

Gradu Amaierako Lana / Trabajo Fin de Grado

Biologiako Gradua / Grado en Biología

# Estimación de sexo y edad a nivel esquelético

**Aplicación forense y antropológica**

Egilea/Autor:

Leire Escudero Arrarás

Zuzendaria/Director/a:

Concepción de-la-Rúa Vaca

## ÍNDICE

	<i>Pág.</i>
<b>I. RESUMEN / ABSTRACT</b>	3
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>III. OBJETIVOS</b>	4
<b>IV. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	4
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	6
<b>1. Protocolo de estimación del sexo en adultos</b>	6
a. La pelvis	6
b. El cráneo	10
c. Los huesos largos	11
d. Otros huesos	12
<b>2. Protocolo de estimación de la edad en adultos</b>	14
a. La pelvis	14
b. El cráneo	15
<b>3. Protocolo de estimación de la edad en subadultos</b>	15
a. La dentición	15
b. La pelvis	16
c. El cráneo	20
d. El fémur	21
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	22
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	23
<b>VIII. ANEXO</b>	26

## **I. RESUMEN / ABSTRACT**

### **I.1. Resumen:**

La estimación del sexo y la edad son esenciales para la identificación individual de restos humanos y para el conocimiento e interpretación de la variabilidad biológica del pasado.

El objetivo de este trabajo es la elaboración de un protocolo metodológico de análisis morfológico y morfométrico, para la estimación del sexo en adultos y de la edad en subadultos y adultos. Las principales metodologías incluidas en este trabajo pueden emplearse en restos esqueléticos de procedencia europea.

Se realizó una revisión bibliográfica en revistas de ámbito forense y antropológico a fin de reunir un conjunto de metodologías aplicables tanto a esqueletos completos como parciales.

Finalmente, en la elección de los métodos incluidos en este protocolo se tuvieron en cuenta dos criterios: la bondad de ajuste y el grado de complejidad del método.

### **I.2. Abstract:**

The sex and age estimation are essential for individual identification of human remains and the knowledge and interpretation of biological variability of the past.

The objective of this work was the development of a methodological protocol of morphological and morphometric analysis, for estimating sex in adults and age in subadults and adults. The methodologies included in this study can be used in skeletal remains from Europe.

In order to obtain a set of methodologies applicable both complete and partial skeletons as a result, a literature review in journals of forensic and anthropological field was performed.

Finally, for the development of the protocol two criteria were taken into account: the goodness of fit and the degree of complexity of the method.

## **II. INTRODUCCIÓN**

El diagnóstico del sexo y la estimación de la edad están en la base de cualquier estudio osteológico, ya sea arqueológico o forense (*Alcina et al, 2012*).

En el campo de la antropología, los restos óseos constituyen la fuente principal de información para aproximarnos al conocimiento e interpretación de la variabilidad biológica de las poblaciones del pasado. (*Machado et al, 2011*). Aunque el sexo pueda ser diagnosticado mediante análisis de ADN (amelogenina, marcador Y), los métodos moleculares no siempre pueden aplicarse en huesos antiguos,

porque el ADN no siempre está preservado (*Santos et al, 1998*). Así bien, gracias a los estudios paleoantropológicos, en la actualidad se acepta que en primates extintos, el dimorfismo sexual es el mayor factor de variación morfológica intraespecífica en el registro fósil de homínidos (*Schaefer et al, 2004*).

En el campo forense, la estimación del sexo y la edad son esenciales para la identificación individual de restos humanos. Si se analizan junto a la raza, la estatura, patologías y otras anomalías, se logra crear un perfil biológico (*Cattaneo, 2007*). Su diagnóstico tiene particular importancia en los casos de alto grado de descomposición, mutilación, incineración o en cuerpos esqueletizados. Frecuentemente, los cuerpos han sido expuestos a carroñeros o a las condiciones ambientales, provocando que sólo se recuperen parcialmente. También, en los desastres en masa, la mutilación y la fragmentación complican el proceso de identificación, basándose en elementos individuales dispersos y no relacionados con el resto del cuerpo. De esta forma en las fosas comunes, los cuerpos al igual que sus elementos esqueléticos, se mezclan y a menudo se registran y evalúan por separado. (*Masotti et al, 2013*).

