide con el compás de espesor.
- ***Anchura maxilo-alveolar (61)***: anchura máxima entre los bordes alveolares externos de los maxilares, perpendicular al plano medio sagital. Se mide con el calibre digital.

#### **10.4.4. Índices**

Son variables relativas que muestran la relación entre dos mediciones antropométricas, con el fin de describir la forma de los huesos. Para ello, se trata de establecer una relación aritmética entre una dimensión y otra que se toma como unidad. Generalmente, se acostumbra a tomar como numerador la dimensión menor y como denominador la mayor, multiplicando el resultado por 100.

Además, los índices sirven para definir y clasificar a los individuos de una población en función de los valores obtenidos. El cálculo de los índices se ha hecho en base a lo definido por Martin y Knusmann (1988) (Tabla 3).

**TABLA 3.** Cálculo de los índices.

---

*Fórmulas de los índices*

---

**Índice cefálico (I1)**

$$(eu \times eu \times 100)/(g - op)$$

**Índice vértico-longitudinal (I2)**

$$(ba - ba \times 100)/(g - op)$$

**Índice vértico-transversal (I3)**

$$(ba - b \times 100)/(eu - eu)$$

**Índice aurículo-longitudinal (I4)**

$$(\text{altura auricular} \times 100)/(g - op)$$

**Índice aurículo-transversal (I5)**

$$(\text{altura auricular} \times 100)/(eu - eu)$$

**Índice transverso-frontal (I12)**

$$(ft - ft \times 100)/(co - co)$$

**Índice transverso-frontoparietal (I13)**

$$(ft - ft \times 100)/(eu - eu)$$

**Índice sagital total**

$$(n - o \times 100)/(\text{arco sagital total})$$

**Índice sagital frontal (I22)**

$$(\text{cuerda sagital frontal} \times 100)/(\text{arco sagital frontal})$$

**Índice sagital parietal (I24)**

$$(\text{cuerda sagital parietal} \times 100)/(\text{arco sagital parietal})$$

**Índice sagital occipital (I25)**

$$(\text{cuerda sagital occipital} \times 100)/(\text{arco sagital occipital})$$

**Índice sagital de la escama (I26)**

$$(\text{cuerda sagital de la escama} \times 100)/(\text{arco sagital de la escama})$$

TABLA 3. (continuación).

## Fórmula de los índices

**Índice facial superior (I39)**

$$(n - pr \times 100)/(zy - zy)$$

**Índice orbitario(I42)**

$$(\text{altura orbitaria} \times 100)/(mf - ek)$$

**Índice interorbitario (I46a)**

$$(mf - mf \times 100)/(ek - ek)$$

**Índice nasal (I48)**

$$(\text{anchura nasal} \times 100)/(n - ns)$$

**Índice maxilo-alveolar (I54)**

$$(\text{anchura maximoalveolar} \times 100)/(\text{longitud maxiloalveolar})$$

**Índice gnático (I60)**

$$(ba - pr \times 100)/(n - ba)$$

**Índice transverso cráneo-facial (I71)**

$$(zy - zy \times 100)/(eu - eu)$$

**Índice fronto-cigomático (I73a)**

$$(ft - ft \times 100)/(zy - zy)$$

En función de los valores de los índices, a los individuos se les puede atribuir unas características generales:

## **ÍNDICES DEL NEUROCRÁNEO**

**Índice cefálico:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Hiperdolicoocráneo (muy largos)</i>	X-69,9
<i>Dolicoocráneo (largos)</i>	70-74,9
<i>Mesocráneo (intermedios)</i>	75-79,9
<i>Braquicráneo (anchos)</i>	80-84,9
<i>Hiperbraquicráneo (muy anchos)</i>	85-X

**Índice vértico longitudinal:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Cameocráneo (cráneo bajo)</i>	X-69,9
<i>Ortocráneo (cráneo mediano)</i>	70-74,9
<i>Hipsicráneo (cráneo alto)</i>	75-X

**Índice aurículo longitudinal:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Cameocráneo</i>	X-57,9
<i>Ortocráneo</i>	58-62,9
<i>Hipsicráneo</i>	63-X

**Índice vértico transversal:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Tapinocráneo (cráneo bajo)</i>	X-91,9
<i>Metriocráneo (cráneo mediano)</i>	92-97,9
<i>Acrocráneo (cráneo alto)</i>	98-X

**Índice aurículo transversal:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Tapinocráneo (cráneo bajo)</i>	X-79,9
<i>Metriocráneo (cráneo mediano)</i>	80-85,9
<i>Acrocráneo (cráneo alto)</i>	86-X

**Índice transverso frontoparietal:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Estenometope (frontal estrecho)</i>	X-65,9
<i>Metriometope (intermedio)</i>	66-68,9
<i>Eurimetope (frontal ancho)</i>	69-X

**Índice sagital frontal:** según Pons (1949)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Ortometope (abombado)</i>	X-89,9
<i>Camemetope (aplanado)</i>	90-X

## ÍNDICES DEL ESPLACNOCRÁNEO

**Índice facial superior:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Hipereureno (muy baja)</i>	X-44,9
<i>Eureno (baja)</i>	45-49,9
<i>Meseno (mediana)</i>	50-54,9
<i>Lepteno (alta)</i>	55-59,9
<i>Hiperlepteno (muy alta)</i>	60-X

**Índice orbitario:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Cameconcos (baja)</i>	X-75,9
<i>Mesoconcos (media)</i>	76-84,9
<i>Hipsiconcos (alta)</i>	85-X

**Índice nasal:** según Martin y Knussmann(1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Leptorrino (estrecha)</i>	X-46,9
<i>Mesorrino (mediana)</i>	47-50,9
<i>Camerrino (ancha)</i>	51-57,9
<i>Hipercamerrino (muy ancha)</i>	58-X

**Índice maxiloalveolar:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Dolicouránico (estrecho)</i>	X-109,9
<i>Mesouránico (mediano)</i>	110-114,9
<i>Braquiuránico (ancho)</i>	115-X

**Índice transverso craneofacial:** según Ferembach (1974)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Criptocigia (cara estrecha)</i>	X-99,9
<i>Fenocigia (cara ancha)</i>	100-X

**Índice gnático:** según Martin y Knussmann (1988)

<b><i>Denominación</i></b>	<b><i>Intervalo</i></b>
<i>Ortognatos (perfil verticalizado)</i>	X-97,9
<i>Mesognatos (intermedio)</i>	98-102,9
<i>Prognatos (saliente)</i>	103-X



# 11

## MÉTODOS

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha empleado el programa informático SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

La muestra se ha dividido en 3 poblaciones: la población 1 procedente de Granada y formada por individuos con edades comprendidas entre 30-93 años; la 2 procedente de Coimbra y formada por individuos con edades entre 30-86 años; y la población 3, también procedente de Coimbra, pero constituida únicamente por individuos de entre 21-29 años.

### 11.1. ANÁLISIS TIPOLÓGICO DE LA POBLACIÓN

Antes de llevar a cabo el análisis estadístico de las muestras, se ha considerado necesario hacer un estudio clásico para caracterizar las dos poblaciones. Para ello, se han calculado diferentes índices que permiten definir y clasificar a los individuos según los valores obtenidos y en función de las clasificaciones establecidas por diversos autores. De esta forma se consigue tener una idea general de la tipología de cada población.

## **11.2. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE**

Con la intención de comprobar si la edad influía o no en las variables de las dos poblaciones de Coimbra se ha realizado un análisis de regresión lineal simple. Este tipo de análisis ayuda a conocer la relación (lineal) que hay entre dos variables y permite estimar los coeficientes de la ecuación lineal, con una o más variables independientes, que mejor prediga el valor de la variable dependiente. Normalmente, es necesario que se trate de variables continuas y, en caso de ser categóricas, deben ser recodificadas como variables binarias. Sin embargo, también puede aplicarse cuando la variable independiente es categórica. Por tanto, los análisis de regresión lineal simple permiten estimar cuánto varía la variable dependiente al variar la independiente, utilizando un modelo lineal que se ajusta a una recta del estilo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Donde  $Y_i$  es la *i-ésima* observación de la variable aleatoria dependiente de  $Y$ ;  $X_i$  es la *i-ésima* observación de la variable fija dependiente de  $X$ ;  $\beta_0$  es una constante;  $\beta_1$  es el coeficiente de la variable independiente;  $\varepsilon_i$  es el error aleatorio.

Para que se pueda llevar a cabo un análisis de regresión lineal es necesario que las variables empleadas sigan una distribución normal; por ello, previamente a la regresión, se ha realizado un test de Kolmogorov-Smirnov, un test de bondad de ajuste que permite comprobar si la distribución de la muestra se ajusta o no a una distribución normal.

### **11.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

Al tratarse de variables continuas, lo primero que se ha hecho, ha sido realizar un análisis descriptivo (número de individuos, media y desviación típica) que permita conocer las características de la muestra con cada una de las poblaciones; después se ha aplicado el test de Kolmogorov-Smirnov, para comprobar que al unir las poblaciones 2 y 3 se continuaba manteniendo la normalidad. Además, se ha estimado la tendencia central (media, mediana y moda) de los distintos parámetros estudiados, así como la dispersión (la desviación estándar, la varianza y los valores máximos y mínimos) de la distribución. Estos datos permiten por un lado, caracterizar a la población estudiada, y por otro, identificar posibles errores cometidos durante la recogida o elaboración de la base de datos.

### **11.4. ANÁLISIS DEL *ERROR INTRA*OBSERVADOR**

Una de las propiedades de toda medición es su repetibilidad (Muñiz, 1992), entendiéndose por ésta, la capacidad de un método de medición para producir el mismo resultado, o uno muy similar cada vez que se aplica en condiciones idénticas. Una manera de conocer si una medición es o no fiable es repitiéndola en varias ocasiones.

Es importante saber diferenciar entre validez y fiabilidad. La validez es cuando una técnica mide lo que se quiere medir; esto es, el grado en que el valor que se obtiene con el proceso de medición se corresponde con el verdadero valor de la variable en un sujeto. Por el contrario, la fiabilidad es la precisión de la medida, es decir, el grado en que pueden reproducirse los resultados obtenidos por un procedimiento

de medición cuando se aplica a la misma persona en más de una ocasión, pero en idénticas condiciones. De esta manera, cuanto menor variabilidad se obtenga al repetir una medición, más fiable será. A nivel antropológico se dice que la validez es el porcentaje de esqueletos cuyo sexo es determinado correctamente mediante el método empleado, mientras que la fiabilidad es la capacidad de un método para ser aplicado en otra población (Bruzek y Murail, 2006).

La fiabilidad puede estar influida por diversos factores (Hulley *et al.*, 2001):

- Divergencias entre los observadores o en el mismo observador, debidas al grado de experiencia, a la variabilidad biológica de los sentidos, a la forma de usar el instrumento, etc.
- Variabilidad inherente al instrumento de medición: debida a una mala calibración del instrumento, a un empleo inadecuado del aparato o a factores ambientales (luz, temperatura, etc).
- Inestabilidad de los sujetos en estudio: debida a la alteración de los objetos de estudio con el paso del tiempo.

Estas fuentes de variación no pueden eliminarse totalmente pero sí minimizarse, mediante una serie de estrategias (Hulley *et al.*; 2001):

- Entrenamiento de los observadores: mejora la coherencia de las técnicas de medición.
- Refinamiento de los instrumentos: siempre que sea posible es aconsejable utilizar instrumentos electrónicos o mecánicos.

- Estandarización de los métodos de medición: definir de forma precisa las variables y establecer un manual que describa cómo se deben efectuar las mediciones.
- Repetición de las mediciones: permite reducir el error aleatorio.

En el presente estudio, se midió cada variable en dos ocasiones diferentes por el mismo investigador, dejando un periodo de tiempo entre ellas de dos semanas. Se determinó este periodo de tiempo porque se consideró que era lo suficientemente corto como para que la probabilidad de que se produjeran cambios reales en el estado del sujeto fuera baja, y suficientemente extenso como para que los resultados obtenidos en la segunda medición no estuvieran significativamente influenciados por el aprendizaje adquirido la primera vez.

El estudio de la fiabilidad de las mediciones, y por tanto del *error intraobservador*, se llevó a cabo de dos formas: por un lado, se elaboró un gráfico de Bland-Altman (Bland y Altman, 1986, 1990, 2007) con cada una de las variables y por otro, se calculó el coeficiente de correlación intraclass (CCI) (En Armitage y Colton, 1998).

#### **11.4.1. Gráficos de Bland-Altman**

Los gráficos de Bland-Altman permiten comprobar, de una forma gráfica y visible, si las distintas mediciones se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95% y por tanto, tener una idea mejor de la repetibilidad de las distintas mediciones. Para la representación de los datos es necesario calcular el valor medio de las dos mediciones (eje x) y la diferencia entre cada una de las dos mediciones repetidas (eje y). Además, hay que representar la diferencia de la media (DM) y la

desviación estándar (DE) de las diferencias. Los límites de confianza se determinan con la desviación estándar de las diferencias ( $DM \pm 1,96 DE$ ) y dan una estimación de la repetibilidad de las mediciones. Si las diferencias entre los pares de observaciones siguen aproximadamente una distribución normal y los valores tienden a ser estables en todo el rango de medición se espera que el 95% de las diferencias entre medidas repetidas caigan dentro de los límites de confianza.

#### **11.4.2. Coeficiente de correlación intraclase**

El coeficiente de correlación intraclase estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles. Para calcularlo se debe hacer un análisis de la varianza (ANOVA) con medidas repetidas. De esta forma, se puede describir la proporción de la varianza total de las mediciones. Esta varianza se puede descomponer en dos componentes: la variabilidad debida a las diferencias entre los distintos sujetos de la muestra y la variabilidad debida a las diferencias entre las medidas para cada sujeto. A su vez, esta última se compone de la variabilidad entre observaciones y de una variabilidad residual o aleatoria asociada al error que conlleva toda medición. Por tanto, el coeficiente de correlación intraclase podría definirse como la proporción de la variabilidad total que se debe a la variabilidad de los sujetos. Los valores del CCI pueden oscilar entre 0 y 1, de modo que la máxima concordancia posible corresponde a un valor de  $CCI = 1$  y significaría que toda la variabilidad observada se debería a las diferencias entre sujetos y no a las diferencias entre las distintas mediciones. Por el contrario, la mínima concordancia corresponde a un valor de  $CCI = 0$  e implicaría que toda la variabilidad observada es debida sólo al error aleatorio asociado a toda medición (Tabla 4). Para

interpretar los valores del CCI debe utilizarse la clasificación establecida por Fleiss (1986):

**TABLA 4.** Clasificación de los valores para CCI (Fleiss, 1986).

<i>Valor del CCI</i>	<i>Grado de repetibilidad</i>
$\geq 0,75$	Buena
$0,4 \leq ICC \leq 0,75$	Aceptable
$< 0,4$	Mala

## 11.5. PRUEBA *t* DE STUDENT

Una vez comprobada la normalidad de la distribución, se han realizado otros análisis para los que es un requisito imprescindible esta propiedad. En este caso, se ha realizado la prueba *t* de Student para muestras independientes, con el objetivo de comprobar si las diferencias que se observan en el dimorfismo sexual son o no significativas. La prueba *t* de Student es un test paramétrico en el que se estima la igualdad de medias. La igualdad de varianzas se contrasta con el test de Levene que indica si el test es más adecuado con varianzas iguales o desiguales.

## 11.6. ANÁLISIS DISCRIMINANTE

Aquellas variables que mostraron diferencias significativas según el sexo se sometieron a un análisis discriminante multivariado mediante el método Paso a Paso, eliminando las variables correspondientes a los índices, que sí que presentaban diferencias significativas. Esta eliminación, se debe a que se ha considerado que la introducción de las mismas podría duplicar el número de variables que se seleccionaran en

el análisis discriminante, ya que los índices se obtienen relacionando distintas variables. El análisis discriminante, se basa en dos principios básicos: analizar y clasificar individuos (DiBennardo y Taylor, 1982). Tiene como objetivo analizar la relación entre una variable categórica y un conjunto de variables cuantitativas, a partir de una serie de funciones discriminantes, que son combinaciones lineales de las variables cuantitativas que mejor discriminan o separan grupos.

La capacidad predictiva de las funciones discriminantes se evalúa mediante los valores obtenidos en los puntos de corte, los cuales permiten asignar los casos a cada uno de los grupos definidos por la variable categórica. Se ha empleado el método lambda de Wilks en el análisis discriminante porque permite estudiar la separación entre los dos grupos. Este método, escoge las variables para su introducción en la ecuación basándose en cuánto contribuyen a disminuir el valor de lambda de Wilks e incorpora en cada paso la variable que minimiza la lambda de Wilks global.

Para estimar el error que puede cometer un investigador al aplicarlo en otros casos, o lo que es lo mismo, para determinar la probabilidad con la que se puede clasificar a un individuo correctamente utilizando las funciones discriminantes obtenidas, se ha llevado a cabo un análisis de validación cruzada. Éste consiste en separar los datos de forma que para cada iteración solo se tenga una muestra para los datos de prueba y el resto de la muestra conforme los datos de entrenamiento (Refaeilzadeh *et al.*, 2009). Así, la evaluación se basa en repetir y calcular la media aritmética obtenida de las medidas de evaluación sobre las diferentes particiones.

Posteriormente, se ha llevado a cabo un nuevo análisis discriminante separando las variables en dos grupos: uno formado por

aquellas que se corresponden con medidas del neurocráneo y otro por las formadas con medidas del esplanocráneo. Esta separación se ha hecho para comprobar qué variables eran las más discriminativas y por tanto cuáles se podrían usar en caso de que los cráneos estuvieran incompletos o fragmentados. Además, para comprobar el poder discriminante de cada una de las variables de cada población, se ha realizado un análisis discriminante univariado, esto es, un análisis discriminante independiente con cada una de ellas. En ambos casos se ha utilizado el método lambda de Wilks y de validación cruzada.

## 11.7. GRADO DE DIMORFISMO SEXUAL

Conocer el grado de dimorfismo de las muestras estudiadas es uno de los principales objetivos de esta investigación. Por ello, se ha calculado el grado de dimorfismo de cada variable, en cada una de las poblaciones, mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Media Hombres} - \text{Media Mujeres}}{\text{Media Mujeres}} \times 100$$

Dicha fórmula permite obtener unos valores positivos o negativos cuyo signo indica el tanto por ciento que es mayor una determinada variable en un sexo u otro.

## 11.8. REGRESIÓN LOGÍSTICA

Con el objetivo de comprobar si el análisis discriminante es el mejor método para determinar qué variables son las más útiles para la determinación del sexo, así como si los porcentajes obtenidos por el

mismo, son mayores, se llevó a cabo un modelo de regresión logística. De esta forma se pueden comparar los resultados de los dos métodos y determinar cuál de ellos es el mejor. La regresión logística es un método estadístico que permite establecer una relación matemática entre un conjunto de variables  $X_1, X_2... X_k$  (covariantes o factores) y una variable dependiente  $Y$ . Se utiliza fundamentalmente en estudios en los que no se puede controlar por diseño los valores de las variables independientes con el fin de predecir su valor o bien, explicarlo y está indicado para aquellos casos en los que la variable dependiente es dicotómica. En estudios de dimorfismo sexual, este método es bastante inusual, sin embargo constituye una buena alternativa cuando las variables independientes tienen matrices de varianza y covarianza diferentes. Además, tiene la ventaja de que es poco sensible a las elevadas correlaciones entre las variables independientes (Press y Wilson, 1978; Pohar *et al.*, 2004). Al aplicar un modelo de regresión logística, en lugar de construir un modelo de regresión para estimar los valores reales de la variable de interés, se construye una función basada en el cálculo de la probabilidad de que la variable de interés adopte el valor del evento previamente definido. De este modo, la nueva variable dependiente construida que vamos a estimar no va a estar restringida a un rango de valores, sino que puede tomar cualquier valor. Por tanto, en el modelo de regresión logística se estima un modelo de regresión que, en lugar de realizar estimaciones para la variable dependiente real, las realizará sobre la función de probabilidad asociada a ella, pudiéndose entonces aplicar los métodos de estimación aplicables al modelo de regresión lineal. Así pues, la única diferencia entre ambos modelos es la interpretación de los resultados.

La capacidad predictiva de la regresión logística se valora mediante la comparación entre el grupo de pertenencia observado y el

pronosticado por el método, que clasifica a los individuos en cada grupo definido por la variable independiente, en función de un punto de corte establecido para las probabilidades predichas.



# 12

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 12.1. DIAGNÓSTICO TIPOLÓGICO

A partir de las características métricas de los cráneos, se ha realizado un diagnóstico tipológico de cada una de las poblaciones en función del sexo. De esta forma, se puede obtener una idea general de las características morfológicas de ambas poblaciones. La tipología de los cráneos se ha descrito siguiendo las clasificaciones propuestas por Martin y Knussmann (1988) excepto en algunos casos en los que se indica el método seguido.

- **Índice cefálico:** el promedio tanto de los hombres como de las mujeres de la población de Granada se engloba en la categoría de doliocráneo, esto es, de cráneos alargados. Si se compara con el promedio de los hombres y mujeres de la población de Coimbra se puede ver que éste también se encuadrada en dicha categoría (Tabla 5).
- **Índice vértico longitudinal:** en la población de Granada, el promedio tanto de los hombres como de las mujeres entra en la categoría de ortocráneo; es decir, de tamaño medio. En la población de Coimbra los resultados son coincidentes (Tabla 5).

- ***Índice aurículo longitudinal:*** el promedio tanto de los hombres como de las mujeres de ambas poblaciones, se encuadra dentro de la categoría de ortocráneo (Tabla 5).
- ***Índice vértico transversal:*** en la población de Granada el promedio de los hombres entra en la categoría de acrocráneo, es decir, de cráneos altos mientras que las mujeres se encuentran en la categoría de metriocráneo, esto es, de cráneos medianos. Por el contrario, en la población de Coimbra tanto el promedio de los hombres como de las mujeres se engloba en la categoría de acrocráneo (Tabla 5).
- ***Índice aurículo transversal:*** el promedio de los hombres y mujeres tanto de la población de Granada como de Coimbra es encuadrado en la categoría de metriocráneo, es decir, de cráneos medianos (Tabla 5).
- ***Índice transverso frontoparietal:*** el promedio de hombres y mujeres de ambas poblaciones se incluye en la categoría de eurimetope, es decir, de frontal ancho (Tabla 5).
- ***Índice sagital frontal:*** el promedio de hombres y mujeres de la población de Granada y de Coimbra entra en la categoría de ortometope, esto es, abombado según Pons (1949) (Tabla 5).
- ***Índice facial superior:*** en la población de Granada el promedio de los hombres se encuadra en la categoría de meseno, es decir, mediano mientras que en las mujeres se engloba en la categoría de lepteno, esto es, alto. En la población de Coimbra, tanto el promedio de los hombres como de las mujeres entra en la categoría de meseno (Tabla 5).

- **Índice orbitario:** en sendas poblaciones el promedio de los hombres y de las mujeres se corresponde con la categoría de hipsiconcos, o sea, alto (Tabla 5).
- **Índice nasal:** el promedio de los hombres y de las mujeres de la población de Granada y de Coimbra se incluye en la categoría de leptorrino, es decir, estrecho (Tabla 5).
- **Índice maxilo alveolar:** para la población de Granada y de Coimbra el promedio de los hombres y mujeres entra en la categoría de braquiúrico, esto es, ancho (Tabla 5).
- **Índice transverso craneofacial:** el promedio de los hombres y las mujeres en ambas poblaciones se encuadra en la categoría de criptocigia, es decir, de cara estrecha según Ferembach (1974) (Tabla 5).
- **Índice gnático:** en las dos poblaciones el promedio de los hombres y de las mujeres se engloba en la categoría de ortognatos (Tabla 5).

**TABLA 5.** Resultados de los diferentes índices según el sexo en la población de Granada y de Coimbra.

<i>Variable</i>	<i>Población de Granada</i>		<i>Población de Coimbra</i>	
	<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<i>IC</i>	73,40	74,40	71,88	72,22
<i>IVL</i>	73,06	72,01	73,31	72,26
<i>IAL</i>	61,66	61,54	60,83	60,01
<i>IVT</i>	99,99	97,01	102	100,15
<i>IAT</i>	84,31	82,57	84,63	83,13
<i>ITFP</i>	69,62	70,69	72,79	72,82
<i>ISF</i>	86,46	86,43	85,96	85,87
<i>IFS</i>	54,86	55,56	52,97	54,10
<i>IO</i>	95,63	96,34	98,79	103,64
<i>IN</i>	42,61	44,65	42,78	44,35
<i>IMA</i>	122,29	115,03	120,36	121,10
<i>ITC</i>	94,77	91,34	97,20	94,98
<i>IG</i>	93,74	93,50	94,31	96,26

Como se puede observar, la tipología de las dos poblaciones es muy parecida. Los dos sexos coinciden en la mayor parte de las categorías, excepto en 2 casos: el índice vértico transversal y el índice facial superior. Sin embargo, cuando se comparan los promedios de estos 2 índices se puede ver que en todos los casos, los valores están próximos al límite del rango para ser englobados en la misma categoría que el resto de los individuos del otro sexo y de la otra población, es decir, para ser encuadrados como meseno (I. vértico transversal) y acrocráneo (I. facial superior). Estas diferencias se pueden considerar producto de la variabilidad intragrupal existente, ya que el resto de las medidas se mantienen constantes en las dos poblaciones y en los dos sexos.

Así pues, se puede decir, que pese a las diferencias existentes en algunos parámetros, ambas poblaciones siguen la misma tipología; es

decir, se trata de individuos con cráneos largos, medianos, con crestas divergentes, abombados, de frontal ancho, de cara mediana y estrecha, órbitas altas, nariz estrecha, región maxiloalveolar ancha y de perfil verticalizado. Es por tanto, que ambas poblaciones se pueden considerar similares. Muchos de estos parámetros coinciden con la tipología mediterránea encontrada por du Souich y Botella (2000) y du Souich *et al.*, (2003). Ellos encuadran a los cráneos con características de tipo ortocráneo, metriocráneo, lepteno, leptorrino, criptocigio y ortognato como mediterráneos.

## 12.2. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

En primer lugar, se ha realizado un análisis de regresión lineal simple para comprobar si la edad influye o no en las variables de las dos poblaciones de Coimbra. Los resultados muestran que la altura de la cara superior y la anchura nasal son las variables que más influenciadas están por la edad ya que son las que tienen un mayor coeficiente de la  $R^2$  y las que presentan diferencias significativas (Tabla 6). Como se puede comprobar, las dos variables que mejor se relacionan con la edad forman parte de la cara. Esto puede ser debido a que a partir de los 20 años los huesos de la cara y del cráneo están sometidos a una remodelación ósea continua (Israel, 1973; Macho, 1986). Estos datos parecen concordar con los obtenidos por otros autores, que también coinciden en que los cambios que experimenta la altura de la cara superior tienden a ser más significativos conforme aumenta la edad (Israel, 1973; Macho, 1986; Forsberg *et al.*, 1991; Bondevik, 1995; Akgül y Toygar, 2002).