### **III. OBJETIVOS**

El objetivo de este trabajo es la elaboración de un protocolo en donde se recojan las principales metodologías de análisis morfológico y morfométrico para la estimación del sexo y la edad aplicables a restos esqueléticos de procedencia europea, junto con una valoración sobre su uso y aplicación.

### **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**

Se realizó una revisión bibliográfica en revistas de ámbito forense y antropológico, entre las que cabe destacar en otras: *American Journal of Physical Anthropology*, *Forensic Science International*, *Journal of Forensic Sciences*, *Journal of Forensic and Legal Medicine* y *Revista Española de Antropología Física*.

Tras una revisión de la metodología existente se tuvieron en cuenta dos criterios de selección: el grado de complejidad del método y la bondad de ajuste en relación a su capacidad de ofrecer un resultado acertado. La bondad de ajuste describe la capacidad de un modelo de ajustarse a la realidad, es decir, el porcentaje de correcta clasificación. Además, las ventajas de usar una metodología sencilla son: la rapidez, el material necesario es fácil de obtener (calibre, cinta métrica, tabla osteométrica, etc.), su ejecución no implica grandes conocimientos conceptuales y puede aplicarse a restos fragmentarios.

El siguiente protocolo ha sido organizado en modo jerárquico, esto es, en cada apartado aparecen en primer lugar las metodologías más informativas y relevantes.

Por otra parte, siempre y cuando sea posible emplearemos antes un método morfológico a uno morfométrico. Las técnicas visuales, tales como los análisis morfológicos, ofrecen claras ventajas como su rápido uso y la capacidad de evaluar restos lo suficientemente dañados como para no ser medidos. Por el contrario, poseen el inconveniente de la subjetividad del observador (*Bruzek, 2002*). Esta subjetividad puede ser eliminada mediante un análisis morfométrico o la comparación entre varios observadores.

A su vez, las características morfológicas diferenciales muestran una gradación. Por ejemplo, aunque existen sólo dos sexos biológicos en los seres humanos, la tarea diagnóstica resulta muy compleja dado que hay una gran superposición en la distribución de la mayoría de las características. De modo que ante valores intermedios de la gama general, el sexo no podrá ser estimado (*Rösing et al, 2007*). En consecuencia, bien cuando se utilice un análisis morfológico o un rango de dimensiones, se debe aceptar la estimación si se encuentra en los extremos. En el caso de mostrar un grado intermedio se pasará a proceder con el siguiente método, y así sucesivamente hasta obtener un resultado fiable. Si esto no sucediese se clasificará como indeterminado.

Aunque un método sea válido, no es infalible. Por esta razón no se debe aplicar exclusivamente y es recomendable combinarlo con otras metodologías disponibles (*Kranioti y Apostol, 2015*).

Por ello, hoy en día, el análisis multivariante se muestra como una de las mejores herramientas estadísticas empleadas en la identificación individual de restos óseos (*Yoldi et al, 2001*). Los análisis discriminantes son una técnica de análisis multivariantes ,que identifican las características que diferencian dos o más grupos y crean una función discriminante capaz de distinguir, con la mayor precisión posible, a los miembros de uno u otro grupo; aprovechando las relaciones existentes entre una gran cantidad de variables independientes. El uso de funciones discriminantes es uno de los métodos más seguros para la realización de estimaciones (*García-Parra, 2014*). Pero únicamente pueden ser utilizadas en las poblaciones sobre las que se desarrollaron, o en poblaciones muy similares. De este modo, usando combinaciones de variables se puede llegar a predecir el sexo no sólo de huesos íntegros, sino también de fragmentos de éstos. Además, el trabajo con combinaciones de variables aporta más información a la clasificación de los restos que una única variable. Sin embargo, es importante señalar que siempre se trata de obtener funciones que utilicen el menor número de variables posibles para facilitar su utilización (*Machado et at, 2011*).

Igualmente, cabe destacar que los huesos que presentan patologías como artrosis, fracturas, periostitis, osteofitos, etc. pueden alterar el valor de las mediciones (*Machado et al, 2011*). En consecuencia, hay que emplear aquellas metodologías en las que las áreas afectadas no se vean implicadas.

Finalmente, hay que añadir que las diferencias sexuales en un esqueleto inmaduro son mínimas hasta la pubertad. Tras este período y como resultado de la acción hormonal, los rasgos dimórficos comienzan a ser más aparentes. Por este motivo, no se ha incluido ninguna metodología de estimación del sexo en subadultos. Asimismo, la selección de la metodología en adultos se centra en dos aspectos: conseguir diferentes análisis que permitan la máxima discriminación entre ambos sexos; y que dichos análisis se realicen con el menor número de restos óseos, utilizables por tanto, en material muy fragmentado.

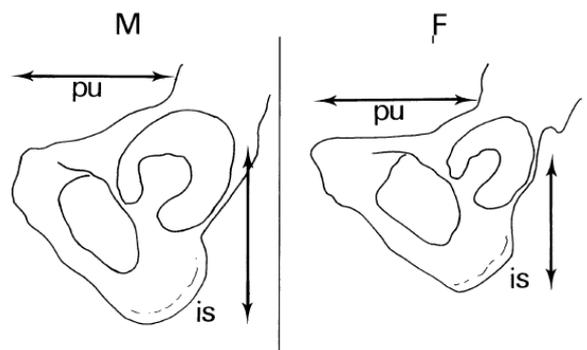
## **V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### **V.1. Protocolo de estimación del sexo en adultos**

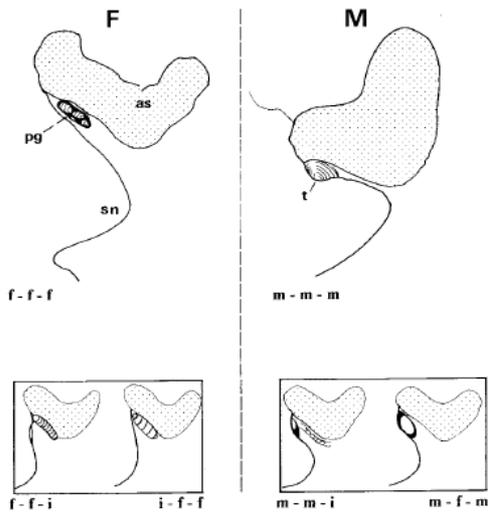
#### ***V.1.a. LA PELVIS***

***Análisis morfológico en la pelvis:*** Se basa en el uso de cinco caracteres de la pelvis, los cuales son: 1) la superficie preauricular, 2) la escotadura ciática mayor, 3) la forma del arco compuesto, 4) la morfología de la pelvis inferior, y 5) las proporciones isquiopúbicas (Figuras 1-5).

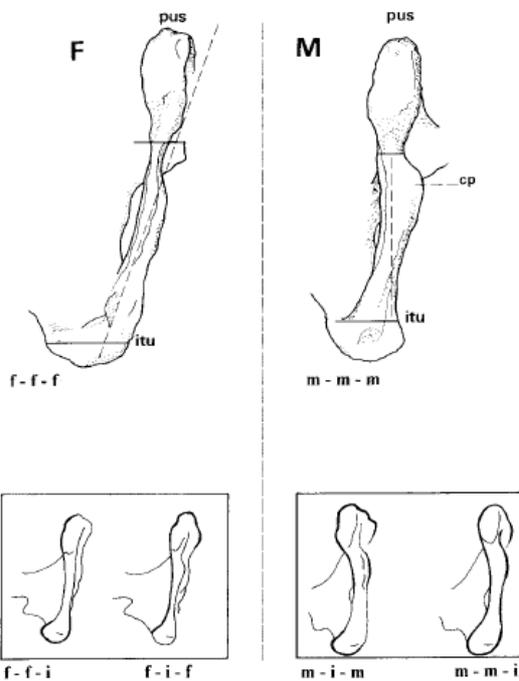
Cada carácter está definido por una o tres condiciones, donde el observador determina si es masculino (M), femenino (F) o intermedio (0), de acuerdo a la descripción que presente cada carácter (Tabla 1, anexo). Cuando de las tres condiciones dos o más indiquen sexo femenino o masculino, ésta será la morfología sexual estimada. En el caso de obtener un resultado igual de (F) y (M), el sexo será considerado como indeterminado. Si se dispone de la pelvis completa, se puede realizar una correcta estimación el 93-98% de los casos. Sin embargo, ante restos fragmentados debería utilizarse únicamente la escotadura ciática como característica diagnóstica del sexo, con un 92% de correcta asignación en la morfología típica femenina (f-f) y un 85% en la masculina (m-m) (*Bruzek, 2002*).