**TABLA 6.** Análisis de regresión lineal para las dos poblaciones de Coimbra según la edad.

<i>Variable</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> corregida</i>	<i>F</i>	<i>Coef. B</i>	
<i>LMax</i>	0,01	0,01	1,65	0,25	
<i>LB</i>	0,01	-0,00	0,14	0,11	
<i>AnMax</i>	0,01	0,00	1,45	-0,29	
<i>AnFMin</i>	0,00	0,00	0,15	0,11	
<i>AnFMax</i>	0,00	0,00	0,51	0,18	
<i>AnB</i>	0,00	-0,01	0,09	0,07	
<i>AlBB</i>	0,00	-0,01	0,05	-0,05	
<i>AlA</i>	0,00	-0,00	0,46	0,159	
<i>CH</i>	0,00	-0,00	0,86	0,076	
<i>ArT</i>	0,01	0,00	1,59	0,120	
<i>ArST</i>	0,01	0,00	1,28	0,103	
<i>ArSF</i>	0,00	0,00	0,43	0,13	
<i>ArSP</i>	0,00	0,00	0,75	0,15	
<i>ArSO</i>	0,01	0,00	1,30	0,19	
<i>ArSE</i>	0,00	-0,01	0,01	-0,01	
<i>CSF</i>	0,00	-0,01	0,06	0,06	
<i>CSP</i>	0,01	0,01	2,62	0,33	
<i>CSO</i>	0,00	0,00	0,66	0,20	
<i>CSE</i>	0,00	0,00	0,80	-0,18	
<i>LC</i>	0,01	0,00	1,76	0,35	
<i>AnBic</i>	0,00	-0,01	1,76	0,05	
<i>AlCS</i>	0,03	0,02	4,30	*	0,59
<i>AnO</i>	0,02	0,01	3,18		1,19
<i>AlO</i>	0,00	0,00	0,29		-0,42
<i>AnIO</i>	0,00	0,00	0,41		0,40
<i>AnBio</i>	0,02	0,01	3,44		0,63
<i>AnN</i>	0,11	0,11	25,22	***	3,52
<i>AlN</i>	0,00	-0,01	0,00		-0,03
<i>LMA</i>	0,00	0,01	2,07		0,62
<i>AnMA</i>	0,00	0,00	0,44		-0,23

*F* significativos a nivel de \* $P \leq 0,05$ ; \*\* $P \leq 0,01$ ; \*\*\* $P \leq 0,001$

A continuación, estas dos variables se sometieron a una prueba *t* de Student para muestras independientes, para comprobar si además presentaban diferencias significativas entre sexos. Esta prueba muestra que solamente la altura de la cara superior muestra diferencias significativas entre sexos (*p*-valor < 0,05) (Tabla 7). Esto puede explicarse porque las mujeres suelen presentar principalmente cambios más significativos, en aquellas dimensiones verticales. Así, parece lógico que al tratarse de una muestra formada mayoritariamente por individuos adultos de avanzada edad, sea la variable correspondiente a una dimensión vertical (longitud de la cara) la que únicamente presente un dimorfismo sexual significativo. Autores como Akgül y Toygar (2002) demuestran que las mujeres presentan cambios más significativos en la longitud de la cara conforme avanza la edad.

Tras comprobar que la edad no influía en las distintas variables y que sólo una variable presentaba diferencias significativas según el sexo se procedió a unir las dos poblaciones de Coimbra en una sola. De este modo, se amplió el tamaño muestral de la población de Coimbra.

**TABLA 7.** Estadísticos descriptivos para las dos variables de la población de Coimbra que mostraron diferencias según la edad y resultados de la prueba *t* de Student según el sexo.

<i>Medidas</i>	<i>Hombre</i>			<i>Mujer</i>			<i>t</i>
	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	
<i>AlCS</i>	82	67,85	4,11	70	65,98	4,48	2,69 *
<i>AnN</i>	100	22,09	1,65	98	22,09	1,74	-0,007

*N*, número de mediciones; *Media*, promedio de las mediciones; *DE*, desviación estándar; *t* de Student significativos a nivel de \**P* ≤ 0,05

### **12.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

Estudiados los parámetros anteriores, se ha realizado un análisis descriptivo en cada una de las poblaciones (Granada y Coimbra) y con cada una de las distintas variables individualmente (Tabla 8 y 9 respectivamente) así como en función del sexo para tener una visión general de las características de la muestra. En este último caso, se puede apreciar que los valores medios masculinos de la población de Granada son mayores que los femeninos en todas las variables analizadas, excepto en el arco y la cuerda sagital de la escama, en la altura orbitaria y en los índices cefálico, transverso-frontal, transverso-fronto-parietal, sagital-parietal, facial superior, orbitario, nasal y frontocigomático (Tabla 11).

En el caso de la población de Coimbra, los valores medios de los hombres también son mayores en la mayoría de los casos excepto en los índices cefálico, transverso-frontal, transverso-fronto-parietal, sagital-parietal, sagital de la escama, facial superior, orbitario, nasal, maxiloalveolar, gnático y frontocigomático (Tabla 12). Como se puede observar, muchas de las medidas e índices que tienen valores mayores en los hombres que en las mujeres son coincidentes en sendas poblaciones, lo que indicaría que se trata de poblaciones con características muy similares.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Turner (1903) quienes observaron que la longitud y anchura máxima, la circunferencia horizontal y los índices gnático, orbitario y nasal son mayores en los hombres que en las mujeres. Paiva y Segre (2003) y Kemkes y Göbel (2006) también coinciden en que la mayor parte de las dimensiones craneales son mayores en los hombres que en las mujeres.

**TABLA 8.** Estadísticos descriptivos de las distintas variables medidas en la población de Granada.

<i>Variables</i>	<i>N</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>
<i>LMax</i>	127	164	199	179,11	7,16
<i>LB</i>	118	86	109	97,74	4,69
<i>AnMax</i>	123	115	144	132,02	5,33
<i>AnFMin</i>	127	84	103	92,42	4,35
<i>AnFMax</i>	124	102	131	115,84	5,61
<i>AnB</i>	123	94	122	106,38	5,81
<i>AlBB</i>	118	117	143	129,90	6,36
<i>AlA</i>	120	97,83	125,28	110,23	5,25
<i>CH</i>	127	470	545	505,93	16,47
<i>ArT</i>	120	275	346	305,89	13,25
<i>Ar.ST</i>	122	331	417	367,34	16,12
<i>ArSF</i>	122	111	144	126,95	7,05
<i>ArSP</i>	122	106	146	125,07	9,53
<i>ArSO</i>	120	100	135	115,49	7,25
<i>ArSE</i>	124	45	80	60,10	7,46
<i>CSF</i>	119	98,52	125,53	110,08	5,25
<i>CSP</i>	123	97,8	129,82	111,73	7,25
<i>CSO</i>	121	83,07	109,22	95,21	5,13
<i>CSE</i>	121	44,34	72,42	58,58	5,88
<i>IC</i>	121	67,36	82,46	73,88	3,31
<i>IVL</i>	118	64,67	81,03	72,58	3,17
<i>IAL</i>	120	55,08	67,91	61,61	2,46
<i>IVT</i>	114	88,24	112,10	98,60	4,93
<i>IAT</i>	117	73,39	93,91	83,49	3,58
<i>ITF</i>	123	68	88,79	79,81	3,73
<i>ITFP</i>	122	60,87	82,26	70,13	3,78
<i>IST</i>	115	331,68	423,08	376,49	20,01
<i>ISF</i>	117	80,47	91,38	86,45	2,00
<i>ISP</i>	122	77,68	107,29	89,56	3,18
<i>ISO</i>	119	70,28	94,14	82,42	3,21

*N*, número de mediciones; *DE*, desviación estándar

**TABLA 8.** (continuación).

<i>Variables</i>	<i>N</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>
<i>ISE</i>	121	80,02	129,02	97,97	8,11
<i>LC</i>	56	80	102	91,36	5,07
<i>AnBic</i>	118	110	138	122,88	5,69
<i>AlCS</i>	57	58,8	78,71	67,51	4,56
<i>AnO</i>	122	31,82	40,92	36,08	1,93
<i>AlO</i>	122	27,93	40,60	34,57	1,98
<i>AnIO</i>	121	17,35	30,03	23,45	2,53
<i>AnBio</i>	120	85,10	100,22	92,81	3,65
<i>AnN</i>	122	17,35	25,83	21,82	1,82
<i>AlN</i>	121	42,56	59,42	50,42	3,30
<i>LMA</i>	53	41,76	56,20	48,88	3,16
<i>AnMA</i>	17	52,09	64,67	58,55	4,01
<i>IFS</i>	55	47,81	64,52	55,18	3,61
<i>IO</i>	122	79,92	113,16	95,96	5,38
<i>IN</i>	121	32,74	58,08	43,55	5,00
<i>II</i>	119	19,59	30,17	25,28	2,23
<i>IMA</i>	17	99,55	144,8	120,15	11,74
<i>ITCF</i>	113	83,33	108,06	93,16	4,62
<i>IG</i>	55	84,62	101,03	93,62	4,03
<i>IFC</i>	116	66,67	85,59	75,13	3,64

*N*, número de mediciones; *DE*, desviación estándar

**TABLA 9.** Estadísticos descriptivos de las distintas variables medidas en la población de Coimbra.

<i>Variables</i>	<i>N</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>
<i>LMax</i>	197	164	197	180,70	6,36
<i>LB</i>	198	91	110	99,72	4,14
<i>AnMax</i>	198	115	146	130,28	5,29
<i>AnFMin</i>	199	85	105	94,70	4,22
<i>AnFMax</i>	198	104	130	117,31	5,06
<i>AnB</i>	197	94	124	107,96	5,47
<i>AIBB</i>	200	118	148	131,60	5,93
<i>AlA</i>	201	95,44	121,58	109,30	5,30
<i>CH</i>	198	466	550	509,90	15,37
<i>ArT</i>	199	272	340	301,14	12,98
<i>Ar.ST</i>	196	337	408	371,54	13,83
<i>ArSF</i>	201	111	146	127,14	6,45
<i>ArSP</i>	192	111	148	128,77	7,38
<i>ArSO</i>	198	100	138	117,60	7,38
<i>ArSE</i>	199	35	89	63,97	8,13
<i>CSF</i>	198	97,82	122,65	109,18	4,92
<i>CSP</i>	195	96,48	129,33	113,88	6,24
<i>CSO</i>	196	82,28	107,97	96,51	4,98
<i>CSE</i>	196	41,53	74,57	58,81	6,39
<i>IC</i>	194	64,71	79,27	72,06	3,04
<i>IVL</i>	196	67,02	84,12	72,78	2,90
<i>IAL</i>	197	52,48	68,62	60,42	2,70
<i>IVT</i>	197	91,10	110,43	101,07	4,25
<i>IAT</i>	198	72,78	93,66	83,88	3,42
<i>ITF</i>	197	72,95	87,96	80,72	2,87
<i>ITFP</i>	196	64,89	86,09	72,81	3,38
<i>IST</i>	194	324,76	409,78	373,11	16,58
<i>ISF</i>	198	79,05	95,08	85,91	2,14
<i>ISP</i>	188	83,84	104,33	88,63	2,04
<i>ISO</i>	194	72,12	89,09	82,07	2,82

*N*, número de mediciones; *DE*, desviación estándar

**TABLA 9.** (continuación).

<i>Variables</i>	<i>N</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>
<i>ISE</i>	194	76,87	104,23	92,23	3,88
<i>LC</i>	158	82	105	95,05	4,83
<i>AnBic</i>	197	112	140	125,14	5,82
<i>AlCS</i>	152	55,27	77,58	66,99	4,37
<i>AnO</i>	199	26,20	36,07	31,25	1,87
<i>AlO</i>	200	27,51	34,99	31,56	1,61
<i>AnIO</i>	199	20,38	31,56	25,36	1,99
<i>AnBio</i>	201	27,71	105,56	94,33	5,96
<i>AnN</i>	198	18,51	26,38	22,08	1,69
<i>AlN</i>	200	43,40	59,94	50,89	3,26
<i>LMA</i>	158	41,74	56,66	48,95	2,93
<i>AnMA</i>	136	51,02	70,04	58,94	3,68
<i>IFS</i>	148	43,46	63,36	53,49	3,45
<i>IO</i>	198	81,06	122,52	101,24	6,79
<i>IN</i>	197	32,93	54,88	43,55	4,13
<i>II</i>	199	21,88	32,46	26,81	1,87
<i>IMA</i>	134	97,74	146,40	120,69	8,78
<i>ITCF</i>	194	85,71	108,73	96,10	4,66
<i>IG</i>	157	85,42	104,35	95,21	3,91
<i>IFC</i>	195	65,65	85,83	75,82	3,27

*N*, número de mediciones; *DE*, desviación estándar

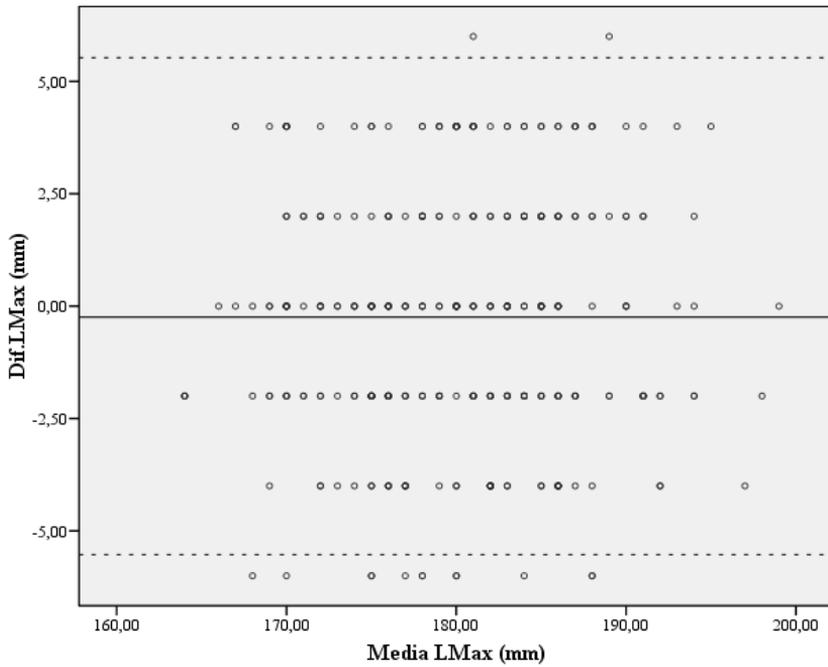
## **12.4. ANÁLISIS DEL ERROR INTRA OBSERVADOR**

Antes de realizar cualquier otro estudio se ha llevado a cabo un análisis del *error intraobservador*, para evaluar el grado de fiabilidad de las distintas mediciones realizadas en cada una de las variables de las dos poblaciones. Para ello, se ha realizado previamente un análisis gráfico de

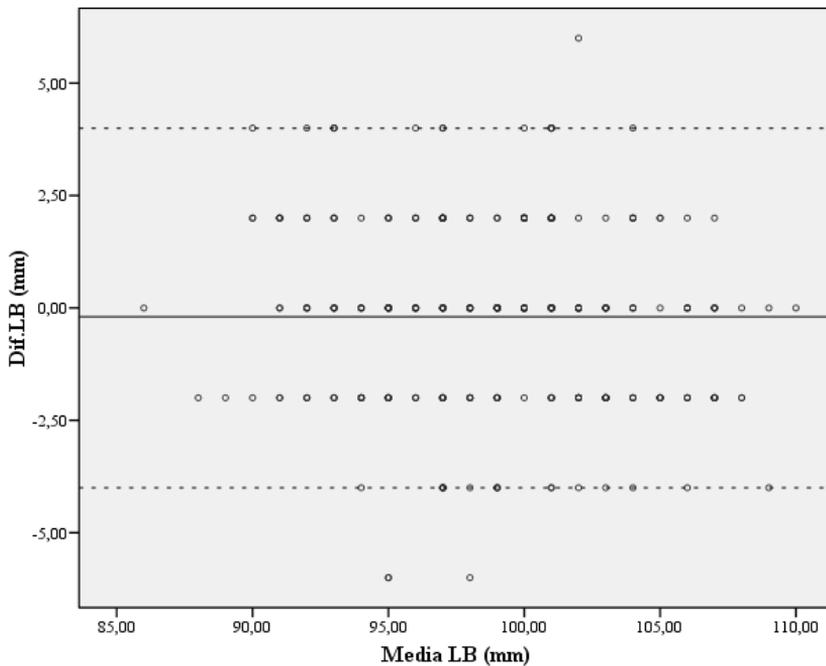
Bland-Altman y posteriormente se han calculado los coeficientes de correlación intraclase (CCI).

Las Figuras 10–39 muestran los gráficos de Bland-Altman correspondientes a la reproducibilidad de las diversas medidas tomadas por un mismo observador, en dos periodos de tiempo diferentes. El eje  $x$  representa el promedio de las dos mediciones y el eje  $y$ , la diferencia entre las dos medidas (ambas tomadas en milímetros). La línea continua corresponde al valor promedio de las diferencias entre las medidas y las discontinuas a los límites de acuerdo superior e inferior.

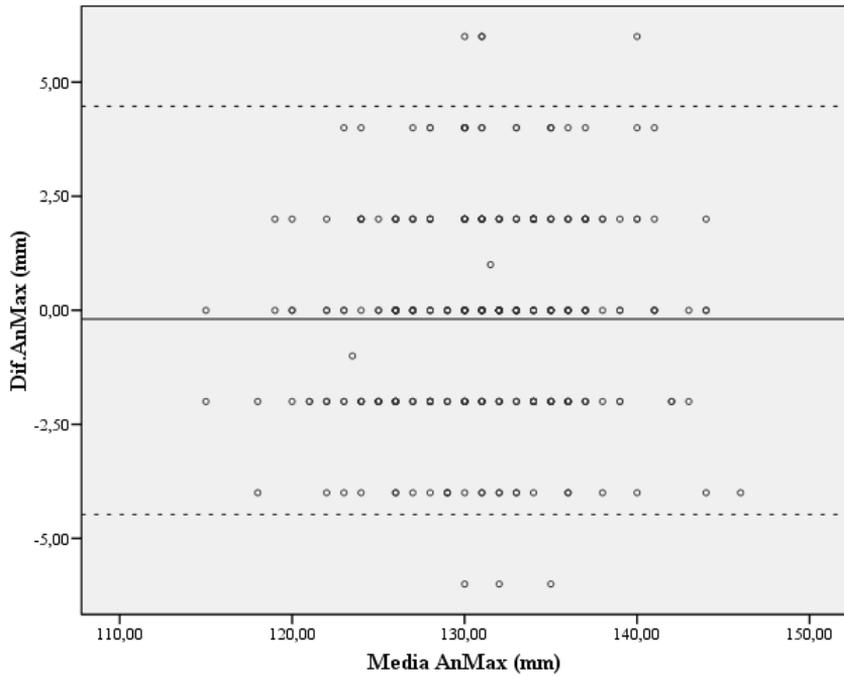
Las gráficas muestran que las medidas de las variables altura auricular, circunferencia horizontal, arco transversal, cuerdas frontal, sagital parietal, sagital occipital y sagital de la escama; anchuras orbitaria, interorbitaria y biorbitaria; anchura y altura nasal y anchura maxiloalveolar son las que tienen los datos menos dispersos, ya que todos ellos se encuentran muy próximos a la línea continua. El resto de las variables presentan los datos más dispersos; sin embargo, en todos los casos los datos aparecen dentro del intervalo de confianza del 95%, lo que indica que dichas mediciones son representativas de la población. Del mismo modo, los valores de cada uno de los coeficientes (Tabla 10) demuestran que la repetibilidad de cada una de las medidas es buena ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) (Fleiss, 1986).



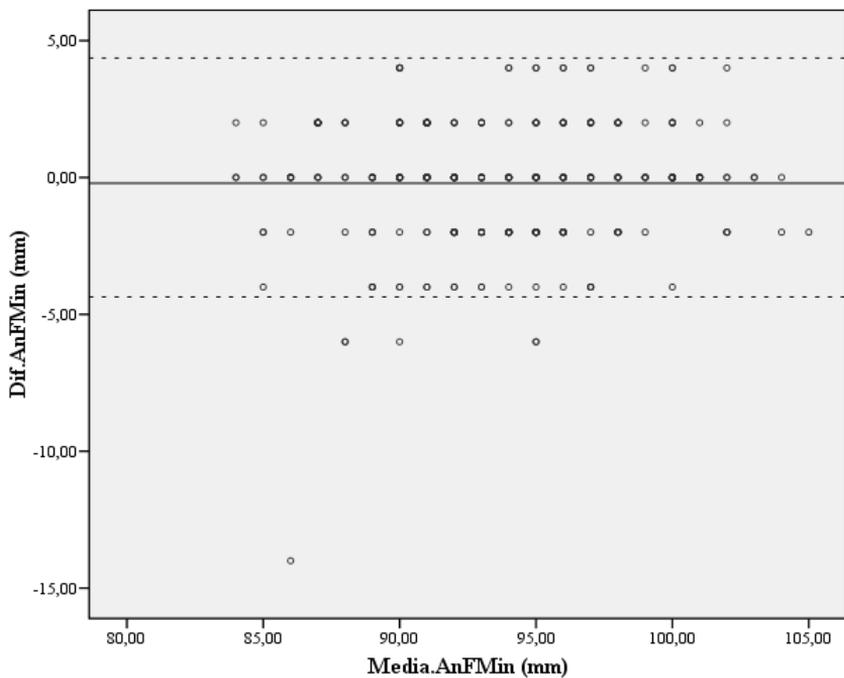
**Fig. 10.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones longitud máxima del cráneo, tomadas por el mismo observador



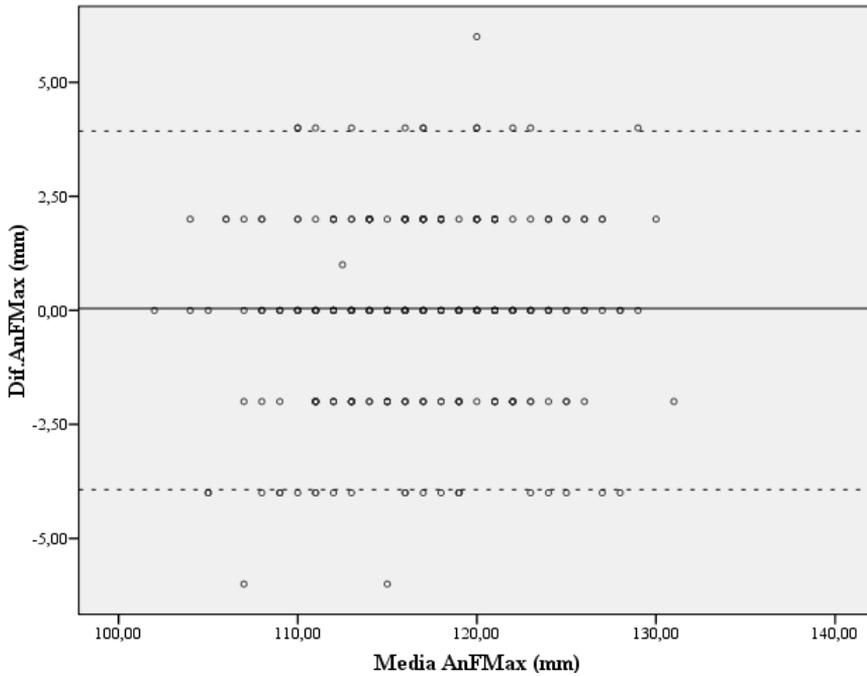
**Fig. 11.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones longitud base del cráneo, tomadas por el mismo observador.



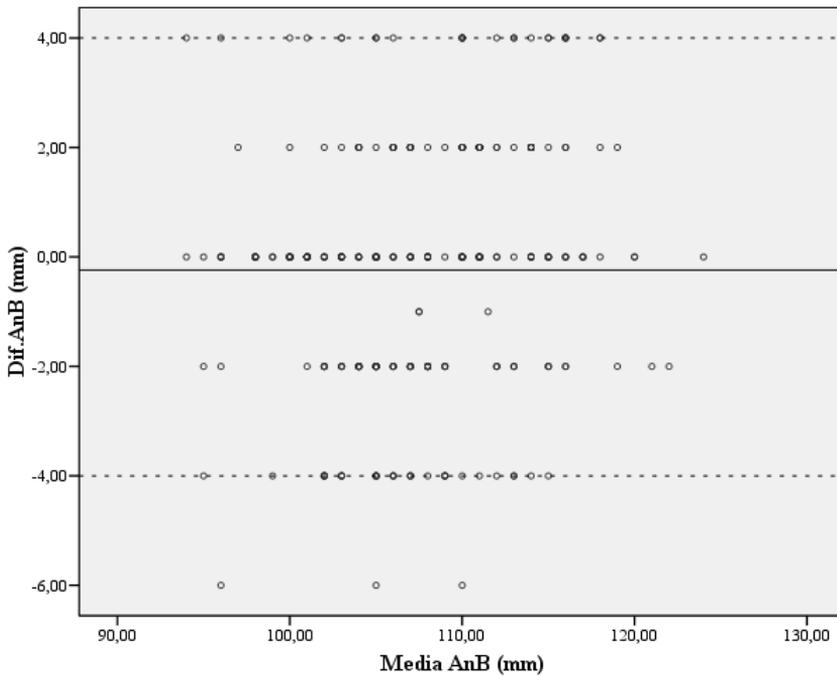
**Fig. 12.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura máxima* del cráneo, tomadas por el mismo observador



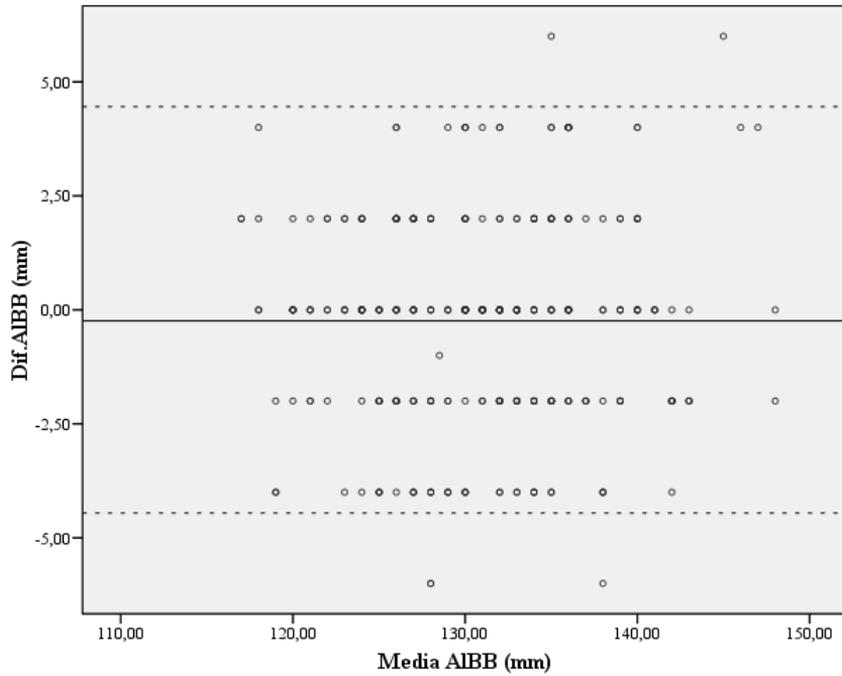
**Fig. 13.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura frontal mínima* del cráneo, tomadas por el mismo observador



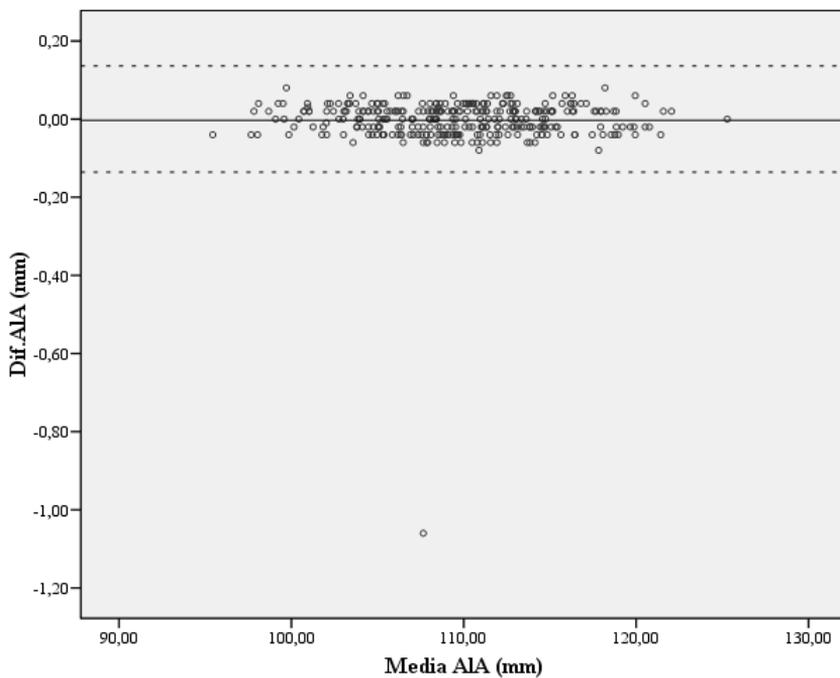
**Fig. 14.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones anchura frontal máxima del cráneo, tomadas por el mismo observador