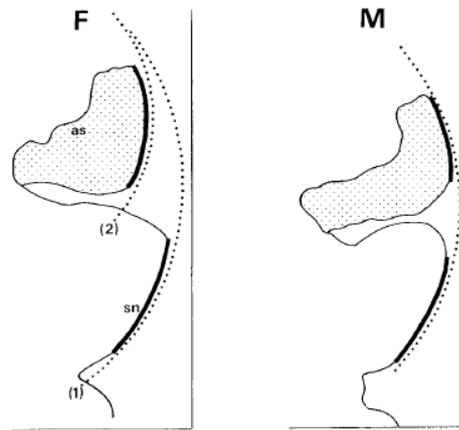
**Figura 1. PELVIS:** Estimación del sexo basada en criterios morfológicos. Proporciones isquiopúbicas: pu, pubis; is, isquion (*Bruzek, 2002*).



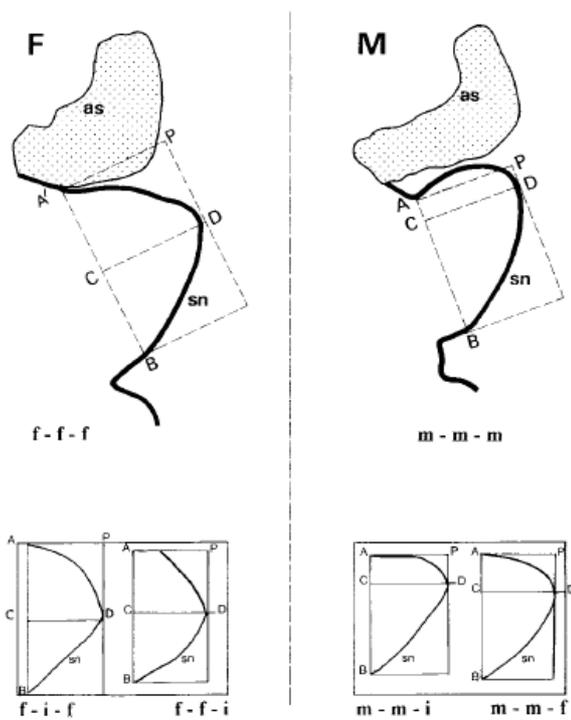
**Figura 2. PELVIS:** Estimación del sexo basada en criterios morfológicos. Superficie preauricular: as, superficie auricular; sn, escotadura ciática; t, tubérculo piriforme; pg, surco preauricular; f, condición femenina; m, condición masculina (Bruzek, 2002).



**Figura 4. PELVIS:** Estimación del sexo basada en criterios morfológicos. Pelvis inferior: pus, sínfisis púbica; itu, tuberosidad isquial; cp, cresta fállica (Bruzek, 2002).



**Figura 3. PELVIS:** Estimación del sexo basada en criterios morfológicos. Arco compuesto: as, superficie auricular; sn, escotadura ciática. (Bruzek, 2002)