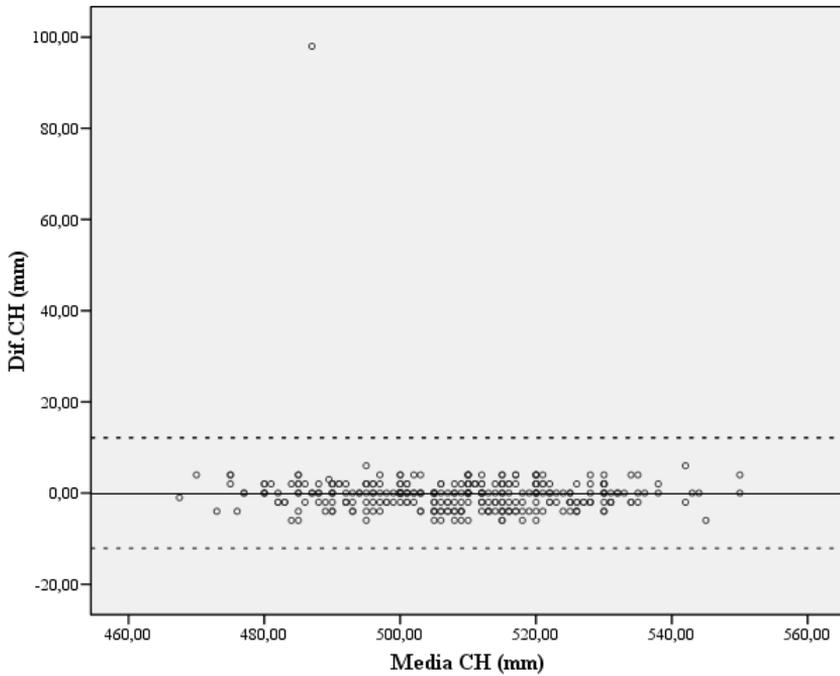
**Fig. 15.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones anchura biastérica del cráneo, tomadas por el mismo observador



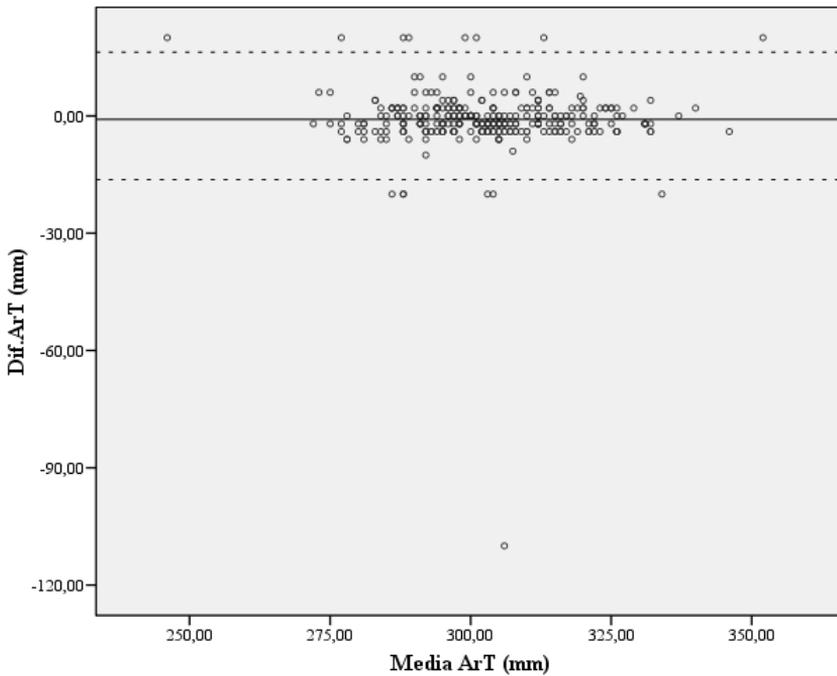
**Fig. 16.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *altura basio-bregma* del cráneo, tomadas por el mismo observador



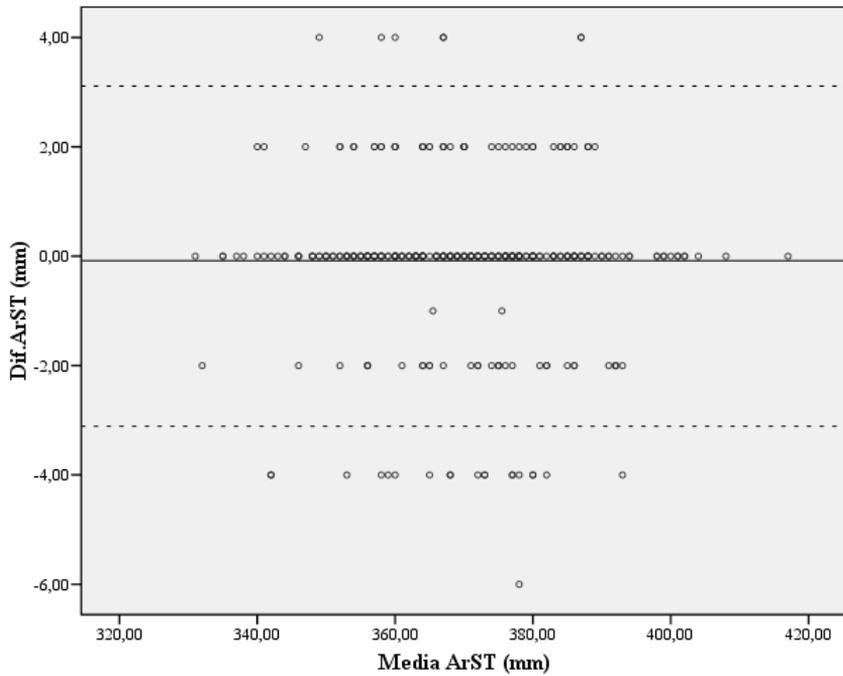
**Fig. 17.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *altura auricular* del cráneo, tomadas por el mismo observador



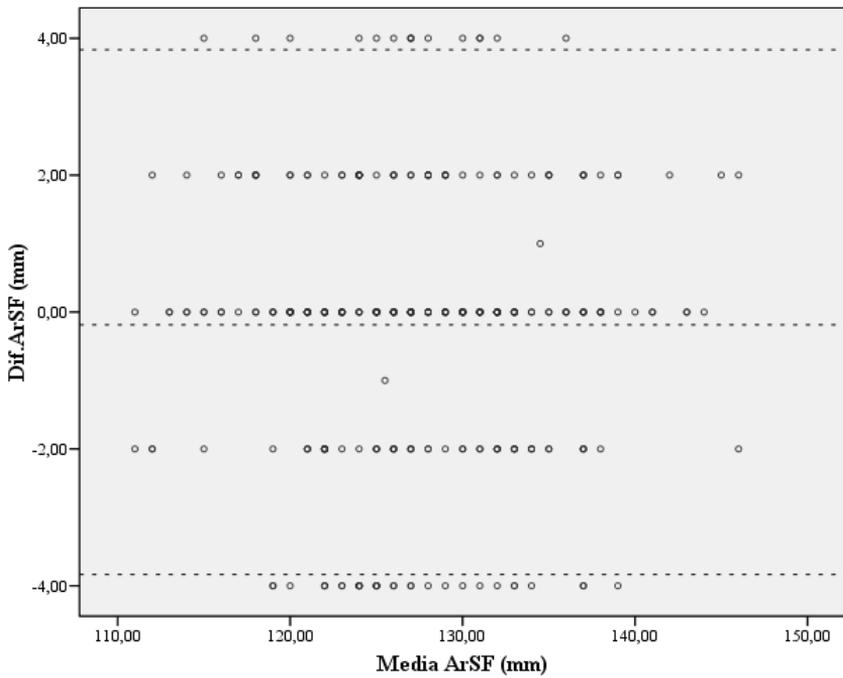
**Fig. 18.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *circunferencia horizontal* del cráneo, tomadas por el mismo observador



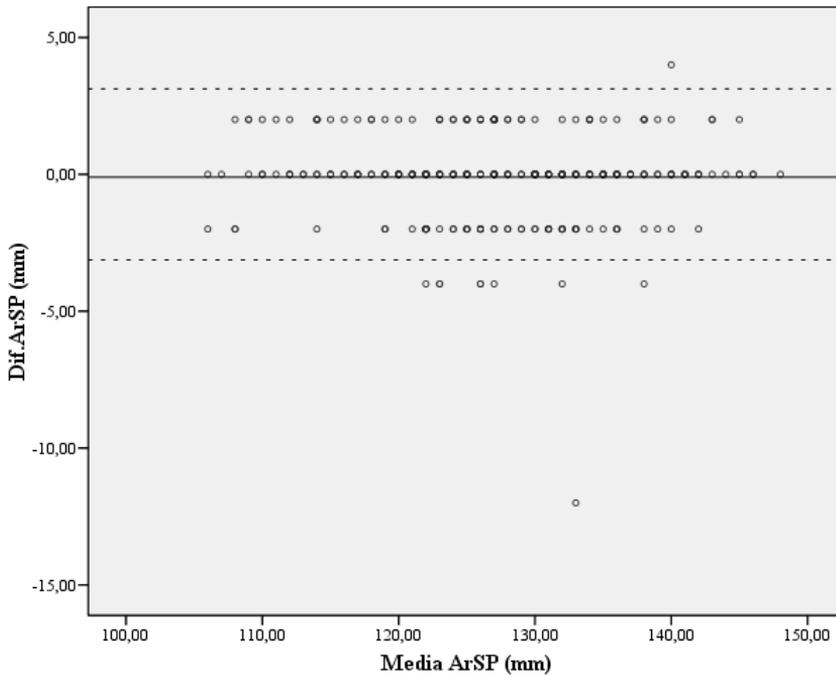
**Fig. 19.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *arco transversal* del cráneo, tomadas por el mismo observador



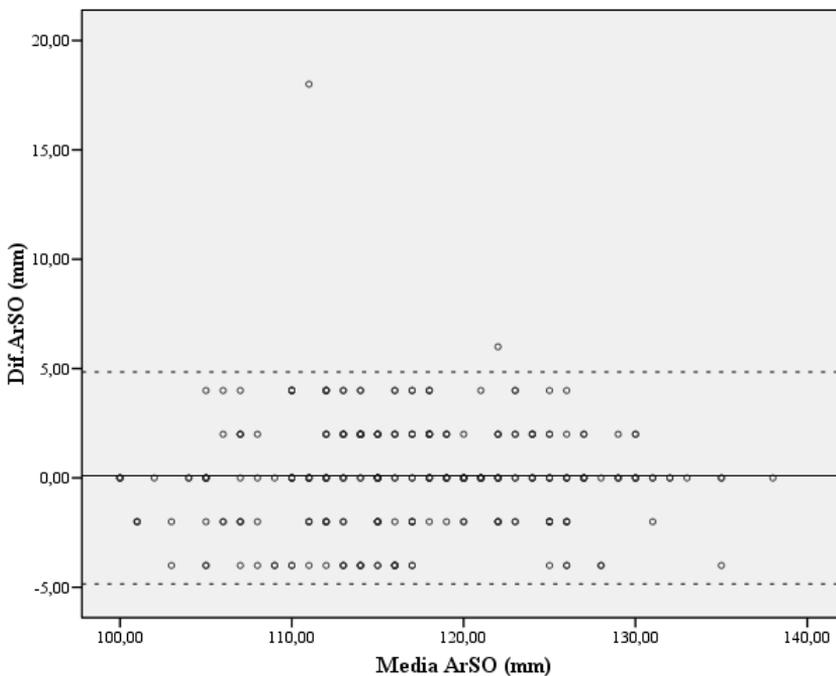
**Fig. 20.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *arco sagital total* del cráneo, tomadas por el mismo observador



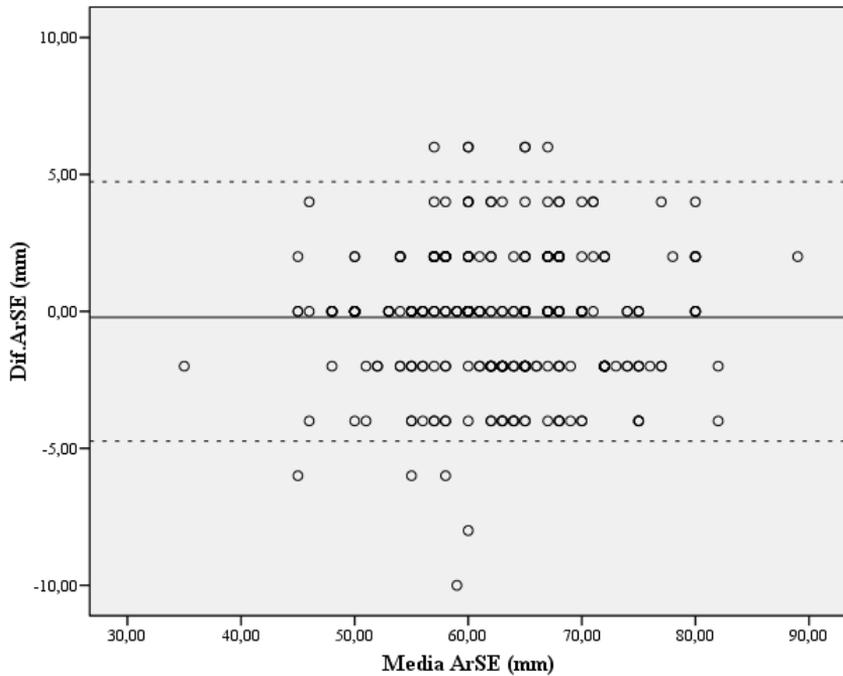
**Fig. 21.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *arco sagital frontal* del cráneo, tomadas por el mismo observador



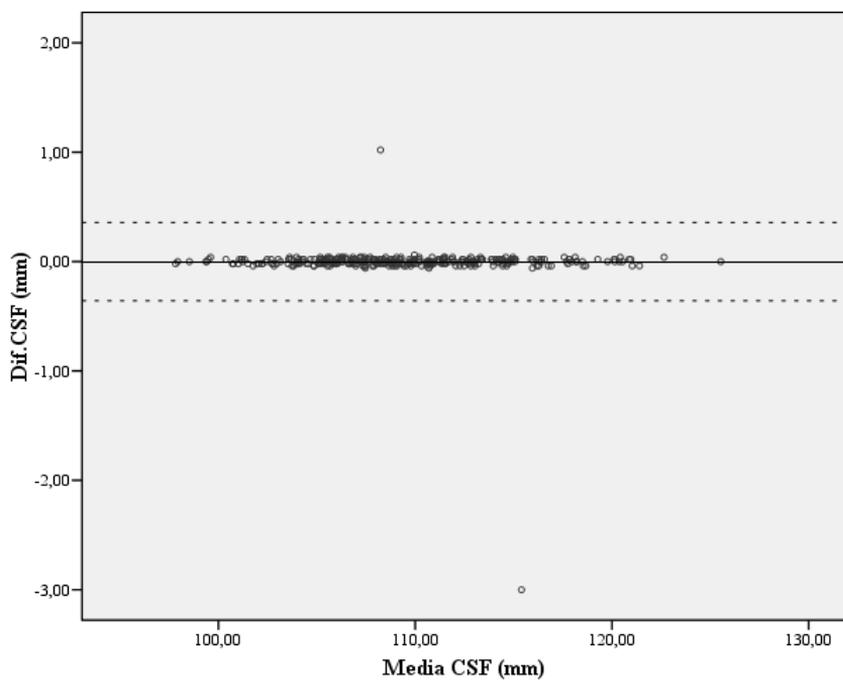
**Fig. 22.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones arco sagital parietal del cráneo, tomadas por el mismo observador



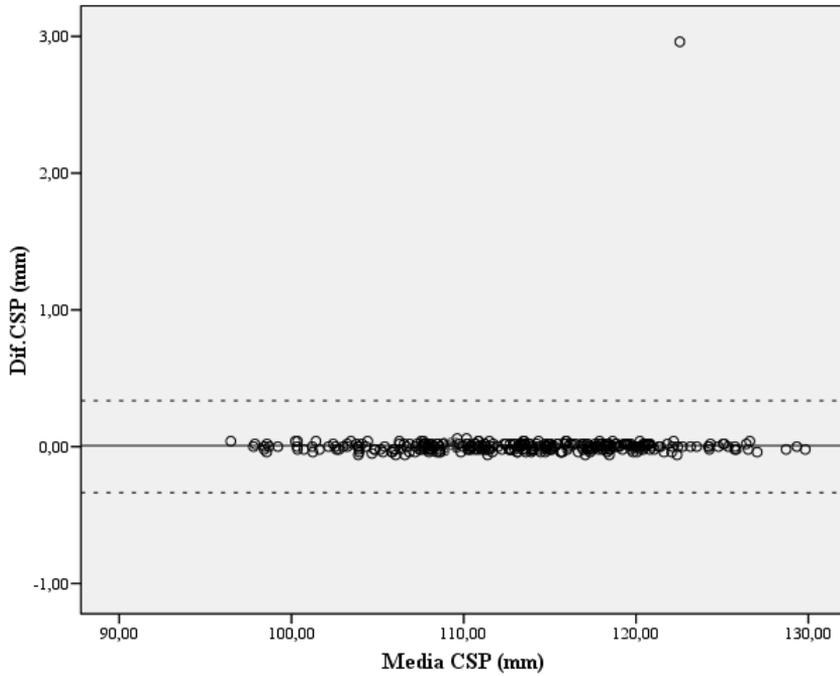
**Fig. 23.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones arco sagital occipital del cráneo, tomadas por el mismo observador



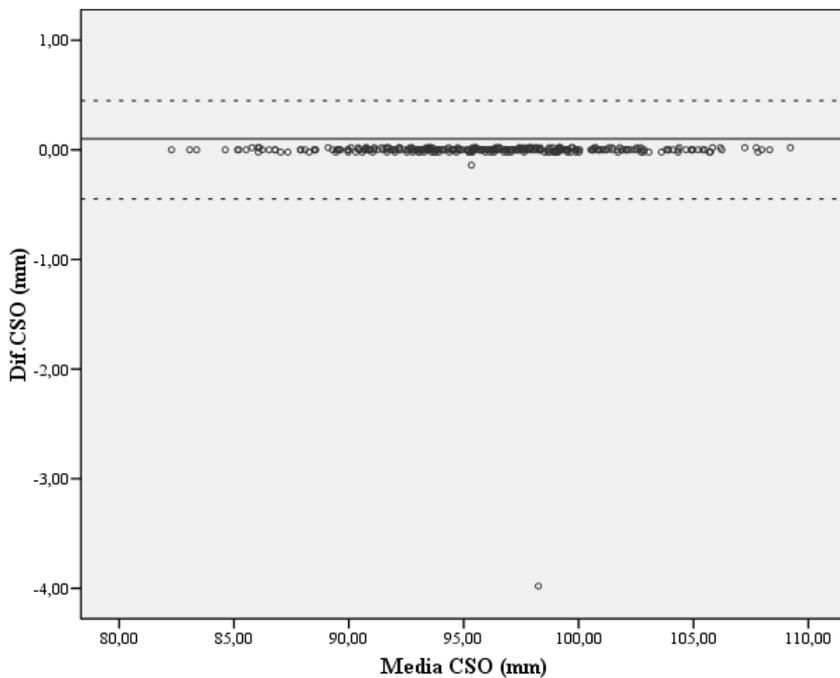
**Fig. 24.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *arco sagital de la escama del cráneo*, tomadas por el mismo observador



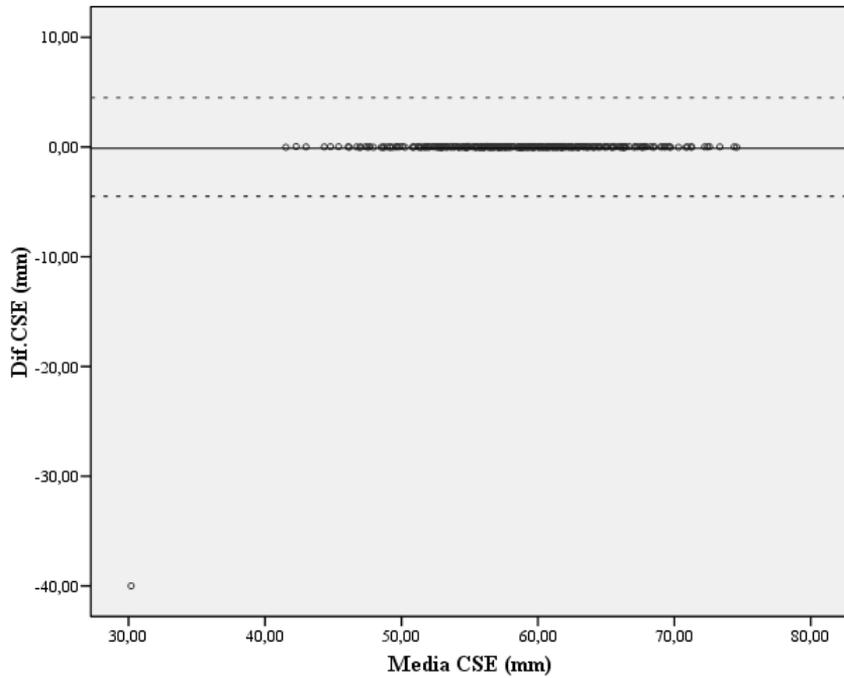
**Fig. 25.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *cuerda sagital frontal del cráneo*, tomadas por el mismo observador



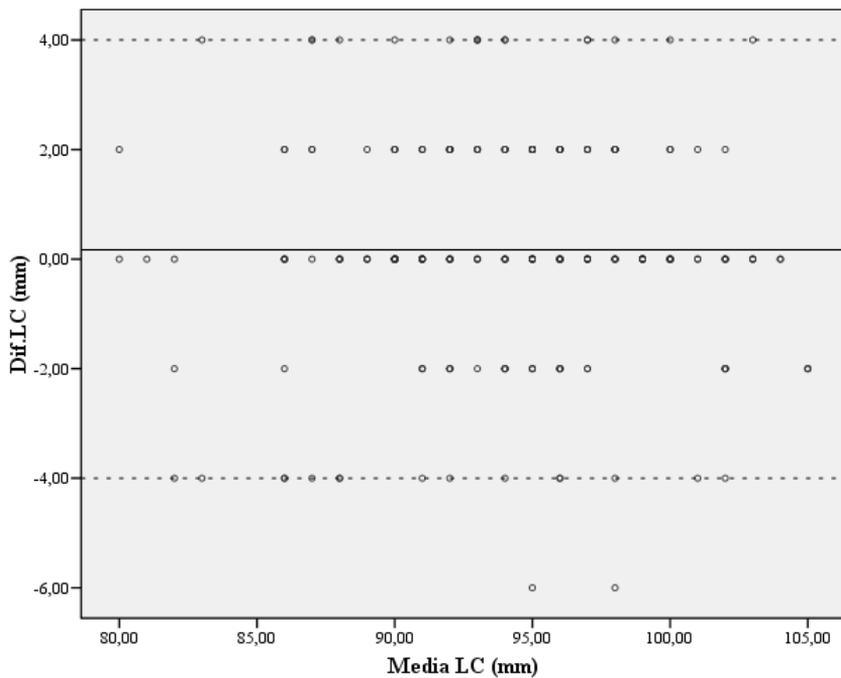
**Fig. 26.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *cuerda sagital parietal* del cráneo, tomadas por el mismo observador



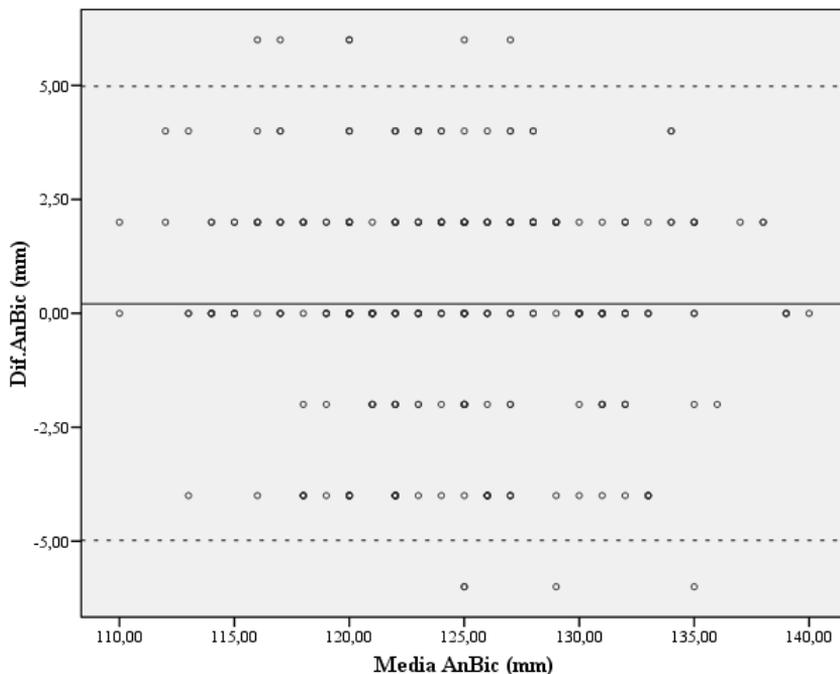
**Fig. 27.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *cuerda sagital occipital* del cráneo, tomadas por el mismo observador



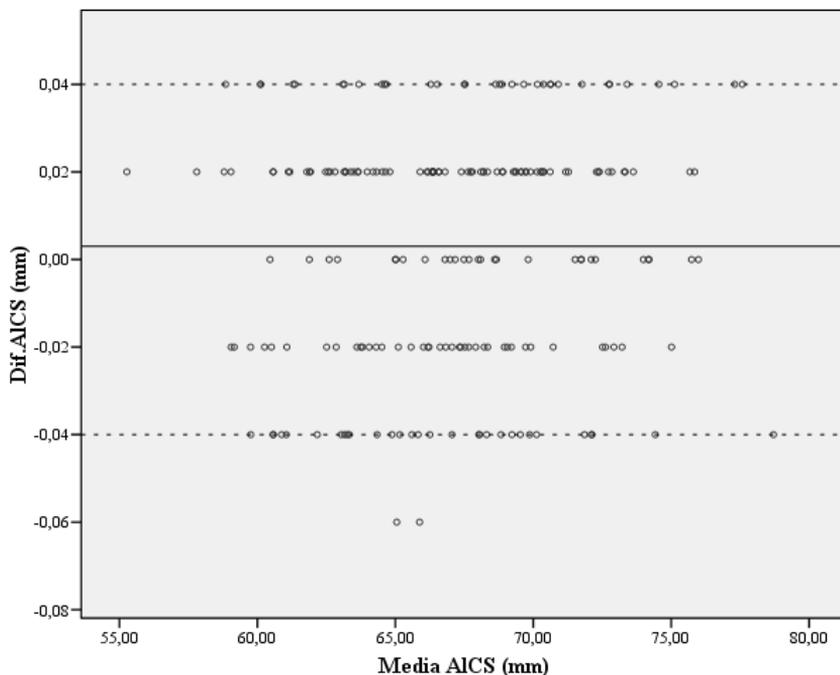
**Fig. 28.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones cuerda sagital de la escama del cráneo, tomadas por el mismo observador



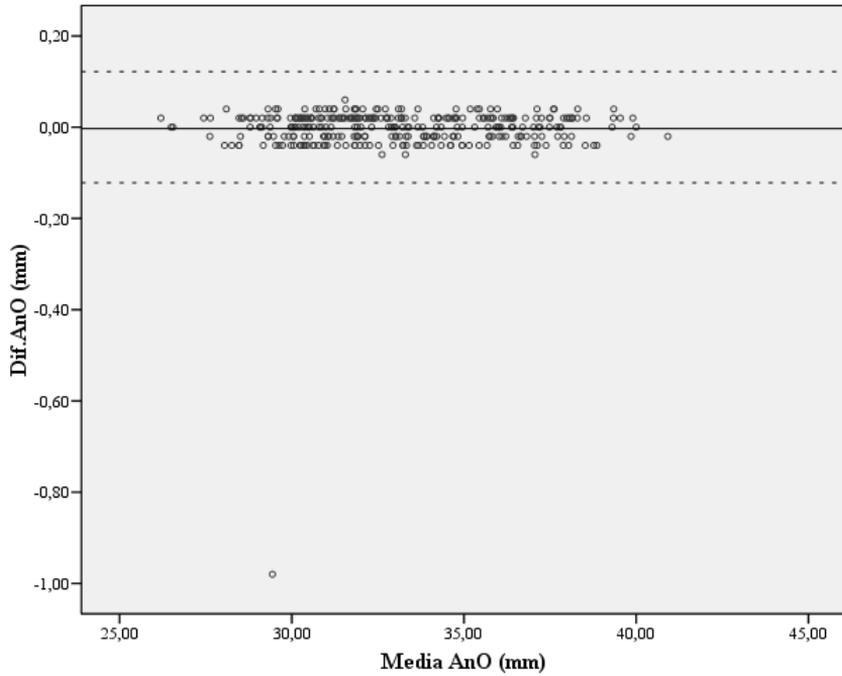
**Fig. 29.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones longitud de la cara, tomadas por el mismo observador



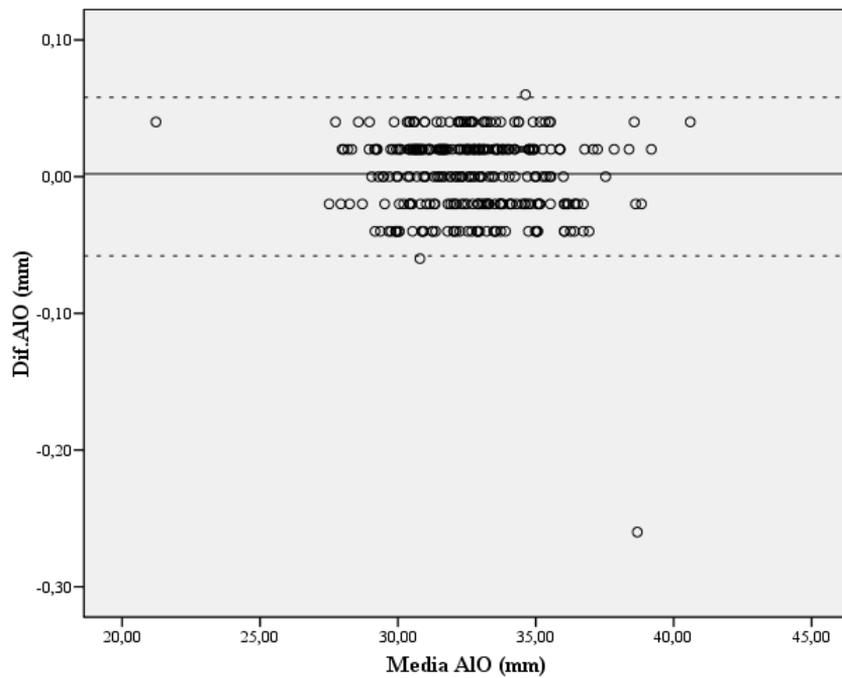
**Fig. 30.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura bicigomática*, tomadas por el mismo observador



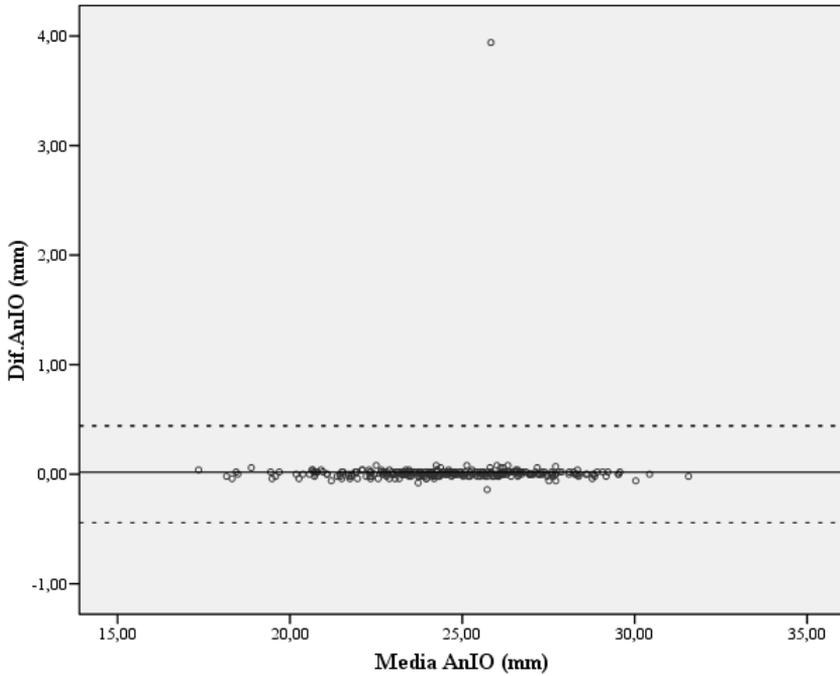
**Fig. 31.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *altura cara superior*, tomadas por el mismo observador



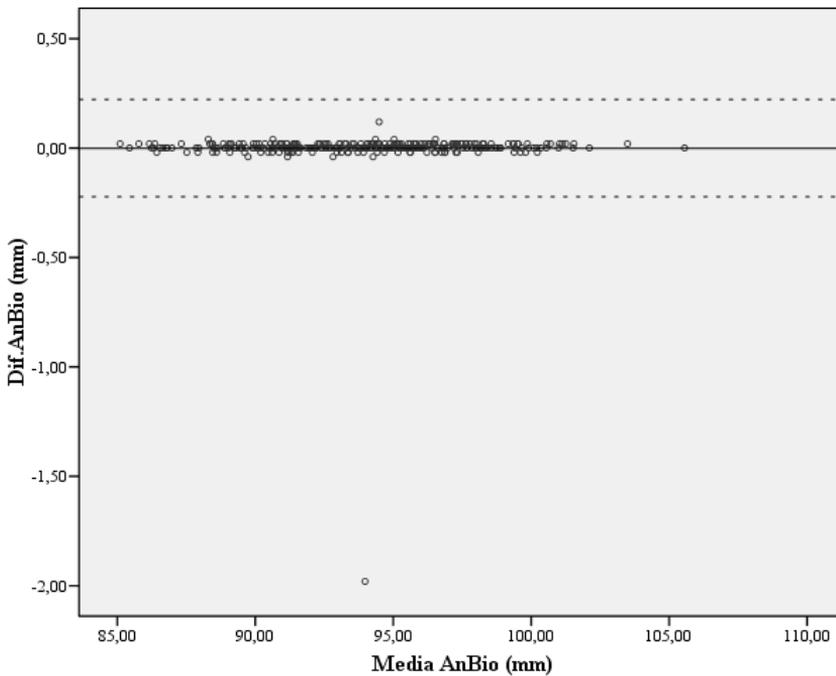
**Fig. 32.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura orbitaria*, tomadas por el mismo observador



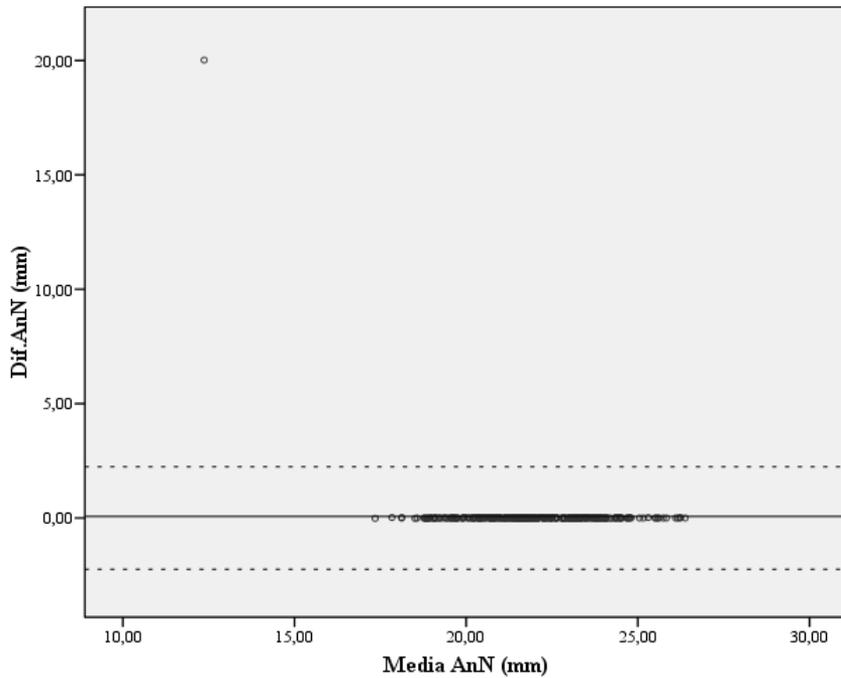
**Fig. 33.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *altura orbitaria*, tomadas por el mismo observador



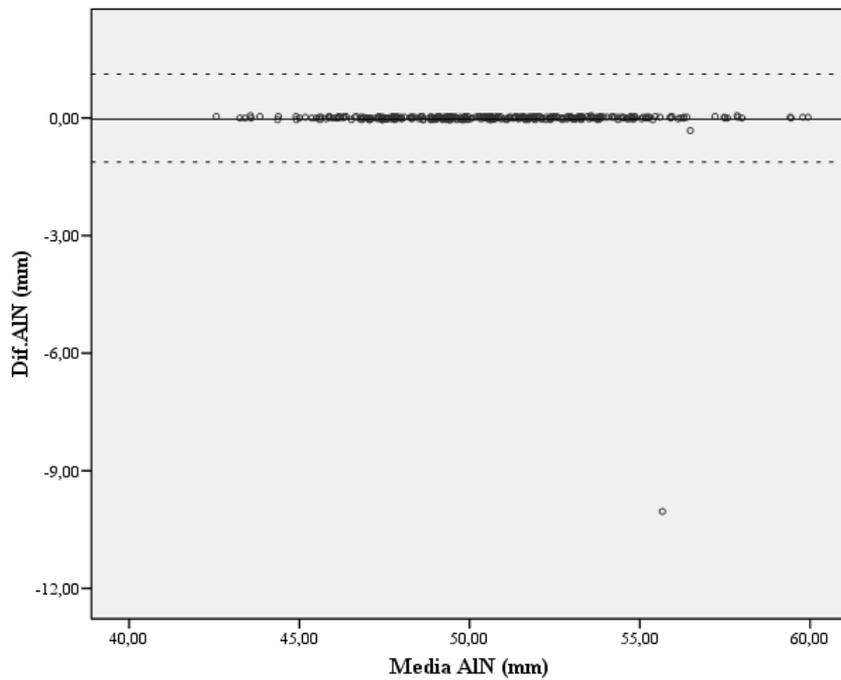
**Fig. 34.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura interorbitaria*, tomadas por el mismo observador



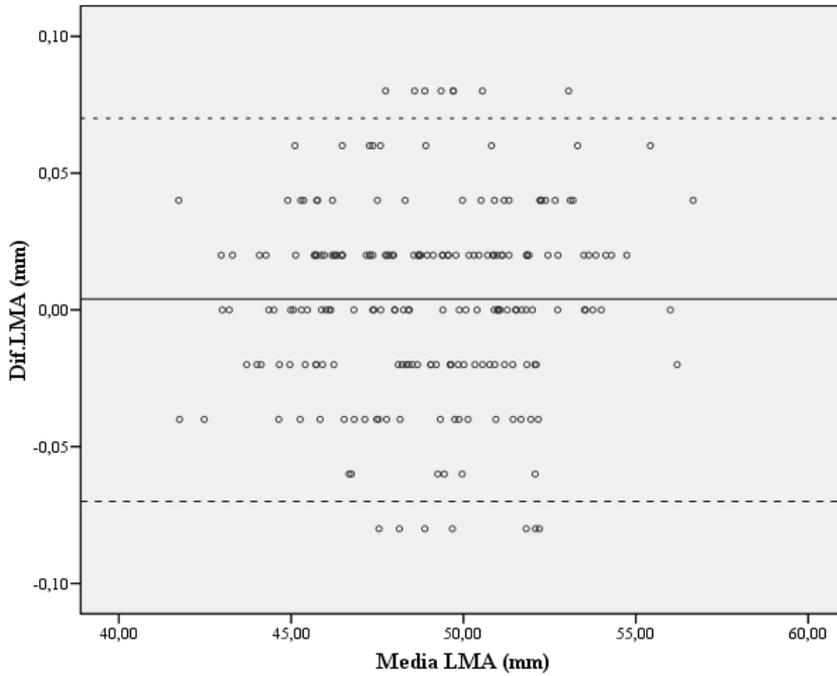
**Fig. 35.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura biorbitaria*, tomadas por el mismo observador



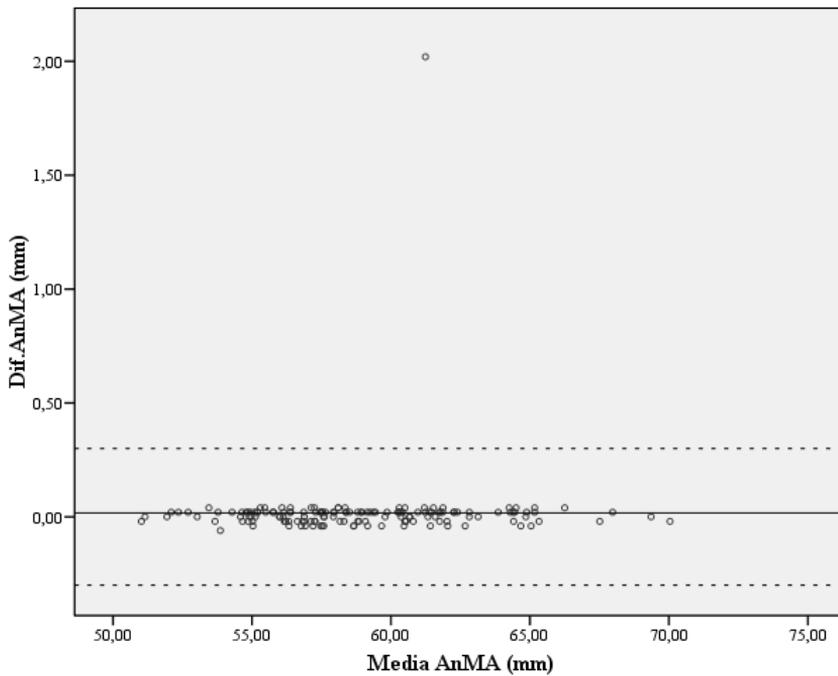
**Fig. 36.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura nasal*, tomadas por el mismo observador



**Fig. 37.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *altura nasal*, tomadas por el mismo observador



**Fig. 38.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *longitud maxilo-alveolar*, tomadas por el mismo observador



**Fig. 39.** Método de Bland-Altman. Análisis de reproducibilidad de las mediciones *anchura maxilo-alveolar*, tomadas por el mismo observador

**TABLA 10.** Análisis de fiabilidad mediante el coeficiente de correlación intraclase de las distintas medidas tomadas para cada variable por el mismo observador.

<i>Mediciones</i>	<i>CCI</i>	<i>Intervalo de confianza 95%</i>	<i>F</i>	
<i>LMax-LMax2</i>	0,92	0,90-0,93	23,65	*
<i>LB-LB2</i>	0,90	0,88-0,92	19,83	*
<i>AnMax-AnMax2</i>	0,92	0,90-0,93	23,02	*
<i>AnFMin-AnFMin2</i>	0,89	0,86-0,91	16,50	*
<i>AnFMax-AnFMax2</i>	0,93	0,92-0,95	29,38	*
<i>AnB-AnB2</i>	0,93	0,91-0,94	26,18	*
<i>AlBB-AlBB2</i>	0,94	0,92-0,95	30,34	*
<i>AlA-AlA2</i>	1,00	1,00-1,00	24026,29	*
<i>CH-CH2</i>	0,93	0,91-0,94	27,31	*
<i>ArT-ArT2</i>	0,84	0,81-0,87	11,67	*
<i>ArST-ArST2</i>	0,99	0,99-1,00	365,14	*
<i>ArSF-ArSF2</i>	0,96	0,95-0,97	48,41	*
<i>ArSP-ArSP2</i>	0,98	0,98-0,99	116,78	*
<i>ArSO-ArSO2</i>	0,95	0,93-0,96	36,78	*
<i>ArSE-ArSE2</i>	0,96	0,95-0,97	46,81	*
<i>CSF-CSF2</i>	0,99	0,99-0,99	3168,09	*
<i>CSP-CSP2</i>	1,00	1,00-1,00	6376,56	*
<i>CSO-CSO2</i>	0,99	0,99-1,00	2052,59	*
<i>CSE-CSE2</i>	0,94	0,92-0,95	32,23	*
<i>LC-LC2</i>	0,92	0,90-0,94	25,61	*
<i>AnBic-AnBic2</i>	0,91	0,89-0,93	22,21	*
<i>AlCS-AlCS2</i>	1,00	1,00-1,00	106997,70	*
<i>AnO-AnO2</i>	1,00	1,00-1,00	9908,49	*
<i>AlO-AlO2</i>	1,00	1,00-1,00	25406,15	*
<i>AnIO-AnIO2</i>	0,99	0,99-0,99	465,91	*
<i>AnBio-AnBio2</i>	1,00	0,99-1,00	4474,70	*
<i>AnN-AnN2</i>	0,83	0,79-0,86	10,67	*
<i>AlN-AlN2</i>	0,99	0,98-0,99	137,46	*
<i>LMA-LMA2</i>	1,00	1,00-1,00	29477,28	*
<i>AnMA-AnMA2</i>	0,99	0,99-1,00	2020,94	*

*CCI*, coeficiente de correlación intraclase; *F* significativos a nivel de \* $P \leq 0,05$ ; \*\* $P \leq 0,01$ ; \*\*\* $P \leq 0,001$

## **12.5. PRUEBA *t* DE STUDENT**

Para comprobar si estas diferencias entre sexos son significativas, se ha llevado a cabo una prueba *t* de Student. En la población de Granada, los resultados corroboran lo observado en los estadísticos descriptivos, donde todos ellos, excepto las anchuras frontales mínima y máxima, el arco sagital occipital, la cuerda sagital occipital y de la escama, los índices cefálico, vértico-longitudinal, aurículo-longitudinal, transverso-frontal, transverso-fronto-parietal, sagital total, sagital frontal, sagital parietal, sagital occipital y de la escama; la anchura y altura orbitarias, las anchuras interorbitaria y nasal; la longitud maxiloalveolar y los índices facial superior, orbitario, interorbitario, maxiloalveolar y gnático, muestran diferencias significativas ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) (Tabla 11).

En la población de Coimbra las únicas variables que no muestran diferencias significativas ( $p\text{-valor} \geq 0,05$ ) son las correspondientes a los índices cefálico, transverso-frontal, transverso-fronto-parietal, sagital total, frontal, parietal, occipital y de la escama; la longitud de la cara, la altura orbitaria, la anchura nasal, la longitud y anchura maxiloalveolares y los índices interorbitario y maxiloalveolar (Tabla 12).

Por consiguiente, se puede decir que los hombres tienen valores más elevados respecto a la métrica y por tanto, también en tamaño. Además, se puede comprobar, que no todas las variables que no muestran diferencias significativas en las dos poblaciones coinciden, lo que indica que el dimorfismo sexual entre ambas difiere en una pequeña parte de ellas.

**TABLA 11.** Estadísticos descriptivos para las variables de la población de Granada y resultados de la prueba *t* de Student según el sexo.

<i>Medida</i>	<i>Hombre</i>			<i>Mujer</i>			<i>F</i>	<i>t</i>	
	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>			
<i>LMax</i>	69	182,40	6,98	58	175,21	5,16	4,85	6,49	***
<i>LB</i>	62	99,60	3,90	56	95,68	4,67	1,61	4,96	***
<i>AnMax</i>	64	133,45	4,84	59	130,47	5,45	0,84	3,21	**
<i>AnFMin</i>	67	92,79	4,45	60	92	4,23	0,27	1,02	
<i>AnFMax</i>	65	116,68	5,27	59	114,91	5,88	1,35	0,25	
<i>AnB</i>	66	108,26	6,13	57	104,21	4,59	4,50	4,18	***
<i>AlBB</i>	64	133,12	5,82	54	126,07	4,64	2,27	7,18	***
<i>AlA</i>	64	112,44	5,20	56	107,72	4,06	3,69	5,48	***
<i>CH</i>	68	512,82	15,24	59	497,98	14,18	0,24	5,65	***
<i>ArT</i>	65	309,71	14,24	55	301,38	10,41	5,26	3,69	***
<i>ArST</i>	65	372,35	16,42	57	361,61	13,81	2,90	3,88	***
<i>ArSF</i>	66	129,62	6,91	56	123,80	5,86	2,52	4,96	***
<i>ArSP</i>	64	129,11	8,72	58	120,60	8,37	0,00	5,48	***
<i>ArSO</i>	63	115,89	7,28	57	115,05	7,26	0,15	0,63	
<i>ArSE</i>	66	58,83	6,32	58	61,551	8,40	5,48	-2,01	*
<i>CSF</i>	64	112,25	5,24	55	107,56	4,02	3,76	5,41	
<i>CSP</i>	65	114,83	6,61	58	108,26	6,34	0,00	5,61	
<i>CSO</i>	65	95,95	5,53	56	94,35	4,52	1,94	1,73	
<i>CSE</i>	64	57,85	5,55	57	59,39	6,17	0,97	-1,44	
<i>IC</i>	64	73,41	3,55	57	74,40	2,96	1,56	-1,67	
<i>IVL</i>	64	73,41	3,59	54	72,01	2,51	10,40	1,86	
<i>IAL</i>	64	61,67	2,60	56	61,54	2,31	3,52	0,28	
<i>IVT</i>	61	99,99	5,15	53	97,01	4,17	1,96	3,35	
<i>IAT</i>	62	84,31	3,72	55	82,57	3,19	1,84	2,71	
<i>ITF</i>	64	75,51	3,85	59	80,14	3,60	0,63	-0,94	
<i>ITFP</i>	63	69,62	3,86	59	70,69	3,66	0,00	-1,57	
<i>IST</i>	61	373,99	20,16	54	379,30	19,64	0,12	-1,43	

*N*, número de mediciones; *Media*, promedio de las mediciones; *DE*, desviación estándar; *t* de Student significativos a nivel de  $*P \leq 0,05$ ;  $**P \leq 0,01$ ;  $***P \leq 0,001$

**TABLA 11.** (continuación).

<i>Medida</i>	<i>Hombre</i>			<i>Mujer</i>			<i>F</i>	<i>t</i>	
	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>			
<i>ISF</i>	64	86,457	2,11	53	86,43	1,89	0,44	0,07	
<i>ISP</i>	64	89,29	3,79	58	89,60	2,36	1,58	-0,99	
<i>ISO</i>	63	82,73	3,04	56	82,08	3,38	0,46	1,10	
<i>ISE</i>	64	98,34	9,15	57	97,56	6,83	2,21	0,53	
<i>LC</i>	29	93,21	4,20	27	89,37	5,25	1,48	3,03	**
<i>AnBic</i>	64	125,97	4,74	54	119,07	4,30	0,18	8,22	***
<i>AICS</i>	31	69,01	4,91	26	65,72	3,41	4,28	2,97	**
<i>AnO</i>	66	36,15	1,99	56	36,00	1,87	0,61	0,41	
<i>AIO</i>	66	34,52	1,91	56	34,64	2,07	0,01	-0,33	
<i>AnIO</i>	66	23,80	2,67	55	23,02	2,36	0,63	1,72	
<i>AnBio</i>	65	93,96	3,37	55	91,44	3,52	0,23	4,00	***
<i>AnN</i>	66	21,84	1,95	56	21,79	1,65	2,43	0,18	
<i>AIN</i>	65	51,61	3,04	56	49,03	3,06	0,00	4,63	***
<i>LMA</i>	28	49,34	3,39	25	48,36	2,87	0,09	1,12	
<i>AnMA</i>	12	59,85	4,09	5	55,43	1,07	0,09	2,34	*
<i>IFS</i>	30	54,86	4,08	25	55,56	2,98	1,27	-0,71	
<i>IO</i>	66	95,63	5,04	56	96,34	5,79	1,11	-0,72	
<i>IN</i>	65	42,61	4,92	56	44,64	4,91	0,06	-2,27	*
<i>II</i>	65	25,39	2,36	54	25,15	2,08	0,53	0,60	
<i>IMA</i>	12	122,29	13,44	5	115,03	2,95	6,51	1,77	
<i>ITCF</i>	60	94,77	4,70	53	91,34	3,82	0,90	4,22	***
<i>IG</i>	28	93,75	4,20	27	93,50	3,91	0,01	0,22	
<i>IFC</i>	62	73,28	2,90	54	77,26	3,22	1,70	-7,01	***

*N*, número de mediciones; *Media*, promedio de las mediciones; *DE*, desviación estándar; *t* de Student significativos a nivel de \* $P \leq 0,05$ ; \*\* $P \leq 0,01$ ; \*\*\* $P \leq 0,001$

**TABLA 12.** Estadísticos descriptivos para las variables de la población de Coimbra y resultados de la prueba *t* de Student según el sexo.

<i>Medida</i>	<i>Hombre</i>			<i>Mujer</i>			<i>F</i>	<i>t</i>	
	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>			
<i>LMax</i>	97	183,24	5,62	100	178,24	6,09	0,64	5,98	***
<i>LB</i>	98	101,01	3,79	100	98,46	4,11	1,23	4,54	***
<i>AnMax</i>	99	131,83	5,04	99	128,73	5,09	0,27	4,31	***
<i>AnFMin</i>	99	95,80	3,71	100	93,60	4,41	3,54	3,82	***
<i>AnFMax</i>	99	118,76	4,71	99	115,87	5,00	0,30	4,18	***
<i>AnB</i>	100	109,68	5,79	97	106,19	4,51	5,17	4,73	***
<i>AlBB</i>	100	134,48	5,57	100	128,73	4,80	0,52	7,82	***
<i>AlA</i>	101	111,66	4,63	100	106,94	4,86	0,24	7,09	***
<i>CH</i>	98	516,35	13,35	100	503,58	14,62	1,39	6,41	***
<i>ArT</i>	101	306,88	11,93	98	295,22	11,29	0,34	7,07	***
<i>ArST</i>	96	377,90	11,43	100	365,44	13,21	2,72	7,05	***
<i>ArSF</i>	101	128,99	6,11	100	125,27	6,27	0,28	4,26	***
<i>ArSP</i>	96	131,91	6,81	96	125,63	6,57	0,07	6,49	***
<i>ArSO</i>	101	119,67	7,03	97	115,45	7,14	0,11	4,18	***
<i>ArSE</i>	100	65,50	7,43	99	62,424	8,532	0,81	2,71	**
<i>CSF</i>	99	110,74	4,79	99	107,62	4,55	0,18	4,70	***
<i>CSP</i>	97	116,33	5,80	98	111,45	5,71	0,00	5,92	***
<i>CSO</i>	97	97,99	4,34	99	95,07	5,17	2,23	4,28	***
<i>CSE</i>	99	60,05	6,00	97	57,54	6,56	0,91	2,79	**
<i>IC</i>	95	71,88	3,30	99	72,22	2,78	3,28	-0,78	
<i>IVL</i>	96	73,31	3,13	100	72,26	2,58	2,06	2,57	*
<i>IAL</i>	97	60,83	2,73	100	60,01	2,62	0,09	2,15	*
<i>IVT</i>	98	102,01	4,31	99	100,15	3,99	0,85	3,13	**
<i>IAT</i>	99	84,629	3,40	99	83,13	3,29	0,48	3,14	**
<i>ITF</i>	98	80,57	2,80	99	80,87	2,95	0,13	-0,72	
<i>ITFP</i>	99	72,79	3,10	99	72,82	3,65	0,99	-0,07	
<i>IST</i>	94	374,68	15,84	100	371,63	17,19	0,48	1,28	

*N*, número de mediciones; *Media*, promedio de las mediciones; *DE*, desviación estándar; *t* de Student significativos a nivel de \* $P \leq 0,05$ ; \*\* $P \leq 0,01$ ; \*\*\* $P \leq 0,001$

**TABLA 12.** (continuación).

<i>Medida</i>	<i>Hombre</i>			<i>Mujer</i>			<i>F</i>	<i>t</i>	
	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>			
<i>ISF</i>	99	85,96	2,20	99	85,87	2,08	0,11	0,28	
<i>ISP</i>	93	88,43	1,76	95	88,82	2,27	0,19	-1,31	
<i>ISO</i>	97	81,87	3,00	97	82,27	2,63	1,41	-1,00	
<i>ISE</i>	98	92,02	3,41	96	92,42	4,32	2,29	-0,72	
<i>LC</i>	86	95,36	4,83	72	94,68	4,84	2,42	4,34	
<i>AnBic</i>	100	128,06	5,27	97	122,13	4,75	1,71	8,28	***
<i>AICS</i>	82	67,85	4,11	70	65,98	4,48	0,90	2,69	**
<i>AnO</i>	99	32,16	1,70	100	30,35	1,58	1,23	7,81	***
<i>AIO</i>	100	31,73	1,68	100	31,39	1,52	0,74	1,50	
<i>AnIO</i>	101	25,72	2,07	98	24,99	1,85	1,62	2,60	*
<i>AnBio</i>	101	95,71	3,65	100	93,57	3,31	0,95	4,35	***
<i>AnN</i>	100	22,09	1,65	98	22,09	1,74	0,42	-0,01	
<i>AIN</i>	101	51,71	2,88	99	50,06	3,43	3,82	3,68	***
<i>LMA</i>	86	49,22	2,67	72	48,62	3,20	1,41	1,29	
<i>AnMA</i>	77	59,13	4,07	59	58,68	3,11	4,43	0,74	
<i>IFS</i>	81	52,98	3,30	67	54,11	3,55	0,38	-2,06	*
<i>IO</i>	98	98,79	6,73	100	103,65	5,98	0,79	-5,37	***
<i>IN</i>	100	42,78	3,88	97	44,35	4,24	0,67	-2,72	**
<i>II</i>	101	26,87	1,95	98	26,74	1,79	1,36	0,52	
<i>IMA</i>	76	120,37	8,98	58	121,10	8,58	0,01	-0,48	
<i>ITCF</i>	98	97,20	4,64	96	94,98	4,43	0,00	3,41	**
<i>IG</i>	85	94,32	3,88	72	96,26	3,69	1,09	-3,21	**
<i>IFC</i>	98	74,94	3,09	97	76,71	3,23	0,03	-3,90	***

*N*, número de mediciones; *Media*, promedio de las mediciones; *DE*, desviación estándar; *t* de Student significativos a nivel de \* $P \leq 0,05$ ; \*\* $P \leq 0,01$ ; \*\*\* $P \leq 0,001$

## **12.6. ANÁLISIS DISCRIMINANTE**

Para este análisis se han empleado todas las variables que mostraron diferencias significativas en la prueba *t* de Student a excepción de los índices, ya que al ser el resultado de la combinación de diversas variables, podrían duplicar las posibles variables seleccionadas en el análisis discriminante.

Con la intención de estudiar qué variables son las más dimórficas y por consiguiente, cuáles son las mejores para poder determinar el sexo de un individuo, se ha efectuado un análisis discriminante multivariante en cada una de las poblaciones. Con ello, se obtienen unas funciones discriminantes y unos puntos de corte que permiten clasificar a los individuos en un sexo u otro según el valor obtenido en la función. Al aplicar este análisis en las dos poblaciones, se puede: comparar las funciones establecidas para cada una de ellas y comprobar si ambas coinciden en las variables seleccionadas por el análisis, y por tanto, si presentan una tipología similar. Además, para determinar el porcentaje de correcta clasificación de los individuos en función del sexo mediante la aplicación de dichas funciones, se ha realizado un análisis de validación cruzada.

Posteriormente, se ha elaborado un análisis univariante con cada una de las variables de las dos poblaciones para evaluar si existe un aumento del porcentaje de acierto en la clasificación de los individuos de un grupo determinado cuando sólo se emplea una variable. De esta manera, se puede comprobar por un lado, si la presencia de otras variables en la función discriminante aumenta significativamente el porcentaje de correcta asignación o no y por otro, el peso que tiene cada variable por sí sola.

Finalmente se ha realizado un nuevo análisis discriminante multivariante, separando las variables según la región craneal a la que pertenecieran, esto es, en función de si formaban parte del neurocráneo o del esplanocráneo. De esta forma, se consiguen dos objetivos: obtener nuevas funciones para cada región y comprobar qué zona es más dimórfica.

En la Tabla 13 se muestran los siguientes parámetros:

- Coeficientes de cada una de las variables: indican la contribución relativa de cada una de ellas a las funciones en las que han sido incluidas.
- Funciones de clasificación de los grupos analizados.
- Funciones discriminantes.
- Centroides: puntuación discriminante promedio para cada sexo.
- Puntos de corte: separan un sexo del otro y se obtienen mediante el promedio de los dos centroides.
- $F$ : determina la variación existente entre los sexos y el nivel de significación de la varianza.
- Lambda de Wilks: determina la utilidad de las variables en el análisis discriminante paso a paso y el orden en el que las variables han entrado en el análisis.

De este modo, a partir de las funciones discriminantes obtenidas, se puede predecir a qué grupo pertenece el sujeto de estudio. Para ello, hay que multiplicar el valor de cada variable que se incluye en la función, por su correspondiente coeficiente no estandarizado y sumarle

el valor de la constante. Así, si el resultado es mayor que el punto de corte, se determina como perteneciente a un grupo y si es menor, como perteneciente al otro. De este modo, se puede hacer una predicción futura y clasificar a los individuos en función del grupo al que pertenezcan. La fiabilidad de la estimación del sexo está determinada por la cercanía de un individuo al punto de corte, esto es, cuanto más cerca esté de él, menor será la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo ya que éste se encuentra en un área de solapamiento entre los dos grupos.

Por ejemplo, si en el cráneo de un individuo se puede medir el arco sagital de la escama ( $ArSE = 60,33$  mm.) y la anchura bicigomática ( $AnBic = 120,10$  mm.), se puede determinar el sexo si se aplica la función que se recoge en la Tabla 13.

$$D = -32,475 - 0,097ArSE + 0,308AnBic$$

$$D = -32,475 - (0,097 \times 60,33) + (0,308 \times 120,10) = -1,33$$

$$-1,33 < -0,56 = \text{Mujer}$$

El resultado sería -1,33 que al ser menor que el punto de corte clasificaría al individuo como femenino, con un porcentaje de fiabilidad de un 77% (Tabla 14).

### **12.6.1. Análisis discriminante multivariado general**

El análisis discriminante realizado para la población de Granada muestra cómo el Método Paso a Paso selecciona el arco sagital de la escama y la anchura bicigomática, como las variables más dimórficas, determinando unos coeficientes de las funciones canónicas que permiten establecer la ecuación discriminante del sexo para esta población (Tabla 13). De estas dos variables, la anchura bicigomática es la que tiene un mayor coeficiente, por lo que es la que mayor poder discriminante presenta.

En el caso de la población de Coimbra las variables seleccionadas por este método son la altura basio-bregma, el arco sagital de la escama y las anchuras bicigomática y orbitaria, siendo nuevamente la anchura bicigomática la que tiene un mayor coeficiente (Tabla 13).

Si se comparan los resultados de ambas poblaciones, se ve que en las dos se seleccionan el arco de la escama y la anchura bicigomática, y además, en ambas, la anchura bicigomática aparece como la variable más dimórfica. Esto demostraría por un lado, que dicha variable es una de las mejores a la hora de discriminar el sexo y por otro, que se trata de poblaciones con una tipología muy similar, con un grado de dimorfismo muy parecido.

Algunas de estas variables, ya han sido seleccionadas en otros estudios anteriores del cráneo, como las más dimórficas; es el caso de la anchura bicigomática (Giles y Elliot, 1963; Cunha, 1989; Song, 1992; Steyn e Iscan, 1998; Rosique et al., 2005; Zabando et al., 2009). Estas coincidencias parecen indicar que esta variable mantiene el dimorfismo en un gran número de poblaciones, mientras que el resto de las variables seleccionadas en este estudio serían menos coincidentes o más

específicas de cada población. Esto sucede con la altura basio-bregma, que también aparece entre otras variables, en distintos estudios (Krenzer, 2005; Franklin et al., 2005).

Por otro lado, los resultados obtenidos en el análisis discriminante se pueden relacionar con los obtenidos en el análisis tipológico. Como se ha visto anteriormente, la tipología de las dos poblaciones es muy parecida. Los dos sexos coinciden en la mayor parte de las categorías, excepto en 2 casos: el índice vértico transversal y el índice facial superior. Además, el análisis discriminante selecciona entre otras, la altura basio-bregma y la anchura bicigomática como variables dimórficas. Si se comprueba la fórmula del índice vértico transversal y del índice facial superior se puede ver que dichas variables participan en ellas. Por tanto, parece lógico pensar que aquellas variables que contribuyen a tipologías diferentes muestren un dimorfismo significativo.

Por otro lado, los valores de los centroides en sendas poblaciones parecen coincidir en cuanto a que en ambas, el grupo de los hombres tiende a presentar resultados positivos y el de las mujeres negativos (Tabla 13). Esto significa que si se produce un incremento (superior al promedio) en la dimensión del cráneo, el individuo tiende a tener una puntuación positiva, por lo que se podría clasificar en el grupo de los hombres mientras que si se obtiene un valor por debajo del promedio, se clasificaría en el grupo de las mujeres.

**TABLA 13.** Funciones del análisis discriminante multivariado para la población de Granada y de Coimbra.

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>		<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>	
						<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<b>GRANADA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>ArSE</i>	0,32	10,69	**	-0,09	-0,72	-0,88	-0,60
<i>AnBic</i>	0,45	12,95	**	0,31	0,99	12,95	12,05
<i>Constante</i>				-32,47		-797,98	704,99
<i>Centroides</i>						0,90	-2,02
<i>Pto. de corte</i>				-1,12			
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>AltBB</i>	0,75	38,17	***	0,08	0,39	3,22	3,09
<i>AnO</i>	0,65	30,77	***	0,33	0,50	9,78	9,22
<i>AnBic</i>	0,60	24,99	***	0,10	0,47	4,08	3,91
<i>ArSE</i>	0,58	20,74	***	0,05	0,33	1,22	1,13
<i>Constante</i>				-35,38		673,59	613,43
<i>Centroides</i>						0,79	-0,91
<i>Pto. de corte</i>				-0,12			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks global

Cuando se analizan los porcentajes de correcta asignación obtenidos en las variables anteriores se comprueba que la población de Coimbra tiene un mayor porcentaje (80,7%) que la de Granada (77%), siendo un 83,3% y un 82,3% para los hombres de Granada y Coimbra respectivamente y un 69,8% y 79,2% para las mujeres de Granada y Coimbra respectivamente (Tabla 14). Esto indicaría que la población de Coimbra presenta mayor dimorfismo que la de Granada, lo que permite determinar el sexo con una mayor probabilidad. Como puede observarse,

los porcentajes de mujeres bien clasificadas en ambas poblaciones, son menores que los de los hombres, siendo más notoria esta diferencia en la población de Granada. Esto significaría que las diferencias existentes en las variables seleccionadas son más patentes en el grupo de los hombres que en el de mujeres, ya que permite clasificar correctamente a un mayor número de hombres que de mujeres. A nivel estadístico, esto querría decir que hay un mayor número de mujeres que se encuentran cercanas al punto de corte y por tanto, en la zona de solapamiento entre el grupo de hombres y mujeres. Por el contrario, los hombres son mejor clasificados por presentar valores próximos a su centroide y más alejados de esta zona de incertidumbre. El mayor porcentaje de correcta asignación encontrado en los hombres de la población de Coimbra respecto a las mujeres, permite dar valor estadístico a los resultados obtenidos en el cálculo del grado de dimorfismo de esta población, ya que todas las variables seleccionadas en el análisis discriminante de Coimbra aparecen en los resultados del grado de dimorfismo dentro del grupo de los hombres. Esto quiere decir, que los valores más altos de los hombres que se encontraron en el grado de dimorfismo para las variables altura basio-bregma, arco sagital de la escama, anchura bicigomática y anchura biorbitaria, son lo suficientemente significativos como para considerar a estas variables dimórficas y poder clasificar correctamente al sexo masculino en un 82,3% de los casos.

Por el contrario, en la población de Granada, se puede comprobar que las variables seleccionadas en el análisis discriminante no son coincidentes con los resultados del grado de dimorfismo ya que en éste último, el arco sagital de la escama aparece en el grupo de las mujeres, mientras que la anchura bicigomática lo hace en el de los hombres. Sin embargo, se puede observar que indiferentemente del grupo al que pertenezcan, la anchura bicigomática es la que mayor porcentaje

presenta, algo que también sucede cuando se realiza el análisis discriminante univariado. Esto explicaría por qué el porcentaje de correcta clasificación para la población de Granada es mayor en los hombres que en las mujeres. Por tanto, la anchura bicigomática parece ser una variable importante a la hora de determinar el sexo, con una considerable influencia por sí misma (principalmente en el grupo de los hombres).

Si comparamos los porcentajes obtenidos a nivel global con los de otros autores se puede comprobar que los de esta investigación son menores. Así, en el estudio llevado a cabo por Hanihara (1959) con una muestra de cráneos japoneses obtuvo un porcentaje de correcta asignación del 89,7%; Giles y Elliot (1963) obtuvieron unos porcentajes entre 82-89%; Song (1992) obtuvo un porcentaje de acierto del 96,7% al estudiar una muestra de 80 cráneos chinos; Steyn e Iscan (1998) estableció un porcentaje del 86%. Así, mientras que en dichos estudios el porcentaje de correcta asignación está en torno al 90%, en este estudio gira en torno al 80%. Sin embargo, hay autores que encuentran en la región craneal porcentajes similares a los de la presente investigación (Cunha, 1989; Rosique *et al.*, 2004; Franklin *et al.*, 2005; Zabando *et al.*, 2009). Esta discrepancia entre autores puede ser debida a las diferentes variables seleccionadas en cada estudio, pues aunque hay variables que aparecen de forma reiterada en muchos estudios, no hay una coincidencia exacta en todos.

Las diferentes poblaciones empleadas en los estudios anteriores pueden ser la consecuencia de que exista esta variación, ya que cada población está sometida a distintos factores genéticos y ambientales, que dan lugar a la variabilidad interpoblacional. Por tanto, el mayor o menor grado de afectación de estos factores es lo que va a determinar la mayor

o menor similitud entre ellas. Así, la pertenencia de la mayor parte de los individuos de la población de Coimbra a una baja clase social supone una escasez de recursos económicos, una mala alimentación y en definitiva, unas condiciones ambientales adversas que disminuyen el dimorfismo sexual. Esta disminución ante condiciones adversas, también se pone de manifiesto en estudios realizados por Bocquet-Appel (1984) y Borgognini-Tarli y Repetto (1986).

Los porcentajes de la validación cruzada y de la original, demuestran que las funciones obtenidas en ambas poblaciones son lo suficientemente robustas y fiables como para ser aplicadas en posteriores investigaciones, ya que el pequeño descenso que aparece en los porcentajes de la validación cruzada de ambas poblaciones, no es significativo (Tablas 14).

**TABLA 14.** Evaluación de la precisión de las funciones discriminantes (modelo predictivo original) y de la técnica de validación cruzada para los resultados del análisis discriminante multivariado de la población de Granada y Coimbra.

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>GRANADA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	53/60	88,3	40/53	75,5	82,3
<i>Validación cruzada</i>	50/60	83,3	37/53	69,8	77,0
<b>COIMBRA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	81/96	84,4	76/96	82,3	81,8
<i>Validación cruzada</i>	79/96	79,2	76/96	79,2	80,7

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

### **12.6.2. Análisis discriminante multivariado según la región craneal**

El análisis discriminante realizado separando por un lado, las variables del neurocráneo y por otro las del esplacnocráneo demuestra que, al analizar las variables del neurocráneo en la población de Granada, la longitud craneal máxima, la altura basio-bregma, la altura auricular, el arco sagital total y el arco sagital de la escama son las variables seleccionadas como las más dimórficas y que la altura auricular es la que mayor coeficiente presenta (Tabla 15). Algunas de estas variables coinciden con las encontradas en otros estudios. Así por ejemplo, Song (1992), Steyn e Iscan (1998), Fernández (2001), Fernández (2007), Zabando *et al.*, (2009) encontraron entre otras variables, diferencias significativas en la longitud craneal máxima. Por el contrario, Krenzer (2005) y Franklin *et al.*, (2005) establecieron estas diferencias en la altura basio-bregma.

En la población de Coimbra, la circunferencia horizontal y el arco sagital de la escama son, de todas las variables del neurocráneo, las seleccionadas, siendo ésta última la que tiene un mayor coeficiente (Tabla 15). La circunferencia horizontal es también encontrada como dimórfica en estudios llevados a cabo por Turner (1903) y Deshmukh y Devershi (2006).

Cuando se estudian las variables del esplácocráneo, se observa que mientras que en la población de Granada, sólo se selecciona la anchura bicigomática, en la población de Coimbra además de seleccionar ésta, también se utiliza la anchura orbitaria, con un mayor coeficiente que la primera (Tabla 16). Como ya se ha comentado anteriormente, la anchura bicigomática, es una variable que aparece en muchos estudios.

En el caso de la población de Granada, además de añadirse algunas variables más, se mantienen las seleccionadas en el análisis discriminante multivariado realizado anteriormente. Esto permite corroborar que la anchura bicigomática y el arco sagital de la escama son buenos indicadores del sexo. Por el contrario, en el caso de la población de Coimbra, aunque persisten las variables arco sagital de la escama, anchura bicigomática y anchura orbitaria, se ha eliminado la altura basio-bregma y se ha incorporado la circunferencia horizontal. Ello, indicaría que estas tres variables son las mejores para discriminar sexo. Sin embargo, al separar las variables según la zona craneal, se produce una nueva selección que da lugar a una alteración de los resultados. Esto se debe a que las variables no aportan la misma información cuando se estudian conjuntamente que cuando se hacen por separado. De este modo, las variables más dimórficas siguen manteniéndose como tales, pero no así el resto.

Nuevamente, se comprueba que los valores de los centroides en sendas poblaciones y regiones coinciden en cuanto a que en ambas, el grupo de los hombres tiende a tener resultados positivos y el de las mujeres negativos (Tabla 15 y 16).

**TABLA 15.** Funciones del análisis discriminante multivariado para la población de Granada y de Coimbra en la región del neurocráneo.

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>	<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>		
					<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	
<b>GRANADA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>AIBB</i>	0,64	49,48	***	0,15	0,72	3,84	3,51
<i>LMax</i>	0,56	34,09	***	0,13	0,72	5,46	5,16
<i>ArSE</i>	0,49	30,48	***	-0,07	-0,53	-0,57	-0,41
<i>ArST</i>	0,45	26,05	***	-0,05	-0,65	-0,40	-0,29
<i>AIA</i>	0,43	22,49	***	0,10	0,40	2,56	2,34
<i>Constante</i>				-32,14			
<i>Centroides</i>						1,05	-1,23
<i>Pto. de corte</i>				-0,18			
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>ArSP</i>	0,78	33,22	***	0,10	0,61	0,74	0,61
<i>CH</i>	0,72	22,65	***	0,05	0,57	3,78	3,72
<i>Constante</i>				-38,99		-1023,8	-976,03
<i>Centroides</i>						0,63	-0,59
<i>Pto. de corte</i>				0,04			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks global

**TABLA 16.** Funciones del análisis discriminante multivariado para la población de Granada y de Coimbra en la región del esplacnocráneo.

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>	<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>		
					<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	
<b>GRANADA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>AnBic</i>	0,40	22,29 ***	0,31	1,00	12,53	11,74	
<i>Constante</i>			-39,16		-796,53	-699,43	
<i>Centroides</i>					0,74	-1,77	
<i>Pto. de corte</i>			-1,03				
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>AnBic</i>	0,70	41,44 ***	0,16	0,78	5,33	5,07	
<i>AnO</i>	0,62	28,78 ***	0,32	0,54	9,55	9,04	
<i>Constante</i>			-30,80		0,67	-0,89	
<i>Centroides</i>							
<i>Pto. de corte</i>			-0,22				

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks global

Si analizamos los porcentajes de acierto obtenidos para cada sexo, se puede ver que en sendas poblaciones las mujeres son clasificadas correctamente en mayor proporción que los hombres, excepto en el caso de la población de Coimbra a nivel del neurocráneo. Así, en la población de Granada el porcentaje de hombres bien clasificados es del 74,6% y del 68,8%, y del 82,4% y 79,6% en las mujeres a nivel del neurocráneo y esplacnocráneo respectivamente (Tabla 17 y 18). Por el contrario, en la población de Coimbra el porcentaje de hombres bien clasificados es del 71% y del 74,4% y del

70,8% y 75,9% en las mujeres a nivel del neurocráneo y esplacnocráneo respectivamente (Tabla 17 y 18). Esto podría explicarse en base al estudio realizado por Suazo *et al.*, (2008) quienes observan que las mujeres son capaces de soportar mejor las condiciones adversas, lo que permite desarrollar mayores diferencias respecto al otro sexo. Así, estas diferencias permitirían clasificar mejor a una mujer que a un hombre.

En las dos poblaciones, las mujeres presentan los caracteres más diferenciados que los hombres excepto en el caso citado anteriormente. Sin embargo, los resultados encontrados en el análisis discriminante multivariado y los obtenidos sobre el grado de dimorfismo sexual de cada población (Tablas 23, 24, 25 y 26) no coinciden con esto, ya que el dimorfismo de la mayor parte de las variables es mayor en los hombres. Estas diferencias pueden deberse a que dichas variables no tienen suficiente peso y por tanto no son lo suficientemente dimórficas por sí solas pero sí cuando se las engloba en una única función y se separan por regiones.

A nivel global, las funciones discriminantes obtenidas para ambas poblaciones, establecen un porcentaje de acierto del 78% y 71% para las variables del neurocráneo de la población de Granada y de Coimbra respectivamente (Tabla 17) y un 73% y 75% para las variables del esplacnocráneo de la población de Granada y de Coimbra respectivamente (Tabla 18). Así pues, parece que el esplacnocráneo es la región más dimórfica en la población de Coimbra y el neurocráneo en la de Granada. En el caso de la población de Granada, puede ser debido a que la zona del neurocráneo presenta un total de 5 variables frente a la única variable que se selecciona en el esplacnocráneo, de modo, que las 5 variables contribuyen más que una sola. Esto permite aumentar la probabilidad de determinar el sexo de un individuo cuando no se puedan

medir todas las variables requeridas en la ecuación, ya que el empleo de una única variable limita su uso, no siendo lo suficientemente fiable a no ser que el porcentaje que se obtenga sea cercano al 95% (Franklin *et al.*, 2005; Kimmerle *et al.*, 2008). Por el contrario, en la población de Coimbra, el mayor porcentaje encontrado en el esplacocráneo puede explicarse porque se trata de dos variables que ya fueron seleccionadas en el análisis multivariante.

El hecho de que en todos los casos, se obtengan porcentajes menores a los encontrados en el anterior análisis puede ser por diversas razones: bien por la separación de las variables en función de la región craneal o bien por la incorporación a las funciones, de nuevas variables y la eliminación de otras.

Si se comparan los valores obtenidos en la validación cruzada con los de la original se puede ver que tanto para la región del esplacocráneo como del neurocráneo de cualquiera de las dos poblaciones, hay un ligero descenso en el establecido por la validación cruzada (Tablas 17 y 18). Sin embargo, al ser unas diferencias tan pequeñas se puede concluir que se trata de unas funciones con una alta fiabilidad.

**TABLA 17.** Evaluación de la precisión de las funciones discriminantes (modelo predictivo original) y de la técnica de validación cruzada para los resultados del análisis discriminante multivariado de la región del neurocráneo de la población de Granada y Coimbra.

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>GRANADA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	45/59	76,3	44/51	86,3	80,9
<i>Validación cruzada</i>	44/51	74,6	42/51	82,4	78,2
<b>COIMBRA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	50/69	72,5	52/72	72,2	72,3
<i>Validación cruzada</i>	49/69	71,0	51/72	70,8	70,9

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

**TABLA 18.** Evaluación de la precisión de las funciones discriminantes (modelo predictivo original) y de la técnica de validación cruzada para los resultados del análisis discriminante multivariado de la región del esplancocráneo de la población de Granada y Coimbra.

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>GRANADA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	50/54	78,1	43/54	79,6	78,8
<i>Validación cruzada</i>	44/54	68,8	43/54	79,6	73,7
<b>COIMBRA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	55/74	74,3	59/74	79,7	77,0
<i>Validación cruzada</i>	55/74	74,3	56/74	75,7	75,0

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

### **12.6.3. Análisis discriminante univariante**

Se han obtenido un total de 20 funciones discriminantes para la población de Granada y 25 para la de Coimbra, correspondientes a cada una de las variables estudiadas, con unos porcentajes de correcta asignación que oscilan entre 58,9-78,8% y 55,1-72,1% respectivamente.

Los resultados del análisis univariante son coincidentes en las dos poblaciones ya que en ambas, la anchura bicigomática, seguida de la altura basio-bregma son las variables más dimórficas puesto que son las que presentan un mayor porcentaje de correcta asignación (Tablas 19 y 20). De las dos variables, nuevamente, es la anchura bicigomática (seleccionada en las dos poblaciones cuando se hace el análisis multivariante) la más dimórfica.

Si se atiende a los valores de los centroides, se puede comprobar que en las dos poblaciones todas las variables mantienen valores positivos para el grupo de los hombres y negativos para el de las mujeres, excepto para el arco sagital de la escama de la población de Granada (Tablas 19 y 20). Se trata por tanto, de un caso de dimorfismo sexual reverso, en el que los hombres presentan valores negativos y las mujeres positivos. Así, si al aplicar la función discriminante se obtiene un valor menor al punto de corte, se clasificaría al individuo dentro del grupo de los hombres y si es mayor, dentro del grupo de las mujeres. Si se observan las variables seleccionadas tanto en el análisis multivariado inicial como en el realizado agrupando todas las variables del neurocráneo (Tablas 13 y 15), se puede ver que el arco sagital de la escama aparece seleccionado en ambos casos, y con un coeficiente negativo. Sin embargo, a pesar de ello, se puede comprobar que en ninguna de ellas hay un dimorfismo reverso. Esto puede explicarse porque tal y como se observa en la Tabla 21, el porcentaje de correcta

asignación para esta variable por sí sola es muy bajo, lo que explica que tenga una baja contribución cuando se analiza de forma conjunta.

**TABLA 19.** Funciones del análisis discriminante univariado para la población de Granada.

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>	<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>		
					<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	
<b>GRANADA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>LMax</i>	0,75	42,15	***	0,16	1,00	4,72	4,53
<i>Constante</i>				-28,81		-430,95	397,69
<i>Centroides</i>						0,53	-0,63
<i>Pto. de corte</i>				-0,10			
<hr/>							
<i>Función 2</i>							
<i>LB</i>	0,82	24,63	***	0,23	1,00	5,43	5,22
<i>Constante</i>				-22,82		271,17	250,30
<i>Centroides</i>						0,43	-0,48
<i>Pto. de corte</i>				-0,05			
<hr/>							
<i>Función 3</i>							
<i>AnMax</i>	0,92	10,32	**	0,19	1,00	5,05	4,94
<i>Constante</i>				-25,69		-337,98	-323,09
<i>Centroides</i>						0,28	-0,30
<i>Pto. de corte</i>				-0,02			
<hr/>							
<i>Función 4</i>							
<i>AnB</i>	0,88	16,73	***	0,18	1,00	3,62	3,48
<i>Constante</i>				-19,44		-196,45	-182,08
<i>Centroides</i>						0,34	-0,40
<i>Pto. de corte</i>				-0,06			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

TABLA 19. (continuación).

Funciones	Lambda de Wilks	F	Coef. no estandar.	Coef. estandar.	Función de clasificación		
					Hombre	Mujer	
<b>GRANADA</b>							
<i>Función 5</i>							
<i>AlBB</i>	0,69	51,52	***	0,19	1,00	4,71	4,46
<i>Constante</i>				-24,43		-314,20	-281,87
<i>Centroides</i>						0,61	-0,72
<i>Pto. de corte</i>				-0,06			
<hr/>							
<i>Función 6</i>							
<i>AIA</i>	0,80	30,00	***	0,21	1,00	5,07	4,86
<i>Constante</i>				-23,42		-285,96	-262,53
<i>Centroides</i>						0,47	-0,53
<i>Pto. de corte</i>				-0,11			
<hr/>							
<i>Función 7</i>							
<i>CH</i>	0,80	31,93	***	0,07	1,00	2,35	2,29
<i>Constante</i>				-34,27		-604,21	-569,79
<i>Centroides</i>						0,47	-0,54
<i>Pto. de corte</i>				-0,07			
<hr/>							
<i>Función 8</i>							
<i>ArT</i>	0,90	12,94	***	0,08	1,00	1,94	1,89
<i>Constante</i>				-24,21		-301,10	-285,17
<i>Centroides</i>						0,30	-0,36
<i>Pto. de corte</i>				-0,03			
<hr/>							
<i>Función 9</i>							
<i>ArST</i>	0,89	15,04	***	0,07	1,00	1,60	1,55
<i>Constante</i>				-24,07		-298,41	-281,48
<i>Centroides</i>						0,33	-0,37
<i>Pto. de corte</i>				-0,06			

Valores de  $F$  estadísticamente significativos a nivel de  $*P < 0,05$ ;  $**P < 0,01$ ;  $***P < 0,001$ . En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

**TABLA 19.** (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>	<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>		
					<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	
<b>GRANADA</b>							
<i>Función 10</i>							
<i>ArSF</i>	0,83	24,63	***	0,15	1,00	3,11	2,97
<i>Constante</i>				-19,67		-202,46	-184,75
<i>Centroides</i>						0,41	-0,49
<i>Pto. de corte</i>				-0,08			
<hr/>							
<i>Función 11</i>							
<i>ArSP</i>	0,80	30,07	***	0,12	1,00	1,76	1,65
<i>Constante</i>				-14,62		-114,53	-100,02
<i>Centroides</i>						0,47	-0,52
<i>Pto. de corte</i>				-0,05			
<hr/>							
<i>Función 12</i>							
<i>ArSE</i>	0,97	4,21	*	0,14	1,00	1,08	1,13
<i>Constante</i>				-8,16		-32,61	-35,63
<i>Centroides</i>						-0,17	0,20
<i>Pto. de corte</i>				0,03			
<hr/>							
<i>Función 13</i>							
<i>CSF</i>	0,80	29,27	***	0,21	1,00	5,04	4,83
<i>Constante</i>				-23,33		283,79	260,62
<i>Centroides</i>						0,46	-0,53
<i>Pto. de corte</i>				-0,04			
<hr/>							
<i>Función 14</i>							
<i>CSP</i>	0,79	31,42	***	0,15	1,00	2,73	2,57
<i>Constante</i>				-17,23		-157,47	-140,05
<i>Centroides</i>						0,48	-0,53
<i>Pto. de corte</i>				-0,07			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

TABLA 19. (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>	<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>		
					<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	
<b>GRANADA</b>							
<i>Función 15</i>							
<i>LC</i>	0,85	9,18 *	0,21	1,00	4,16	3,98	
<i>Constante</i>			-19,29		-194,38	-178,76	
<i>Centroides</i>					0,39	-0,42	
<i>Pto. de corte</i>			-0,03				
<hr/>							
<i>Función 16</i>							
<i>AnBic</i>	0,63	67,50 ***	0,22	1,00	6,10	5,76	
<i>Constante</i>			-27,02		384,69	-343,77	
<i>Centroides</i>					0,69	-0,82	
<i>Pto. de corte</i>			-0,13				
<hr/>							
<i>Función 17</i>							
<i>ALCS</i>	0,87	8,30 **	0,23	1,00	3,75	3,57	
<i>Constante</i>			-15,73		-130,00	-117,98	
<i>Centroides</i>					0,35	-0,42	
<i>Pto. de corte</i>			-0,07				
<hr/>							
<i>Función 18</i>							
<i>AnBio</i>	0,88	16,02 ***	0,29	1,00	7,94	7,73	
<i>Constante</i>			-26,99		-373,97	-354,20	
<i>Centroides</i>					0,34	-0,40	
<i>Pto. de corte</i>			-0,06				
<hr/>							
<i>Función 19</i>							
<i>ALN</i>	0,85	21,43 ***	0,33	1,00	5,55	5,28	
<i>Constante</i>			-16,54		-144,02	-130,09	
<i>Centroides</i>					0,39	-0,45	
<i>Pto. de corte</i>			-0,06				

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

**TABLA 19.** (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>	<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>	
					<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<b>GRANADA</b>						
<i>Función 20</i>						
<i>AnMA</i>	0,73	5,48 *	0,28	1,00	4,76	4,41
<i>Constante</i>			-16,51		-143,05	-122,80
<i>Centroides</i>					0,37	-0,88
<i>Pto. de corte</i>			-0,51			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

**TABLA 20.** Funciones del análisis discriminante univariado para la población de Coimbra.

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>		<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>	
						<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 1</i>							
<i>LMax</i>	0,84	35,74	***	0,17	1,00	5,33	5,18
<i>Constante</i>				-30,81		-488,73	-462,47
<i>Centroides</i>						0,43	-0,42
<i>Pto. de corte</i>				0,01			
<hr/>							
<i>Función 2</i>							
<i>LB</i>	0,91	20,62	***	0,25	1,00	6,47	6,31
<i>Constante</i>				-25,24		-327,48	-311,18
<i>Centroides</i>						0,33	-0,32
<i>Pto. de corte</i>				0,01			
<hr/>							
<i>Función 3</i>							
<i>AnMax</i>	0,91	18,55	***	0,20	1,00	5,14	5,02
<i>Constante</i>				-25,72		339,30	323,56
<i>Centroides</i>						0,31	-0,31
<i>Pto. de corte</i>				0,00			
<hr/>							
<i>Función 4</i>							
<i>AnFMin</i>	0,93	14,56	***	0,24	1,00	5,75	5,62
<i>Constante</i>				-23,20		-276,23	-263,68
<i>Centroides</i>						0,27	-0,27
<i>Pto. de corte</i>				0,00			
<hr/>							
<i>Función 5</i>							
<i>AnFMax</i>	0,92	17,49	***	0,21	1,00	5,03	4,91
<i>Constante</i>				-24,14		-299,24	-284,89
<i>Centroides</i>						0,30	-0,30
<i>Pto. de corte</i>				0,00			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

**TABLA 20.** (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>		<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>	
						<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 6</i>							
<i>AnB</i>	0,90	22,25	***	0,192	1,00	4,06	3,93
<i>Constante</i>				-20,77		223,32	-209,36
<i>Centroides</i>						0,33	-0,34
<i>Pto. de corte</i>				-0,01			
<hr/>							
<i>Función 7</i>							
<i>AlBB</i>	0,76	61,20	***	0,19	1,00	4,98	4,76
<i>Constante</i>				-25,32		-335,43	-307,42
<i>Centroides</i>						0,55	-0,55
<i>Pto. de corte</i>				0,00			
<hr/>							
<i>Función 8</i>							
<i>AlA</i>	0,80	50,30	***	0,21	1,00	4,96	4,75
<i>Constante</i>				-23,03		-277,54	-254,50
<i>Centroides</i>						0,50	-0,50
<i>Pto. de corte</i>				0,00			
<hr/>							
<i>Función 9</i>							
<i>CH</i>	0,83	41,11	***	0,07	1,00	2,63	2,57
<i>Constante</i>				-36,40		-680,01	-646,83
<i>Centroides</i>						0,46	-0,45
<i>Pto. de corte</i>				0,01			
<hr/>							
<i>Función 10</i>							
<i>ArT</i>	0,80	50,03	***	0,09	1,00	2,27	2,18
<i>Constante</i>				-25,91		-349,25	-323,27
<i>Centroides</i>						0,49	-0,51
<i>Pto. de corte</i>				-0,02			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

TABLA 20. (continuación).

Funciones	Lambda de Wilks	F	Coef. no estandar.	Coef. estandar.	Función de clasificación		
					Hombre	Mujer	
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 11</i>							
ArST	0,80	49,66	***	0,08	1,00	2,47	2,39
Constante				-30,03		-467,29	-437,04
Centroides						0,51	-0,49
Pto. de corte				0,02			
<hr/>							
<i>Función 12</i>							
ArSF	0,92	18,14	***	0,16	1,00	3,37	3,27
Constante				-20,54		-217,76	-205,42
Centroides						0,30	-0,30
Pto. de corte				0,00			
<hr/>							
<i>Función 13</i>							
ArSP	0,82	42,15	***	0,15	1,00	2,95	2,81
Constante				-19,24		-194,96	-176,93
Centroides						0,47	-0,47
Pto. de corte				0,00			
<hr/>							
<i>Función 14</i>							
ArSO	0,92	17,48	***	0,14	1,00	2,38	2,30
Constante				-16,60		-143,38	-133,52
Centroides						0,29	-0,30
Pto. de corte				-0,01			
<hr/>							
<i>Función 15</i>							
ArSE	0,96	7,35	**	0,12	1,00	1,02	0,97
Constante				7,99		-34,21	-31,14
Centroides						0,19	-0,19
Pto. de corte				0,00			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

**TABLA 20.** (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>		<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>	
						<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 16</i>							
<i>CSF</i>	0,90	22,09	***	0,21	1,00	5,07	4,93
<i>Constante</i>				-23,37		-281,63	-266,02
<i>Centroides</i>						0,33	-0,33
<i>Pto. de corte</i>				0,00			
<hr/>							
<i>Función 17</i>							
<i>CSP</i>	0,85	35,01	***	0,17	1,00	3,51	3,36
<i>Constante</i>				-19,78		-204,82	-188,06
<i>Centroides</i>						0,43	-0,42
<i>Pto. de corte</i>				0,01			
<hr/>							
<i>Función 18</i>							
<i>CSO</i>	0,91	18,34	***	0,21	1,00	4,29	4,17
<i>Constante</i>				-20,21		-211,11	-198,75
<i>Centroides</i>						0,31	-0,30
<i>Pto. de corte</i>				0,01			
<hr/>							
<i>Función 19</i>							
<i>CSE</i>	0,96	7,80	*	0,16	1,00	1,52	1,46
<i>Constante</i>				-9,36		-46,36	-42,63
<i>Centroides</i>						0,19	-0,20
<i>Pto. de corte</i>				-0,01			
<hr/>							
<i>Función 20</i>							
<i>AnBic</i>	0,74	68,60	***	0,20	1,00	5,08	4,85
<i>Constante</i>				-24,93		-326,02	-296,61
<i>Centroides</i>						0,58	-0,59
<i>Pto. de corte</i>				-0,01			

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

TABLA 20. (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Lambda de Wilks</i>	<i>F</i>	<i>Coef. no estandar.</i>	<i>Coef. estandar.</i>	<i>Función de clasificación</i>		
					<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	
<b>COIMBRA</b>							
<i>Función 21</i>							
<i>AICS</i>	0,95	7,25 **	0,23	1,00	3,70	3,60	
<i>Constante</i>			-15,63		-126,08	-119,24	
<i>Centroides</i>					0,20	-0,24	
<i>Pto. de corte</i>			-0,04				
<hr/>							
<i>Función 22</i>							
<i>AnO</i>	0,76	60,96 ***	0,61	1,00	11,95	11,28	
<i>Constante</i>			-19,05		-192,93	-171,84	
<i>Centroides</i>					0,56	-0,55	
<i>Pto. de corte</i>			0,01				
<hr/>							
<i>Función 23</i>							
<i>AnIO</i>	0,97	6,75 *	0,51	1,00	6,67	6,48	
<i>Constante</i>			-12,91		-86,41	-81,66	
<i>Centroides</i>					0,18	-0,19	
<i>Pto. de corte</i>			-0,01				
<hr/>							
<i>Función 24</i>							
<i>AnBio</i>	0,91	18,88 ***	0,29	1,00	7,88	7,70	
<i>Constante</i>			-27,16		-377,78	-361,14	
<i>Centroides</i>					0,30	-0,31	
<i>Pto. de corte</i>			-0,01				
<hr/>							
<i>Función 25</i>							
<i>AlN</i>	0,94	13,57 ***	0,32	1,00	5,17	5,01	
<i>Constante</i>			-16,09		-134,37	-125,99	
<i>Centroides</i>					0,26	-0,26	
<i>Pto. de corte</i>			-0,00				

Valores de *F* estadísticamente significativos a nivel de \**P* < 0,05; \*\**P* < 0,01; \*\*\**P* < 0,001. En cada paso se incluye la variable que minimiza el Lambda de Wilks

Por otro lado, cuando se comparan los porcentajes de las variables seleccionadas en el análisis multivariante con los del univariante, se puede observar que en las dos poblaciones los porcentajes encontrados en el análisis univariante son menores, o en algún caso muy similares a los obtenidos en el análisis multivariante, pero nunca mucho más grandes. Esto supone que el análisis multivariante permite clasificar a los individuos mejor que el univariante. Ello coincide con Deshmukh y Devershi (2006) quienes observan en su estudio, que el análisis univariante permite clasificar a los individuos correctamente con un porcentaje del 32,41% mientras que el multivariado lo hace con un 87,84%. Sin embargo, no hay que olvidar que en aquellos casos en los que los huesos estén fragmentados o incompletos la utilización del análisis univariante puede ser de gran ayuda.

La similitud entre los valores de los porcentajes obtenidos en la validación cruzada y los originales aporta una mayor fiabilidad a las funciones obtenidas en el análisis discriminante a la hora de ser aplicadas. Como puede comprobarse las variables de la población de Granada presentan unos porcentajes idénticos tanto en la validación cruzada como en la original excepto en el caso del arco sagital total, la cuerda sagital frontal y la altura nasal, donde los porcentajes de la validación cruzada son algo inferiores a los originales (Tabla 21). En la población de Coimbra, todas las variables muestran unos porcentajes similares tanto en la validación cruzada como original (Tabla 22). Pese a esto, se puede decir que dichas funciones mantienen una buena fiabilidad ya que la diferencia entre los porcentajes es muy pequeña.

De las dos variables seleccionadas en el análisis multivariante de la población de Granada, la anchura bicigomática es la que más contribuye, ya que por sí sola establece un 79%, un porcentaje algo

mayor al establecido por el análisis multivariado. Esto significaría que se puede utilizar únicamente esta variable a la hora de determinar el sexo, ya que el arco sagital de la escama apenas tiene peso en la función.

En el caso de la población de Coimbra, cuando se realiza esta comparación de porcentajes entre los dos análisis, se comprueba que la anchura bicigomática y la altura basio-bregma son las variables que más contribuyen al porcentaje global del análisis multivariado ya que por sí solas establecen unos porcentajes cercanos al 72%. Sin embargo, éstas no alcanzan el 80,7% determinado por el análisis multivariado. Por tanto, aunque el arco sagital de la escama y la anchura orbitaria no tienen grandes porcentajes por sí mismas, es necesario tenerlas en cuenta cuando se aplica la función obtenida en el análisis multivariante, ya que se logra mejorar el porcentaje de correcta asignación. Todo ello, implica que hay que tener cuidado a la hora de aplicar en la población de Coimbra, la función discriminante multivariada de la población de Granada, ya que no se tendrían en cuenta dos de las variables que tienen cierta importancia en la población de Coimbra, la anchura orbitaria y la altura basio-bregma.

**TABLA 21.** Evaluación de la precisión de las funciones discriminantes (modelo predictivo original) y de la técnica de validación cruzada para los resultados del análisis discriminante univariado de la población de Granada.

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>GRANADA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	48/69	69,6	42/58	72,4	70,9
<i>Validación cruzada</i>	48/69	69,6	42/58	72,4	70,9
<hr/>					
<i>Función 2</i>					
<i>Original</i>	41/62	66,1	39/56	69,6	67,8
<i>Validación cruzada</i>	41/62	66,1	39/56	69,6	67,8
<hr/>					
<i>Función 3</i>					
<i>Original</i>	42/64	65,6	33/59	55,9	61,0
<i>Validación cruzada</i>	42/64	65,6	33/59	55,9	61,0
<hr/>					
<i>Función 4</i>					
<i>Original</i>	41/66	62,1	42/57	73,7	65,7
<i>Validación cruzada</i>	41/66	62,1	42/57	73,7	65,7
<hr/>					
<i>Función 5</i>					
<i>Original</i>	49/64	76,6	39/54	72,2	74,6
<i>Validación cruzada</i>	49/64	76,6	39/54	72,2	74,6
<hr/>					
<i>Función 6</i>					
<i>Original</i>	41/64	64,1	40/56	71,4	67,5
<i>Validación cruzada</i>	41/64	64,1	39,56	69,6	66,7
<hr/>					
<i>Función 7</i>					
<i>Original</i>	42/68	61,8	40/59	67,8	64,6
<i>Validación cruzada</i>	42/68	61,8	40/59	67,8	64,6

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

TABLA 21. (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>GRANADA</b>					
<i>Función 8</i>	37/65	56,9	37/55	67,3	61,7
<i>Original</i>	37/65	56,9	37/55	67,3	61,7
<i>Validación cruzada</i>					
<hr/>					
<i>Función 9</i>					
<i>Original</i>	40/65	61,5	36/57	63,2	62,3
<i>Validación cruzada</i>	37/65	56,9	36/57	63,2	59,8
<hr/>					
<i>Función 10</i>					
<i>Original</i>	40/66	60,6	36/56	64,3	62,3
<i>Validación cruzada</i>	40/66	60,6	36/56	64,3	62,3
<hr/>					
<i>Función 11</i>					
<i>Original</i>	48/64	75,0	40/58	69,0	72,1
<i>Validación cruzada</i>	48/64	75,0	40/58	69,0	72,1
<hr/>					
<i>Función 12</i>					
<i>Original</i>	43/66	65,2	30/58	51,7	58,9
<i>Validación cruzada</i>	43/66	65,2	30/58	51,7	58,9
<hr/>					
<i>Función 13</i>					
<i>Original</i>	42/64	65,6	41/55	74,5	69,7
<i>Validación cruzada</i>	42/64	65,6	40/55	72,7	68,9
<hr/>					
<i>Función 14</i>					
<i>Original</i>	44/65	67,7	39/58	67,2	67,5
<i>Validación cruzada</i>	44/65	67,7	39/58	67,2	67,5

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

**TABLA 21.** (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>GRANADA</b>					
<i>Función 15</i>					
<i>Original</i>	20/29	69,0	19/27	70,4	69,6
<i>Validación cruzada</i>	20/29	69,0	19/27	70,4	69,6
<hr/>					
<i>Función 16</i>					
<i>Original</i>	50/64	78,1	43/54	79,6	78,8
<i>Validación cruzada</i>	50/64	78,1	43/54	79,6	78,8
<hr/>					
<i>Función 17</i>					
<i>Original</i>	20/31	64,5	18/26	69,2	66,7
<i>Validación cruzada</i>	20/31	64,5	18/26	69,2	66,7
<hr/>					
<i>Función 18</i>					
<i>Original</i>	42/65	64,6	37/55	67,3	65,8
<i>Validación cruzada</i>	42/65	64,6	37/55	67,3	65,8
<hr/>					
<i>Función 19</i>					
<i>Original</i>	45/65	69,2	38/56	67,9	68,6
<i>Validación cruzada</i>	45/65	69,2	37/56	66,1	67,8
<hr/>					
<i>Función 20</i>					
<i>Original</i>	7/12	58,3	5/5	100,0	70,6
<i>Validación cruzada</i>	7/12	58,3	5/5	100,0	70,6

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

**TABLA 22.** Evaluación de la precisión de las funciones discriminantes (modelo predictivo original) y de la técnica de validación cruzada para los resultados del análisis discriminante univariado de la población de Coimbra.

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>COIMBRA</b>					
<i>Función 1</i>					
<i>Original</i>	69/97	71,1	67/100	67,0	69,0
<i>Validación cruzada</i>	69/97	71,1	67/100	67,0	69,0
<i>Función 2</i>					
<i>Original</i>	64/98	65,3	58/100	58,0	61,6
<i>Validación cruzada</i>	64/98	65,3	58/100	58,0	61,6
<i>Función 3</i>					
<i>Original</i>	61/99	61,6	60/99	60,6	61,1
<i>Validación cruzada</i>	61/99	61,6	60/99	60,6	61,1
<i>Función 4</i>					
<i>Original</i>	67/99	67,7	59/100	59,0	63,3
<i>Validación cruzada</i>	67/99	67,7	59/100	59,0	63,3
<i>Función 5</i>					
<i>Original</i>	55/99	55,6	62/99	62,6	59,1
<i>Validación cruzada</i>	55/99	55,6	62/99	62,6	59,1
<i>Función 6</i>					
<i>Original</i>	69/100	69,0	62/97	63,9	66,5
<i>Validación cruzada</i>	69/100	69,0	62/97	63,9	66,5
<i>Función 7</i>					
<i>Original</i>	73/100	73,0	70/100	70,0	71,5
<i>Validación cruzada</i>	73/100	73,0	70/100	70,0	71,5

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

**TABLA 22.** (continuación)

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>COIMBRA</b>					
<i>Función 8</i>					
<i>Original</i>	69/101	68,3	66/100	66,0	67,2
<i>Validación cruzada</i>	69/101	68,3	66/100	66,0	67,2
<i>Función 9</i>					
<i>Original</i>	67/98	68,4	62/100	62,0	65,2
<i>Validación cruzada</i>	67/98	68,4	62/100	62,0	65,2
<i>Función 10</i>					
<i>Original</i>	63/101	62,4	67/98	68,4	65,3
<i>Validación cruzada</i>	63/101	62,4	67/98	68,4	65,3
<i>Función 11</i>					
<i>Original</i>	71/96	74,0	68/100	68,0	70,9
<i>Validación cruzada</i>	71/96	74,0	68/100	68,0	70,9
<i>Función 12</i>					
<i>Original</i>	52/101	51,5	63/100	63,0	57,2
<i>Validación cruzada</i>	52/101	51,5	63/100	63,0	57,2
<i>Función 13</i>					
<i>Original</i>	66/96	68,8	65/96	67,7	68,2
<i>Validación cruzada</i>	66/96	68,8	65/96	67,7	68,2
<i>Función 14</i>					
<i>Original</i>	62/101	61,4	59/97	60,8	61,1
<i>Validación cruzada</i>	62/101	61,4	59/97	60,8	61,1

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

TABLA 22. (continuación)

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>COIMBRA</b>					
<i>Función 15</i>					
<i>Original</i>	58/100	58,0	54/99	54,5	56,3
<i>Validación cruzada</i>	58/100	58,0	54/99	54,5	56,3
<i>Función 16</i>					
<i>Original</i>	55/99	55,6	62/99	62,6	59,1
<i>Validación cruzada</i>	55/99	55,6	62/99	62,6	59,1
<i>Función 17</i>					
<i>Original</i>	65/97	67,0	64/98	65,3	66,2
<i>Validación cruzada</i>	65/97	67,0	64/98	65,3	66,2
<i>Función 18</i>					
<i>Original</i>	56/97	57,7	60/99	60,6	59,2
<i>Validación cruzada</i>	56/97	57,7	60/99	60,6	59,2
<i>Función 19</i>					
<i>Original</i>	54/99	54,5	54/97	55,7	55,1
<i>Validación cruzada</i>	54/99	54,5	54/97	55,7	55,1
<i>Función 20</i>					
<i>Original</i>	65/100	65,0	77/97	79,4	72,1
<i>Validación cruzada</i>	65/100	65,0	77/97	79,4	72,1
<i>Función 21</i>					
<i>Original</i>	52/82	63,4	42/70	60,0	61,8
<i>Validación cruzada</i>	52/82	63,4	42/70	60,0	61,8

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

**TABLA 22.** (continuación)

<i>Funciones</i>	<i>Hombre</i>		<i>Mujer</i>		<i>Porcentaje total (%)</i>
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	
<b>COIMBRA</b>					
<i>Función 22</i>					
<i>Original</i>	64/99	64,6	73/100	73,0	68,8
<i>Validación cruzada</i>	64/99	64,6	73/100	73,0	68,8
<hr/>					
<i>Función 23</i>					
<i>Original</i>	55/101	54,5	58/98	59,2	56,8
<i>Validación cruzada</i>	55/101	54,5	58/98	59,2	56,8
<hr/>					
<i>Función 24</i>					
<i>Original</i>	65/101	64,4	62/100	62,0	63,2
<i>Validación cruzada</i>	65/101	64,4	62/100	62,0	63,2
<hr/>					
<i>Función 25</i>					
<i>Original</i>	58/101	57,4	62/99	62,6	60,0
<i>Validación cruzada</i>	58/101	57,4	62/99	62,6	60,0

*N*, indica el número de sujetos clasificados correctamente en comparación con el total de sujetos usados para la clasificación

## 12.7. GRADO DE DIMORFISMO SEXUAL

Al aplicar la fórmula del grado de dimorfismo sexual se han obtenido unos porcentajes positivos o negativos cuyo signo indica el tanto por ciento que es mayor una determinada variable en un sexo u otro.

La respuesta al por qué se encuadra dentro del grupo de los hombres cuando el resultado es positivo y en el de las mujeres cuando es negativo, está en la fórmula. Un porcentaje positivo supondría que la

media de los hombres es mayor que la de las mujeres mientras que un porcentaje negativo implicaría que la media de las mujeres fuera mayor que la de los hombres. Así por ejemplo, un porcentaje del 4,10% en la variable longitud máxima querría decir que dicha variable es un 4,10% mayor en los hombres que en las mujeres. Por el contrario, un valor de -4,42% para la variable arco sagital de la escama, indicaría que esta variable es un 4,42% mayor en las mujeres que en los hombres.

Cuando se estudia el grado de dimorfismo de las distintas variables en las dos poblaciones por separado, se ve que en la población de Granada la mayor parte de las variables presentan mayores tamaños en los hombres que en las mujeres excepto en el arco y cuerda sagital de la escama, la altura orbitaria, la altura nasal y en los índices cefálico, transverso-frontal, transverso fronto-parietal, sagital total, sagital parietal, facial superior, orbitario, nasal y fronto-cigomático (Tablas 23 y 24).

En la población de Coimbra también sucede lo mismo, excepto en los índices cefálico, transverso-frontal, transverso fronto-parietal, sagital parietal, sagital occipital, sagital de la escama, facial superior, orbitario, nasal, gnático y fronto-cigomático (Tablas 25 y 26). Los resultados de sendas poblaciones coinciden con los obtenidos en los análisis descriptivos. Esto se debe a que para calcular el grado de dimorfismo se usan las medias de cada variable según el sexo.

Por otro lado, si se estudia la clasificación de las distintas variables de la población de Granada según el sexo en el que se encuentren englobadas, se puede comprobar que de todas las variables del grupo de los hombres, la anchura maxiloalveolar y el arco sagital parietal son las que ocupan la primera y segunda posición respectivamente por presentar los porcentajes más elevados (7,97% y

7,06%), mientras que el último puesto es atribuido al índice sagital parietal con un porcentaje del 0,03% (Tabla 23).

En el grupo de las mujeres, la primera y segunda posición corresponden a la altura nasal (5,26%) y al índice frontocigomático (5,15%) mientras que la última posición es asignada a la altura orbitaria (0,34%) (Tabla 24). Así, se puede decir que la anchura maxiloalveolar es un 7,97% mayor que la de las mujeres. Por el contrario, la altura nasal es un 5,26% mayor en las mujeres que en los hombres. Los valores próximos a 0 encontrados en las variables índice sagital parietal y altura orbitaria indicarían que se trata de variables muy similares en los hombres y en las mujeres.

Cuando se analiza la clasificación de la población de Coimbra, se observa que de todas las variables que son mayores en los hombres, la anchura orbitaria y el arco sagital parietal son las que ocupan la primera y segunda posición, con unos porcentajes del 6 y del 5% respectivamente, mientras que la anchura nasal, con un 0%, aparece en la última posición (Tabla 25). En el caso de las mujeres, la primera y segunda posición son ocupadas por el índice orbitario (4,69%) y el índice nasal (3,54%) respectivamente, mientras que la última posición es adjudicada al índice transversal frontoparietal (0,04%) (Tabla 26). De este modo, la anchura orbitaria sería un 6% mayor en los hombres que en las mujeres y el índice orbitario un 4,69% superior en las mujeres que en los hombres. Nuevamente, los valores iguales a 0 ó muy próximos a él de las variables anchura nasal e índice transversal frontoparietal indicarían que se trata de variables prácticamente iguales en los dos sexos.

Si se comparan los rangos de los porcentajes en los dos sexos para la población de Granada se puede observar que el de los hombres

está entre 8-0% mientras que el de las mujeres está entre el 5-0,3% (Tablas 23 y 24). Para la población de Coimbra, estos rangos van de un 6-0% en los hombres y de un 4,7-0% en las mujeres (Tablas 25 y 26).

Así pues, de las dos poblaciones, es la de Granada la que presenta unos valores más altos en los dos sexos. Estos valores, nos indican que cuanto mayor sea el porcentaje, mayor diferencia habrá respecto a las medidas del otro sexo para esa variable. Sin embargo, esto sólo da una idea de cuánto es el porcentaje de diferencia respecto al otro sexo, pero no de si esas diferencias son lo suficientemente significativas como para considerar a una variable como dimórfica.

Por otro lado, se puede comprobar que la clasificación de las dos poblaciones no es coincidente en la mayor parte de las variables, excepto en la posición 2 (arco sagital parietal) y 16 (anchura interorbitaria) del grupo de los hombres y en la posición 10 (índice transversal frontal) del grupo de mujeres. Además, en estos casos, los porcentajes siguen siendo mayores en la población de Granada (Tablas 23, 24, 25 y 26). Estas discrepancias pueden ser debidas a las diferencias interpoblacionales, ya que no todas las poblaciones presentan ni el mismo grado de dimorfismo ni las mismas zonas dimórficas (Fernández, 2001).

**TABLA 23.** Grado de dimorfismo en la población de Granada para los hombres.

<i>Variables</i>	<i>Hombres</i>	
	<i>%</i>	<i>Clasificación</i>
<i>LMax</i>	4,10	12
<i>LB</i>	4,10	13
<i>AnMax</i>	2,28	22
<i>AnFMin</i>	0,86	29
<i>AnFMax</i>	1,54	26
<i>AnB</i>	3,89	14
<i>AIBB</i>	5,59	6
<i>AlA</i>	4,38	9
<i>CH</i>	2,98	18
<i>ArT</i>	2,76	20
<i>ArST</i>	2,97	19
<i>ArSF</i>	4,70	8
<i>ArSP</i>	7,06	2
<i>ArSO</i>	0,73	32
<i>CSF</i>	4,36	10
<i>CSP</i>	6,06	4
<i>CSO</i>	1,69	25
<i>IVL</i>	1,46	27
<i>IAl</i>	0,21	36
<i>IVT</i>	3,07	17
<i>IAT</i>	2,11	23
<i>ISF</i>	0,03	37
<i>ISO</i>	0,79	31
<i>ISE</i>	0,80	30
<i>LC</i>	4,30	11
<i>AnBic</i>	5,79	5
<i>AICS</i>	5,01	7
<i>AnO</i>	0,39	33
<i>AnIO</i>	3,39	16
<i>AnBio</i>	2,75	21
<i>AnN</i>	0,27	34
<i>LMA</i>	2,01	24
<i>AnMA</i>	7,97	1
<i>II</i>	0,95	28
<i>IMA</i>	6,31	3
<i>ITCF</i>	3,75	15
<i>IG</i>	0,26	35

**TABLA 24.** Grado de dimorfismo en la población de Granada para las mujeres.

<i>Variables</i>	<i>Mujeres</i>	
	<i>%</i>	<i>Clasificación</i>
<i>ArSE</i>	-4,42	4
<i>CSE</i>	-2,59	5
<i>IC</i>	-1,33	8
<i>ITF</i>	-0,78	10
<i>ITFP</i>	-1,51	6
<i>IST</i>	-1,40	7
<i>ISP</i>	-0,63	12
<i>AIO</i>	-0,34	13
<i>AIN</i>	-5,26	1
<i>IFS</i>	-1,26	9
<i>IO</i>	-0,74	11
<i>IN</i>	-4,55	3
<i>IFC</i>	-5,15	2

**TABLA 25.** Grado de dimorfismo en la población de Coimbra para los hombres.

<i>Variables</i>	<i>Hombres</i>	
	<i>%</i>	<i>Clasificación</i>
<i>LMax</i>	2,8	18
<i>LB</i>	2,59	20
<i>AnMax</i>	2,41	23
<i>AnFMin</i>	2,36	24
<i>AnFMax</i>	2,49	22
<i>AnB</i>	3,30	12
<i>AIBB</i>	3,86	9
<i>AlA</i>	4,47	5
<i>CH</i>	2,53	21
<i>ArT</i>	3,95	8
<i>ArST</i>	3,41	11
<i>ArSF</i>	2,97	15
<i>ArSP</i>	5	2
<i>ArSO</i>	3,65	10
<i>ArSE</i>	4,93	3
<i>CSF</i>	2,90	17
<i>CSP</i>	4,38	6
<i>CSO</i>	3,07	14
<i>CSE</i>	4,36	7
<i>IVL</i>	1,45	29
<i>IAL</i>	1,37	30
<i>IVT</i>	1,86	27
<i>IAT</i>	1,80	28
<i>IST</i>	0,82	33
<i>ISF</i>	0,09	38
<i>LC</i>	0,72	35
<i>AnBic</i>	4,86	4
<i>AICS</i>	2,83	19
<i>AnO</i>	6	1
<i>AIO</i>	1,08	32
<i>AnIO</i>	2,92	16
<i>AnBio</i>	2,28	26
<i>AnN</i>	0	39
<i>AlN</i>	3,29	13
<i>LMA</i>	1,23	31
<i>AnMA</i>	0,77	34
<i>II</i>	0,59	37
<i>IMA</i>	0,6	36
<i>ITCF</i>	2,34	25

**TABLA 26.** Grado de dimorfismo en la población de Coimbra para las mujeres.

<i>Variables</i>	<i>Mujeres</i>	
	<i>%</i>	<i>Clasificación</i>
<i>IC</i>	-0,47	7
<i>ITF</i>	-0,37	11
<i>ITFP</i>	-0,04	10
<i>ISP</i>	-0,44	8
<i>ISO</i>	-0,49	6
<i>ISE</i>	-0,43	9
<i>IFS</i>	-2,09	4
<i>IO</i>	-4,69	1
<i>IN</i>	-3,54	2
<i>IG</i>	-2,02	5
<i>IFC</i>	-2,31	3

## 12.8. REGRESIÓN LOGÍSTICA

Para comprobar si el análisis discriminante era el mejor método a la hora de determinar el sexo de un individuo, se procedió a realizar un análisis de regresión logística en cada una de las dos poblaciones, que permitiese comparar los dos métodos y determinar el mejor de ellos. Para ello, se han empleado las mismas variables que en el análisis discriminante, separándolas en primer lugar en función de la región craneal (neurocráneo y esplacnocráneo) y posteriormente con cada una de ellas individualmente.

La regresión logística crea unos coeficientes para cada una de las variables incluidas en el modelo y una constante. Para que este modelo proporcione directamente la probabilidad de pertenecer a cada uno de los grupos, es necesario transformar la función obtenida en un modelo lineal de las variables independientes, denominado *logit* ( $L_i$ ).

$$L_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

Donde  $\beta_0$  es el valor de la constante,  $\beta_1$  es el valor del primer coeficiente y  $X_1$  es la primera medida, etc. De este modo, el valor de *logit* permite calcular la probabilidad de pertenecer al sexo femenino usando la función  $p_f = 1/(1 + e^{-L_i})$  y la probabilidad de pertenecer al sexo masculino mediante  $p_m = 1 - p_f$ . Con todo ello, se puede predecir a qué grupo pertenece el sujeto de estudio a partir de las funciones *logit* obtenidas. Para ello, hay que multiplicar el valor de cada variable que se incluye en la función, por su correspondiente coeficiente y sumarle el valor de la constante. Así, si  $p_f > 0,5$  el individuo será considerado femenino, mientras que si  $p_f < 0,5$  será masculino. Sendos valores deben estar entre 0-1, siendo 0 la mayor probabilidad de que pertenezca al grupo de los hombres y 1 al de las mujeres.

Los resultados de la regresión logística realizada con las variables del neurocráneo, demuestran que en la población de Granada son la longitud craneal máxima, la altura basio-bregma y los arcos sagitales de la escama y total, las variables seleccionadas, mostrando un porcentaje del 85,7%, mientras que en la población de Coimbra son la altura basio-bregma y los arcos sagitales parietal y total con un porcentaje del 72,8% (Tabla 27). En el caso de la población de Granada, tanto los hombres como las mujeres presentan el mismo porcentaje de clasificación (85,7%) y en la de Coimbra difieren mínimamente (Tabla 27). Esto significaría que la región del neurocráneo permite clasificar ambos sexos con la misma probabilidad, en cualquiera de las dos poblaciones. Además, ambas poblaciones coinciden en dos variables, la altura basio-bregma y el arco sagital total. Todas estas coincidencias nuevamente indicarían, por un lado, que estas variables son las más

dimórficas y por otro, que sendas poblaciones presentan características similares.

En el caso del esplanocráneo, la anchura bicigomática se selecciona en las dos poblaciones, como la mejor y única variable para determinar el sexo, con un porcentaje del 94,1% para la población de Granada y del 85,7% para la población de Coimbra (Tabla 28). Si se comparan los porcentajes obtenidos en cada sexo, se puede ver que las mujeres de la población de Granada son clasificadas con una probabilidad del 100% mientras que la de los hombres es algo inferior (Tabla 29). En ambos sexos hay una probabilidad bastante alta, lo que indicaría el alto grado de dimorfismo de esta variable. Sin embargo, los porcentajes obtenidos para cada sexo en la población de Coimbra difieren sustancialmente de los encontrados en la población de Granada, por ser bastante inferiores (76,4% para los hombres y un 63,6% para las mujeres).

A nivel general, parece que los porcentajes de la población de Granada son mayores a los de Coimbra, lo que indicaría que la primera es más dimórfica y por tanto, permite determinar el sexo con mayor facilidad. A diferencia de los resultados obtenidos en el análisis discriminante, y pese a la separación de las variables según la zona craneal, se puede comprobar que estos nuevos porcentajes se asimilan más a los encontrados por Hanihara (1959), Giles y Elliot (1963) y Song (1992) ya que se aproximan al 90%.

**TABLA 27.** Funciones del análisis de regresión logística para la población de Granada y Coimbra en la región del neurocráneo.

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>GRANADA</b>			
<i>Función 1</i>			
<i>LMax</i>	-0,36	53,8	85,7
<i>AIBB</i>	-0,39		
<i>ArST</i>	0,94		
<i>ArSE</i>	0,13		
<i>Constante</i>	73,51		
<b>COIMBRA</b>			
<i>Función 1</i>			
<i>AIBB</i>	-0,11	50,9	72,8
<i>ArST</i>	-0,04		
<i>ArSP</i>	-0,8		
<i>Constante</i>	41,41		

**TABLA 28.** Funciones del análisis de regresión logística para la población de Granada y Coimbra en la región del esplacnocráneo.

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>GRANADA</b>			
<i>Función 1</i>			
<i>AnBic</i>	8,99	70,6	94,1
<i>Constante</i>	1097,89		
<b>COIMBRA</b>			
<i>Función 1</i>			
<i>AnBic</i>	-0,22	56,7	70,9
<i>Constante</i>	26,98		

Si comparamos los resultados encontrados en el análisis discriminante de la región del esplanocráneo y neurocráneo con los de la regresión logística, se puede ver que hay una gran coincidencia entre ambos, lo que permite corroborar los resultados anteriores. Solamente se eliminan las variables altura auricular, circunferencia horizontal y anchura orbitaria y en algún caso, se incorpora una nueva variable (Tabla 29).

Al comparar los porcentajes obtenidos en el análisis discriminante con los de la regresión logística se puede ver que éste último aumenta claramente los porcentajes de correcta asignación en todos los casos, excepto en lo referente al esplanocráneo de la población de Coimbra (Tabla 29). Esto indicaría, por un lado, que el método de regresión logística es mejor que el análisis discriminante, ya que permite obtener mayores porcentajes y por otro, que la anchura orbitaria participa de forma significativa en el aumento del porcentaje de correcta asignación, ya que cuando ésta es eliminada, disminuye el porcentaje.

Cuando se analizan los porcentajes de correcta asignación para cada sexo, se puede ver que en el análisis discriminante, estos porcentajes son mayores en las mujeres que en los hombres en cualquiera de las dos regiones y en las dos poblaciones, excepto en el caso de la región neurocraneal de la población de Coimbra. No ocurre lo mismo cuando se comparan los porcentajes obtenidos en la regresión logística. Como se ha visto anteriormente, las mujeres de Coimbra siguen presentando mayores porcentajes tanto a nivel del esplanocráneo como del neurocráneo. Sin embargo, en la población de Granada, a nivel del esplanocráneo las mujeres siguen presentando porcentajes más altos, mientras que a nivel del neurocráneo los porcentajes de ambos sexos son iguales.

Por tanto, se puede decir que independientemente del método de estudio y de la población, la región del esplanocráneo presenta mayor dimorfismo en las mujeres que en los hombres. Esto concordaría con lo descrito por autores como Lewontin (1972), Ryman et al., (1983) y Jorde et al., (2000) que afirman que las diferencias interpoblacionales son menores que las intrapoblacionales. En cambio, las diferencias encontradas en el neurocráneo según el sexo, pueden ser ocasionadas por las diferentes variables seleccionadas en los distintos análisis y por consiguiente, por la mayor o menor contribución de cada una de ellas.

**TABLA 29.** Evaluación de la precisión de los resultados del análisis discriminante y de la regresión logística para la región del neurocráneo y esplacnocráneo de la población de Granada y de Coimbra.

<i>Región</i>	<i>Población</i>	<i>Análisis discriminante</i>		<i>Regresión logística</i>			
		<i>Variable</i>	<i>% sexo</i>	<i>Variable</i>	<i>% sexo</i>		
<b>NEUROCRÁNEO</b>	<b>Granada</b>	<i>LMax</i>	Hombre	74,6	<i>LMax</i>	Hombre	85,7
		<i>AIBB</i>			<i>AIBB</i>		
		<i>AIA</i>			<i>ArST</i>		
		<i>ArST</i>	Mujer	82,4	<i>ArSE</i>	Mujer	85,7
		<i>ArSE</i>					
			Total	78,2	Total	85,7	
	<b>Coimbra</b>	<i>CH</i>	Hombre	71	<i>AIBB</i>	Hombre	72,9
		<i>ArSP</i>	Mujer	70,8	<i>ArST</i>	Mujer	72,7
					<i>ArSP</i>		
			Total	70,9	Total	72,8	
<b>ESPLACNOCRÁNEO</b>	<b>Granada</b>	<i>AnBic</i>	Hombre	68,8	<i>AnBic</i>	Hombre	91,7
			Mujer	79,6		Mujer	100
			Total	73,7		Total	94,1
	<b>Coimbra</b>	<i>AnBic</i>	Hombre	74,3	<i>AnBic</i>	Hombre	76,4
		<i>AnO</i>	Mujer	75,7		Mujer	63,6
			Total	75		Total	70,9

La regresión logística, realizada de forma individual con cada una de las variables, ha permitido obtener 20 funciones en la población de Granada y 25 en la de Coimbra. Los resultados de los análisis muestran que aunque en ambas poblaciones los valores de los porcentajes son diferentes, la anchura bicigomática es la variable que adquiere un mayor porcentaje (Tablas 30 y 31). Estos resultados

coinciden con los obtenidos en el análisis discriminante, lo que demuestra nuevamente que la anchura bicigomática es una de las mejores variables para determinar el sexo.

**TABLA 30.** Funciones del análisis de regresión logística univariado para la población de Granada.

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>GRANADA</b>			
<i>Función 1</i>			
<i>LMax</i>	0,19	54,3	69,3
<i>Constante</i>	-33,67		
<hr/>			
<i>Función 2</i>			
<i>LB</i>	0,21	52,5	67,8
<i>Constante</i>	-20,48		
<hr/>			
<i>Función 3</i>			
<i>AnMax</i>	0,11	52	61
<i>Constante</i>	-15,15		
<hr/>			
<i>Función 4</i>			
<i>AnB</i>	0,14	53,7	68,3
<i>Constante</i>	-14,52		
<hr/>			
<i>Función 5</i>			
<i>AlBB</i>	0,24	54,2	74,6
<i>Constante</i>	-31,5		
<hr/>			
<i>Función 6</i>			
<i>AlA</i>	0,21	53,3	65
<i>Constante</i>	-23,66		
<hr/>			
<i>Función 7</i>			
<i>CH</i>	0,01	53,5	65,4
<i>Constante</i>	-33,69		

TABLA 30. (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>GRANADA</b>			
<i>Función 8</i>			
<i>ArT</i>	0,05	54,2	58,3
<i>Constante</i>	-16,26		
<i>Función 9</i>			
<i>ArST</i>	0,05	53,3	63,9
<i>Constante</i>	-17,11		
<i>Función 10</i>			
<i>ArSF</i>	0,14	54,1	66,4
<i>Constante</i>	-17,79		
<i>Función 11</i>			
<i>ArSP</i>	0,11	52,5	72,3
<i>Constante</i>	-14,17		
<i>Función 12</i>			
<i>ArSE</i>	-0,05	53,2	60,5
<i>Constante</i>	3,18		
<i>Función 13</i>			
<i>CSF</i>	0,21	53,8	71,4
<i>Constante</i>	-23,44		
<i>Función 14</i>			
<i>CSP</i>	0,15	52,8	69,9
<i>Constante</i>	-16,96		
<i>Función 15</i>			
<i>LC</i>	0,18	51,8	69,6
<i>Constante</i>	-16,07		
<i>Función 16</i>			
<i>AnBic</i>	0,36	54,2	78,8
<i>Constante</i>	-44,24		

**TABLA 30.** (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>GRANADA</b>			
<i>Función 17</i>			
<i>AlCS</i>	0,18	54,4	59,6
<i>Constante</i>	-12,11		
<hr/>			
<i>Función 18</i>			
<i>AnBio</i>	0,21	54,2	64,2
<i>Constante</i>	-19,36		
<hr/>			
<i>Función 19</i>			
<i>AlN</i>	0,28	53,7	66,1
<i>Constante</i>	-13,93		
<hr/>			
<i>Función 20</i>			
<i>AnMA</i>	0,46	70,6	76,5
<i>Constante</i>	-25,55		

**TABLA 31.** Funciones del análisis de regresión logística univariado para la población de Coimbra.

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>COIMBRA</b>			
<i>Función 1</i>			
<i>LMax</i>	0,14	50,8	69
<i>Constante</i>	-26,18		
<hr/>			
<i>Función 2</i>			
<i>LB</i>	0,16	50,5	61,6
<i>Constante</i>	-16,21		
<hr/>			
<i>Función 3</i>			
<i>AnMax</i>	0,12	50	61,1
<i>Constante</i>	-16,00		
<hr/>			
<i>Función 4</i>			
<i>AnFMin</i>	-0,13	50,3	63,3
<i>Constante</i>	12,57		
<hr/>			
<i>Función 5</i>			
<i>AnFMax</i>	-0,12	50	59,1
<i>Constante</i>	14,38		
<hr/>			
<i>Función 6</i>			
<i>AnB</i>	0,13	50,8	66,5
<i>Constante</i>	-13,94		
<hr/>			
<i>Función 7</i>			
<i>AIBB</i>	0,21	50	71,5
<i>Constante</i>	-28,28		
<hr/>			
<i>Función 8</i>			
<i>ALA</i>	0,21	50,2	67,2
<i>Constante</i>	-22,91		
<hr/>			
<i>Función 9</i>			
<i>CH</i>	0,06	50,5	67,7
<i>Constante</i>	-33,36		

**TABLA 31.** (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>COIMBRA</b>			
<i>Función 10</i>			
<i>ArT</i>	0,08	50,8	67,3
<i>Constante</i>	-26,21		
<hr/>			
<i>Función 11</i>			
<i>ArST</i>	0,08	51	68,9
<i>Constante</i>	-30,56		
<hr/>			
<i>Función 12</i>			
<i>ArSF</i>	0,09	50,2	59,2
<i>Constante</i>	-12,51		
<hr/>			
<i>Función 13</i>			
<i>ArSP</i>	0,14	50	68,2
<i>Constante</i>	-17,89		
<hr/>			
<i>Función 14</i>			
<i>ArSO</i>	-0,08	50,5	58,2
<i>Constante</i>	9,90		
<hr/>			
<i>Función 15</i>			
<i>ArSE</i>	0,05	50,3	56,3
<i>Constante</i>	-15,75		
<hr/>			
<i>Función 16</i>			
<i>CSF</i>	0,14	50	59,1
<i>Constante</i>	-15,75		
<hr/>			
<i>Función 17</i>			
<i>CSP</i>	0,15	50,3	66,7
<i>Constante</i>	-16,64		
<hr/>			
<i>Función 18</i>			
<i>CSO</i>	-0,13	50,5	58,2
<i>Constante</i>	12,54		

TABLA 31. (continuación).

<i>Funciones</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>% sin variables seleccionadas</i>	<i>% con variables seleccionadas</i>
<b>COIMBRA</b>			
<i>Función 19</i>			
<i>CSE</i>	-0,06	50,5	57,1
<i>Constante</i>	3,75		
<i>Función 20</i>			
<i>AnBic</i>	0,23	58,8	72,6
<i>Constante</i>	-28,95		
<i>Función 21</i>			
<i>AICS</i>	0,10	53,9	57,9
<i>Constante</i>	-6,72		
<i>Función 22</i>			
<i>AnO</i>	-0,70	50,3	69,3
<i>Constante</i>	21,81		
<i>Función 23</i>			
<i>AnIO</i>	-0,19	50,8	55,3
<i>Constante</i>	4,77		
<i>Función 24</i>			
<i>AnBio</i>	0,18	50,2	63,7
<i>Constante</i>	-16,61		
<i>Función 25</i>			
<i>AlN</i>	0,16	50,5	59,5
<i>Constante</i>	-8,40		



# 13

## CONCLUSIONES

1. Ambas poblaciones presentan una tipología muy similar; se trata de individuos con cráneos largos, medianos, con crestas divergentes, abombados, de frontal ancho, de cara mediana y estrecha, órbitas altas, nariz estrecha, región maxiloalveolar ancha y de perfil verticalizado.
2. La edad no influye de forma significativa en los cambios que se producen en el cráneo a lo largo de la vida, excepto en la altura de la cara superior y la anchura nasal. Por ello las funciones discriminantes, en ausencia de estas variables, pueden ser aplicadas, independientemente de la edad asignada a los restos y sin necesidad de aplicar ningún factor de corrección.
3. Los valores medios masculinos de ambas poblaciones son mayores que los femeninos en la mayoría de las variables analizadas.
4. En la población de Granada, las únicas variables que no muestran diferencias significativas entre sexos ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) son las variables: 9, 10, 28.1, 31.1, 50, 51, 52, 54, 60, I1, I2, I4, I12, I13, I22, I24, I25, I26, I39, I42, I54, I60 (según la numeración de martin y Knusmann, 1998).

5. En la población de Coimbra las únicas variables que no muestran diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) son las variables: 40, 52, 54, 60, 61, I12, I13, I25, I26, I46a, I54 (según la numeración de Martin y Knusmann, 1988).
6. La población de Coimbra es más dimórfica que la de Granada.
7. El análisis multivariado permite clasificar a los individuos mejor que el univariado con un porcentaje de correcta asignación del sexo del 77% para la población de Granada y del 80.7% para la población de Coimbra.
8. La función discriminante multivariada de la población de Granada es aplicable a la población de Coimbra pero con cierta precaución, ya que no se tendrían en cuenta dos variables que tienen cierta importancia en la población de Coimbra, la anchura orbitaria y la altura basio-bregma.
9. El método de regresión logística es el mejor método para determinar el sexo de un individuo ya que proporciona porcentajes de correcta asignación mayores que el análisis discriminante.
10. La similitud entre las dos poblaciones tanto a nivel métrico como tipológico hace que se pueda concluir que se trata de poblaciones muy semejantes cuyas pequeñas diferencias pueden ser debidas a la variabilidad intragrupal.
11. Parece evidente que sea cual sea el método empleado la anchura bicigomática es el mejor indicador del sexo.

# 14

## CONCLUSIONS

1. Both populations, have a similar typology, individuals have long, medium, with divergent ridges, curved skulls, wide frontal, medium and narrow face, tall orbits, narrow nose, wide maxiloalveolar region and verticalised profile.
2. Age does not influence significantly in the changes of the crania with the exception upper facial height and nasal breadth so discriminant functions can be applied without a correction factor.
3. In both populations, the most of the mean values were significantly higher in males than in females.
4. In Granada population, the variables: 9, 10, 28.1, 31.1, 50, 51, 52, 54, 60, I1, I2, I4, I12, I13, I22, I24, I25, I26, I39, I42, I54, I60 (Martin and Knusmann, 1988) do not significantly differ between sexes.
5. In Coimbra population the variables: 40, 52, 54, 60, 61, I12, I13, I25, I26, I46a, I54 (Martin and Knusmann, 1988) do not significantly differ between sexes.

6. Sexual dimorphism is greater in Coimbra population than in Granada population.
7. The classification percentage of multivariate functions is higher than the percentage of univariate functions, so the correct classification is better in multivariate functions. The cross-validation procedure showed a mean reliability of 77% (in Granada population) and 80,7% (in Coimbra population).
8. The equations developed for Granada population can be applied in Coimbra population. However, it must be done with caution because orbital breadth and basio-bregmatic height do not appear in those functions.
9. Logistic regression analysis is better than discriminant function models. The highest percentage of correct sex determination is obtained with logistic regression analysis.
10. Both populations have similar metric and typological characteristics. The differences could be found by the intrapopulation variability.
11. Bizygomatic breadth is the best variable in discriminant analysis and logistic regression.

# 15

## BIBLIOGRAFÍA

- Akgül AA, Toygar TU (2002) Natural craniofacial changes in the third decade of life: a longitudinal study. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics* 122(5):512-522
- Alcaide R (1999) La introducción y el desarrollo del higienismo en España durante el siglo XIX. Precursores, continuadores y marco legal de un proyecto científico y social. *Scripta Nova* 50
- Alemán I (1997) Determinación del sexo en restos esqueléticos. Estudio de una población mediterránea actual. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. Granada
- Alemán I, Botella MC, Souich HP du (1999) Aplicación de las funciones discriminantes en la determinación del sexo. *Estudios de Antropología Biológica IX*. Instituto de Investigaciones Antropológicas. UNAM. México, págs.221-230
- Antona AM, Pérez S, González A, Rodríguez AI, Rascón J, Rodríguez FJ (2001) Limitaciones en la aplicación de las fórmulas discriminantes del astrágalo y del calcáneo para la determinación del sexo. VI Congreso Nacional de Paleopatología, págs.322-328
- Armelagos G, Van Gorven P (1980) Sexual dimorphism and human evolution. *Journal of Human Evolution* 9:437-446

- Armitage P (1998) Correlation. En: Armitage P, Colton T (eds) Encyclopedia of Biostatistics. Chichester: John Wiley and Sons, New York, págs. 974-975
- Bass W (1971) Human osteology: a laboratory and field manual of the human skeleton. Missouri Archaeological Society, Missouri
- Baughan B, Demirjian A (1978) Sexual dimorphism in the growth of the cranium. American Journal of Physical Anthropology 49:383-990
- Berge C, Penin X (2004) Ontogenetic allometry, heterochrony, and interspecific differences in the skull of african apes, using tridimensional procrustes analysis. American Journal of Physical Anthropology 124:124-138
- Berger H (1938) Constitution, heredity and orthodontia. American Journal of Orthodontics and Oral Surgery 24:136-150
- Berger H (1940) Constitutional aspects of orthodontic problems. American Journal of Orthodontics and Oral Surgery 26:566-583
- Bibby RE (1979) A cephalometric study of sexual dimorphism. American Journal of Orthodontics 76(3):256-259
- Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. The Lancet 1: 307-310
- Bland JM, Altman DG (1990) A note of the use of the intraclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement. Computers in Biology and Medicine 20(5): 337-340

- Bland JM, Altman DG (2007) Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual. *Journal of Biopharmaceutical Statistics* 17(4): 571–582
- Boas F (1912) Changes in the bodily form of descendants of immigrants. *American Anthropology* 14(3): 530–562
- Bocquet-Appel JP (1984) Biological evolution and history in 19<sup>th</sup> century Portugal. En: Van Vark GN, Howells WW (eds) *Multivariate statistical methods in Physical Anthropology*. Dordrecht, págs.289-322
- Bolk L (1915) On the premature obliterations of sutures in the human skull. *American Journal of Anatomy* 17:495-523
- Bondevik O (1995) Growth changes in the cranial base and the face: a longitudinal cephalometric study of linear and angular changes in adult Norwegians. *European Journal of Orthodontics* 17(6):525-532
- Borgognini-Tarli SM, Repetto E (1986) Methodological considerations on the study of sexual dimorphism in past human populations. *Human Evolution* 1(1):51-66
- Boyd JD, Trevor JC (1953) Ages and stature from skeletal material. En: Simpson K (ed) *Modern trends in forensic medicine*. Butterworth, London, págs.133-152
- Brace CL (1973) Sexual dimorphism in human evolution. En: Brace CL, Metress J (eds) *Man in Evolutionary Perspective*. John Wiley and Sons, New York, págs. 238-254

- Brenda A, Williams BA, Tracy L, Rogers TL (2006) Evaluating the accuracy and precision of cranial morphological traits for sex determination. *Journal of Forensic Science* 51:729-735 DOI: 10.1111/j.1556-4029.2006.00177.x
- Brothwell DR (1987) Desenterrando huesos. La excavación, tratamiento y estudio de los restos del esqueleto humano. Fondo de cultura económica, México
- Bruzek J (1984) Dimorphisme sexual de l'os coxal de l'Homme du point de vue ontogénique et phylogénique. Thèse de Doctorat. Université Charles, Prague
- Bruzek J (1991) Fiabilité des procédés de détermination du sexe à partir de l'os coxal. Implications à l'étude du dimorphisme sexuel de l'homme fossile. Thèse de Doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris
- Bruzek J, Murail P (2006) Methodology and reliability of sex determination from the skeleton. En: Schmitt A, Cunha E, Pinheiro J (eds) *Forensic Anthropology and Medicine: Complementary Sciences from Recovery to Cause of Death*. Humana Press Inc. Totowa, NJ, págs.225-242
- Buikstra JE, Frankenberg SR, Konigsberg LW (1990) Skeletal biological distance studies in american physical anthropology: recent trends. *American Journal of Physical Anthropology* 82: 1-7
- Buikstra JE, Ubelaker DH (1994) Standars for data collection from human skeletal remains. *Arkansas Archeological Survey Research Series*, Fayetteville, USA, pág.44

- Cameron J (1929) Craniometric memoirs. The proportion between the nasion-alveolar height and the nasal width: a new cranial index and its significance. *Journal of Anatomy* 63(4):412-424
- Carpenter JC (1976) A comparative study of metric and non-metric traits in a series of modern crania. *American Journal of Physical Anthropology* 45(2): 337-343
- Carlson BM (1999) *Human embryology and developmental biology*. Mosby Elsevier, Philadelphia
- Carson EA (2006) Maximum likelihood estimation of human craniometric heritabilities. *American Journal of Physical Anthropology* 131:169–180
- Cheverud JM, Buikstra JE (1982) Quantitative genetics of skeletal nonmetric traits in the rhesus macaques of cayo Santiago. III. Relative heritability of skeletal nonmetric and metric traits. *American Journal of Physical Anthropology* 59:151–155
- Cheverud JM, Dow MM, Leutenegger W (1985) The quantitative assessment of phylogenetic constraints in comparative analysis: sexual dimorphism in body weight among primates. *Evolution* 38:1335-1351
- Cheverud JM (1988) A comparison of genetic and phenotypic correlations. *Evolution* 42:958–968
- Cunha E (1989) Cálculo de funções discriminantes para a diagnose sexual do crânio. Trabalho de síntese apresentado para prestação de provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. Instituto de Antropologia, Universidad de Coimbra

- Cunha E, Van Vark GN (1991) The construction of sex discriminant functions from a large collection of skulls of known sex. *International Journal of Anthropology* 6(1):53-66
- Dahinten SL, Pucciarelli HM (1986) Variations in sexual dimorphism in the skulls of rats subjected to malnutrition, castration, and treatment with gonadal hormones. *American Journal of Physical Anthropology* 71:63-7
- De Vore I, Washburn S (1963) Baboon ecology and human evolution. En: Korn N, Thompson F (eds) *Human evolution*, Holt, Rienhart and Winston, New York, págs. 136-160
- Deshmukh AG, Devershi DB (2006) Comparison of cranial sex determination by univariate and multivariate analysis. *Journal of Anatomical Society of India* 55(2):48-5
- DiBennardo R, Taylor JV (1983) Multiple discriminant function analysis of sex and race in the postcranial skeleton. *American Journal of Physical Anthropology* 61:305-314
- Dureau A (1973) Des caractères sexuels du crâne humain. *Revue D'Anthropologie* 2:475-487
- Enlow DH (1989) *Handbuch des gesichtswachstums*. Quintessenz Verlag, Berlín, pág.172
- Falconer DS (1985) *Introduction to quantitative genetics*. Logman, London
- Ferembarch D (1974) *Techniques anthropologiques, I. Craniologie*. Laboratoire Broca, École Pratique des Hautes Études, Laboratoire d'Anthropologie Biologique, Paris

- Ferembarch D (1979) Workshop of European Anthropologist. *Journal of Human Evolution*
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stoukal M (1980) Recommendations for age and sex diagnosis of skeletons. *Journal of Human Evolution* 9: 517-549
- Fernández MG (2001) Análisis morfométrico de una colección de cráneos del Museo de Antropología de la Escuela de Medicina Legal. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid
- Fernández MG (2007) Análisis discriminantes en la biomecánica del cráneo. *Biomecánica* 16(1): 58-62
- Fleiss JL (1986) *The design and analysis of clinical experiments*. Wiley Classics Library, New York
- Forsberg CM, Eliasson S, Westergren H (1991) Face height and tooth eruption in adults – a 20 year follow-up investigation. *European Journal of Orthodontics* 13: 249-254
- Franklin D, Freedman L, Milne N (2005) Sexual dimorphism and discriminant function sexing in indigenous south african crania. *Homo* 55:213-28
- Frayser DW (1980) Sexual dimorphism and cultural evolution in the late pleistocene and holocene of Europe. *Journal of Human Evolution* 9:399-415
- Frayser DW, Wolpoff MH (1985) Sexual dimorphism. *Annual Review of Anthropology* 14:429-73

- Giles E, Elliot O (1963) Sex determination by discriminant function analysis of crania. *American Journal of Physical Anthropology* 21: 53-68
- Golden MH (1994) Is complete catch-up possible for stunted malnourished children? *European Journal of Clinical Nutrition* 48(1):S58-70
- Goldstein MS (1936) Changes in dimensions and form of the face and head with age. *American Journal of Physical Anthropology* 22(1):37-89
- González PN, Bernal V, Pérez SI (2009) Analysis of sexual dimorphism of craniofacial traits using geometric morphometric techniques. *International Journal of Osteoarchaeology* 21(1):82-91 DOI: 10.1002/oa.1109
- Guglielmino-Matessi CR, Gluckman P, Cavalli-Sforza LL (1979) Climate and the evolution of skull metrics in man. *American Journal of Physical Anthropology* 50: 549-564
- Hamilton M (1982) Sexual dimorphism in skeletal samples. En: Hall RL (ed) *Sexual dimorphism in Homo sapiens: a question of size*. Praeger, New York, págs.107-163
- Hanihara K (1959) Sex diagnosis of Japanese skulls and scapulae by means of discriminant function. *Journal of the Anthropological Society of Nippon* 67(722): 21 - 27
- Hauser G, De Stefano GF (1989) *Epigenetic variants of the human skull*. Schweizerbart-Stuttgart

- Hiernaux J (1963) Heredity and environment: their influence on human morphology. A comparison of two independent lines of study. *American Journal of Physical Anthropology* 21:575-89
- Hoffmann FW, Bailey WG (1992) *Mind and Society Fads*. The Haworth Press, New York
- Holden C, Mace R (1999) Sexual dimorphism in stature and women's work: a phylogenetic cross-cultural analysis. *American Journal of Physical Anthropology* 110:27-45
- Howells WW (1989) Skulls shapes and the map: craniometric analysis in the dispersion of modern homo. Paper of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University Press, Cambridge, 79:187
- Hrdlicka A (1952) *Practical Anthropometry*. The Wistar Institute of Anatomy and Biology, Philadelphia, págs.1-119
- Hulley SB, Martin JN, Cummings SR (2001) Planning the measurements: precision and accuracy. En: Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady D, Hearst N, Newman TB (eds) *Designing clinical research: an epidemiologic approach*. Baltimore, Williams and Wilkins, Philadelphia, págs.37-49
- Humphrey LT (1998) Growth patterns in the modern human skeleton. *American Journal of Physical Anthropology* 105:57-72
- Israel H (1973) Age factor and the pattern of change in craniofacial structures. *American Journal of Physical Anthropology* 24:29-34

Jiménez-Brobeil SA (2010) 25 años de estudios osteológicos en Andalucía. Evolución y perspectivas. I Congreso de Prehistoria y Arqueología de Andalucía en Homenaje a Luis Siret

Jorde LB, Watkins WS, Bamshad MJ, Dixon ME, Ricker CE, Seielstad MT, Batzer MA (2000) The distribution of human genetic diversity: a comparison of mitochondrial, autosomal and Y-chromosome data. *American Journal of Human Genetics* 66(3):979-988

Kajanoja P (1966) Sex determination of finnish crania by discriminant function analysis. *American Journal of Physical Anthropology* 24: 29-34

Kalmey JK, Rathbun TA (1996) Sex determination by discriminant function analysis of the petrous portion of the temporal bone. *Journal of Forensic Science* 41:865-7

Keen JA (1950) A study of the differences between male and female skulls. *American Journal of Physical Anthropology* 8:65-79

Kemkes A, Gobel T (2006) Metric assessment of the "mastoid triangle" for sex determination: a validation study. *Journal of Forensic Science* 57:985-9

Kimmerle EH, Ross A, Slice D (2008) Sexual dimorphism in America: geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *Journal of Forensic Science* 53(1):54-57

Knussmann R (1988) *Lehrbuch der Anthropologie und Humangenetik*. G.Fischer, Stuttgart, New York

- Kohn LAP (1991) The role of genetics in craniofacial morphology and growth. *Annual Review of Anthropology* 20:261–278
- Krenzer U (2005) Caracterización biométrica de cráneos guatemaltecos. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas, Guatemala
- Krenzer U (2006) Compendio de métodos antropológicos forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. Métodos para la determinación del sexo. Serie de Antropología Forense, Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas (CAFCA), Guatemala, págs.1-10
- Krogman WE (1955) The human skeleton in forensic medicine. *Postgraduate Medicine* 17A:48-72
- Krogman WE, Iscan MY (1986) The human skeleton in forensic medicine. Charles C Thomas, Springfield
- Landauer CA (1962) A factor analysis of the facial skeleton. *Human Biology* 34(4):239-254
- Langman S (2007) Embriología Médica. Con orientación clínica. Médica Panamericana, Buenos Aires, págs.129-132
- Latarjet M, Ruíz Liard A (2004) Anatomía Humana. Panamericana, Argentina, págs. 63-93
- Leamy L (1974) Heritability of osteometric traits in a randombred population of mice. *Journal of Heredity* 65:109–120
- Leutenegger W, Cheverud JM (1982) Correlates of sexual dimorphism in primates: ecological and size variables. *International Journal of Primatology* 3:387-402

- Lewontin RC (1972) The apportionment of human diversity. *Evolutionary Biology* 6:381-398
- Mace R (1992) Differences between the sexes. En: Jones S, Martin R, Pilbeam D (eds) *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, págs.52-55
- Macho G (1986) Cephalometric and craniometric age changes in adult humans. *Annals of Human Biology* 13(1):49-61
- Martin R, Knusmann (1988) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, Gustav Fischer, Stuttgart
- Martínez-Abadías N, Esparza M, Sjøvold T, González-José R, Santos M, Hernández M (2009) Heritability of human cranial dimensions: comparing the evolvability of different cranial regions. *Journal of Anatomy* 214:19–35
- Mays S (1998) *The archaeology of human bones*. Routledge, London-New York
- Meindl RS, Lovejoy CO, Mensforth RP, Carlos LD (1985) Accuracy and direction of error in the sexing of the skeleton. *American Journal of Physical Anthropology* 68:79-85
- Meindl RS, Russell KS (1998) Recent advances in method and theory in paleodemography. *Annual Review of Anthropology* 27:375-399
- Méndez MG, Ferrarini SO (2006) Dimorfismo sexual y cefalometría en etnias chaqueñas: una lectura desde la antropología evolutiva. *Revista Española de Antropología Física* 26: 75-92
- Mercier P (1969) *Historia de la Antropología*. Península, Barcelona

- Meredith H (1960) Changes in the form of the head and face during childhood. *Growth* 24: 215-264
- Midori A, Karl R, Patterson E (2007) A review of the literature on the aging adult skull and face: Implications for forensic science research and applications. *Forensic Science International* 172(1): 1-9
- Midori A, Karl R (2010) Implications of adult facial aging factors on biometrics. En: Midori A (ed) *Biometrics*. Intech, Austria
- Montagu MFA (1960) *An introduction to Physical Anthropology*. Springfield
- Morimoto N, Ogihara N, Katayama K, Shiota K (2008) Three-dimensional ontogenetic shape changes in the human cranium during the fetal period. *Journal of Anatomy* 212:627–635
- Moss ML, Young RW (1960) A functional approach to craniology. *American Journal of Physical Anthropology* 18:281-92
- Muñiz J (1992) *Teoría clásica de los tests*. Pirámide, Madrid
- Noriega MJ, García M, Torres MP (1999) Proceso de envejecer: cambios físicos, cambios psíquicos, cambios sociales. En: García M, Torres MP (eds) *Temas de enfermería gerontológica*. Sociedad española de enfermería geriátrica y gerontológica, Madrid, págs.1-21
- O'Higgins P, Collard M (2002) Sexual dimorphism and facial growth in papionin monkeys. *Journal of Zoology* 257:255–272
- Orban R, Polet C (2005) Diagnóstico de la edad de muerte y determinación del sexo. En: Rebato R, Susanne C, Chiarelli B

- (eds) Para comprender la Antropología Biológica. Evolución y Biología Humana, Verbo Divino, Navarra, págs.131-136
- Orden AB, Pucciarelli HM, Muñe MC, Guimarey MC, Villanueva ME, Rodríguez RR, Pons ER (1999) Influencia de la desnutrición sobre el tamaño y la forma del cráneo de la rata wistar. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 2(1):151-162
- Osman C, Mehmet YI, Zeki S, Sadi C (2001) Sexual diagnosis of the glabellar region. *Legal Medicine* 3(3):162-70
- Park AW, Nowosielski-Slepowron BJ (1983) Postnatal skull growth of the rat relative to environmental variance. *Acta Morphologica Neerlandica Scandinavica* 21:141-63
- Paiva LAS, Segre M (2003) Sexing the human skull through the mastoid process. *Revista do Hospital das Clínicas* 58:15–20
- Petit-Maire NJ (1972) Evolution trends and comparative ontogenesis in primate cranium. *Human Evolution* 1:17–22
- Pickford M, Chiarelli B (1986) Sexual dimorphism in Primates. Where are we and where do we go from here?. *Human Evolution* 1(1):1-5
- Plavcan JM (2001) Sexual dimorphism in primate evolution. *Yearbook of Physical Anthropology* 44:25-53
- Pohar M, Blas M, Turk S (2004) Comparison of logistic regression and linear discriminant analysis: a simulation study. *Metodološki zvezki* 1:143–161
- Pons J (1949) Restos humanos procedentes de la necrópolis de época romana de Tarragona y Ampurias (Gerona). *Trabajos de Instituto*

“Bernardino de Sahagún” de Antropología y Etnología, págs.19-206

Preece MA (1998) Sexual dimorphism of physique. En: Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA (eds) *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*. Cambridge University Press, Cambridge, pág.195

Press SJ, Wilson S (1978) Choosing between logistic regression and discriminant analysis. *Journal of the American Statistical Association* 73:699–705

Pretorius E, Steyn M, Scholtz Y (2006) Investigation into the usability of geometric morphometric analysis in assessment of sexual dimorphism. *American Journal of Physical Anthropology* 129: 64-70

Pritchard JJ, Scott JH, Girgis FG (1956) The structure and development of cranial and facial sutures. *Journal of Anatomy* 90:73-86

Pucciarelli HM, Dressino V, Niveiro MH (1990) Changes in skull components of the squirrel monkey evoked by growth and nutrition: an experimental study. *American Journal of Physical Anthropology* 81:535-543

Refaeilzadeh P, Tang L, Liu H (2009) Cross-validation. En: Liu L, Ozsu T (eds.) *Encyclopedia of Database Systems*, 3. Springer, New York, págs.532–538

Relethford JH (1994) Craniometric variation among modern human populations. *American Journal of Physical Anthropology* 95:53-62

- Reverte JM (1991) *Antropología Forense*. Ministerio de Justicia, Centro de Publicaciones, Madrid
- Riesenfeld A (1973) The effect of extreme temperatures and starvation on the body proportions of the rat. *American Journal of Physical Anthropology* 39(3): 427-459
- Robson SL, Wood B (2008) Hominin life history: reconstruction and evolution. *Journal of Anatomy* 212:394–425
- Rodríguez Limón R (2007) *Anatomía elemental*. Umbral, México
- Rogers TL (2005) Determining the sex of human remains through cranial morphology. *Journal of Forensic Science* 50:493–500 DOI: 10.1520/JFS2003385
- Rosas A, Bastir M (2002) Thin plate analysis of allometry and sexual dimorphism in the human craniofacial complex. *American Journal of Physical Anthropology* 117:236-245
- Roseman CC (2004) Detecting interregionally diversifying natural selection on modern human cranial form by using matched molecular and morphometric data. *PNAS* 101(35):12824-12829
- Rosique J, Ospina C, Gallego PA (2004) Estudio cuantitativo del dimorfismo sexual en restos óseos de la población de Medellín. *Actual Biology* 26(80):50-59
- Rosique J, Gallego PA, Ospina CI (2005) Determinación del sexo en cráneo y mandíbula en una muestra contemporánea de Medellín. *Revista de Antropología de la Universidad Nacional de Colombia.*, Maguaré 19:213-232

- Ryman N, Chakraborty R, Nei M (1983) Differences in the relative distribution of human gene diversity between electrophoretic and red and white cell antigen loci. *Human Heredity* 33:93-102
- Schultz AH (1927) Studies of the growth of gorilla and other higher primates with special reference to a fetus of gorilla, preserved in the Carnegie Museum. *Memoirs of the Carnegie Museum* 11:1-88
- Schultz AH (1962) Metric age changes and sex differences in primate skulls. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 52:239-55
- Schünke, Schulte, Schumacher (2007) Prometheus. Texto y Atlas de Anatomía. Cabeza y Neuroanatomía. Editorial Médica Panamericana, Madrid
- Shea BT (1986) Ontogenetic approaches to sexual dimorphism in Antropoids. *Human Evolution* 1(2):97-110
- Shea BT (1998) Post-natal craniofacial growth. En: Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA (eds) *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*. Cambridge University Press, Cambridge, págs.206-208
- Sobotta J (1982) Atlas de Anatomía Humana 1. Editorial Médica Panamericana, Madrid
- Song HW, Lin ZQ, Jia JT (1992) Sex diagnosis of Chinese skulls using multiple stepwise discriminant function analysis. *Forensic Science International* 54:135 - 140
- Stewart TD (1954) Sex determination of the skeleton by guess and by measurement. *American Journal of Physical Anthropology* 12: 385-392

- Steyn M, Iscan MY (1998) Sexual dimorphism in the crania and mandibles of south african whites. *Forensic Science International* 98(1-2):9-16
- Stone AC, Milner GR, Pääbo S, Stoneking M (1996) Sex determination of ancient human skeletons using DNA. *American Journal of Physical Anthropology* 99:231-238
- Suazo IC, Zavando DA, Smith RL (2008) Evaluating accuracy and precision in morphologic traits for sexual dimorphism in malnutrition human skull: a comparative study. *International Journal of Morphology* 26(4):877-881
- Suazo IC, Zavando DA, Smith RL (2009) Performance evaluation as a diagnostic test for traditional methods for forensic identification of sex. *International Journal of Morphology* 27(2):381-386
- Souich du P, Botella MC (2000) Cráneos modernos de Almuñécar (Granada). En: Caro L, Rodríguez H, Sánchez E, López B, Blanco JM<sup>a</sup> (eds) *Tendencias actuales de investigación en la Antropología Física española*. Secret, Publicaciones y Universidad de León, León, págs.81-86
- Souich du P, Jiménez-Brobeil SA, Botella MC (2003) Cráneos femeninos modernos de Almuñécar (Granada). *Antropo*, 5:49-54, [www.didac.ehu.es/antropo](http://www.didac.ehu.es/antropo)
- Thieme FP, Schull WJ (1957) Sex determination from the skeleton. *Human Biology* 29(3):242-273

- Trinkaus E (1980-1982) Bilateral asymmetry of human skeletal non-metric traits. *American Journal of Physical Anthropology* 19: 315-318
- Tristán JM (2005) Influencia de diversos factores de salud y sociodemográficos en el desarrollo esquelético y antropométrico. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Granada
- Turner W (1903) General characters of crania of people of scotland. *Journal of Anatomy Physiological* 37:392-408
- Vandenberg SG (1962) How “stable” are heritability estimates? a comparison of heritability estimates from six anthropometric studies. *American Journal of Physical Anthropology* 20:331–338
- Varela HH, Cocilovo JA (1999) Evaluation of the environmental component of the phenotypic variance in prehistoric populations. *Homo* 5:46–53
- Walker P (2008) Sexing skulls using discriminant function analysis of visual assessed traits. *American Journal of Physical Anthropology* 136:39-50
- Washburn SL (1947) The relation of the temporal muscle to the form of the skull. *Anatomical Record* 99:239-248
- White TD, Black MT, Folkens PA (2011) *Human Osteology*. Elsevier
- Williams MM (1987) Sex determination of fragmentary crania by analysis of the cranial base: applications for the study of an Arikara skeletal sample. Tesis Doctoral, Universidad de Tennessee, Tennessee

Wood BA, Li Y, Willoughby C (1991) Intraspecific variation and sexual dimorphism in cranial and dental variables among higher primates and their bearing on the hominid fossil record. *Journal of Anatomy* 174:185-205

Zabando MDA, Suazo GIC, Smith RL (2009) Sexual dimorphism determination from the lineal dimensions of skull. *International Journal of Morphology* 27(1):133-137





# ANEXO

## *ABREVIATURAS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS*

<b>LMax</b>	Longitud máxima
<b>LB</b>	Longitud de la base
<b>AnMax</b>	Anchura máxima
<b>AnFMin</b>	Anchura frontal mínima
<b>AnFMax</b>	Anchura frontal máxima
<b>AnB</b>	Anchura biastérica
<b>AIBB</b>	Altura basio–bregma
<b>AIA</b>	Altura auricular
<b>CH</b>	Circunferencia horizontal
<b>ArT</b>	Arco transversal
<b>ArST</b>	Arco sagital total
<b>ArSF</b>	Arco sagital frontal
<b>ArSP</b>	Arco sagital parietal
<b>ArSO</b>	Arco sagital occipital
<b>ArSE</b>	Arco sagital de la escama
<b>CSF</b>	Cuerda sagital frontal
<b>CSP</b>	Cuerda sagital parietal
<b>CSO</b>	Cuerda sagital occipital
<b>CSE</b>	Cuerda sagital de la escama
<b>IC</b>	Índice cefálico
<b>IVL</b>	Índice vértico–longitudinal
<b>IAL</b>	Índice aurículo–longitudinal
<b>IVT</b>	Índice vértico–transversal
<b>IAT</b>	Índice aurículo–transversal
<b>ITFP</b>	Índice transverso–frontoparietal
<b>IST</b>	Índice sagital total

<b>ISF</b>	Índice sagital frontal
<b>ISO</b>	Índice sagital occipital
<b>ISE</b>	Índice sagital de la escama
<b>LC</b>	Longitud cara
<b>AnBic</b>	Anchura bicigomática
<b>AICS</b>	Altura cara superior
<b>AnO</b>	Anchura orbitaria
<b>AIO</b>	Altura orbitaria
<b>AnIO</b>	Anchura interorbitaria
<b>AnBio</b>	Anchura biorbitaria
<b>AnN</b>	Anchura nasal
<b>AIN</b>	Altura nasal
<b>LMA</b>	Longitud máxilo–alveolar
<b>AnMa</b>	Anchura máxilo–alveolar
<b>IFS</b>	Índice facial superior
<b>IO</b>	Índice orbitario
<b>IN</b>	Índice nasal
<b>II</b>	Índice interorbitario
<b>IMA</b>	Índice máxilo–alveolar
<b>ITCF</b>	Índice transverso cráneo–facial
<b>IG</b>	Índice gnático
<b>IFC</b>	Índice fronto–cigomático