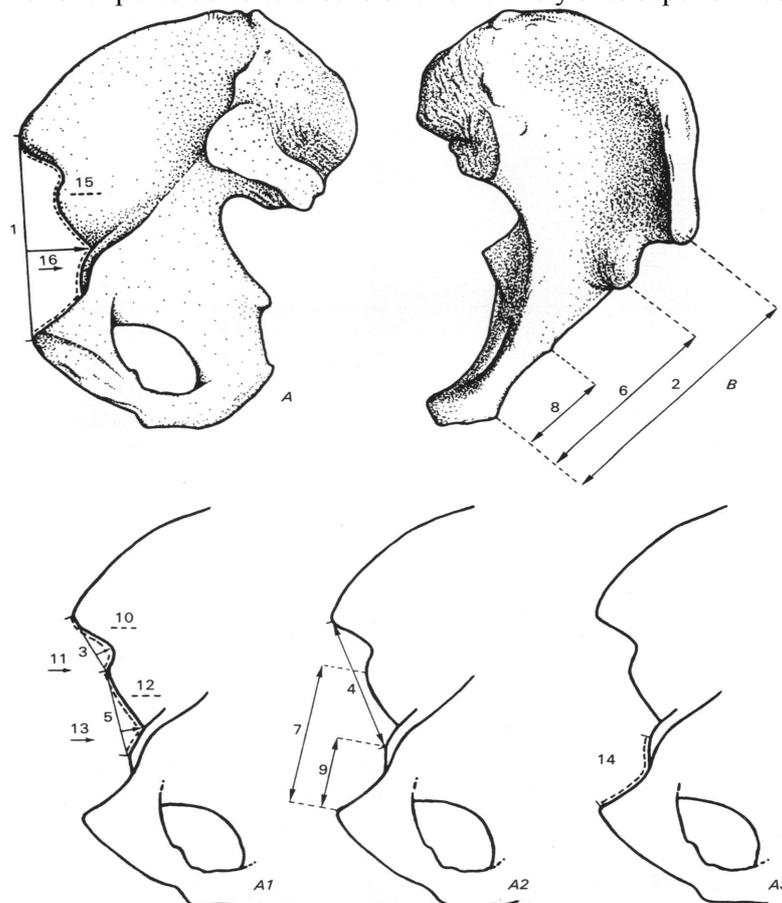


**Figura 5. PELVIS:** Estimación del sexo basada en criterios morfológicos. Escotadura ciática mayor: as, superficie auricular; sn, escotadura ciática; A, parte superior del tubérculo piriforme, en el caso de su ausencia; A', parte superior de la espina ilíaca posterior inferior; AB y A'B, amplitud de la escotadura ciática; CD, profundidad de la escotadura ciática; AC y A'C, cuerda posterior de la amplitud de la escotadura ciática; CB, cuerda anterior de la amplitud de la escotadura ciática; AP (A'P), perpendicular formada desde el punto A (A') a la línea formada por la amplitud de la escotadura ciática (Bruzek, 2002).

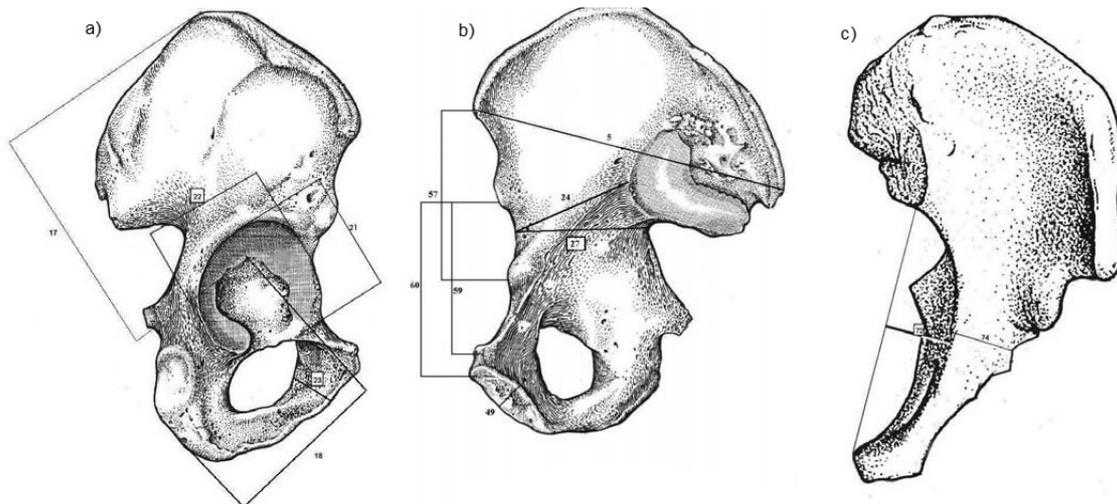
**Análisis morfométricos en la pelvis:** Las variables se miden 3 veces en 3 sesiones diferentes por el mismo observador para calcular el valor medio de las mediciones. Han de ser comparadas con los valores promedio estimados por sexos, propios de cada población en estudio.

Los mejores resultados se obtienen de (Gómez Pellico y Fernández Camacho, 1992): 1) distancia desde la espina iliaca anterosuperior al tubérculo púbico (ASIS-PT), 2) distancia desde la espina iliaca anteroinferior a la eminencia iliopúbica o la anchura máxima de la escotadura entre estos puntos (AIIS-IE), 3) distancia entre la espina iliaca anteroinferior al tubérculo púbico (AIIS-PT), y 4) longitud de la escotadura entre la espina iliaca anteroinferior y la eminencia iliopúbica (arch AIIS-IE) (Figura 6).

También se obtienen buenos resultados mediante la utilización de variables estrictamente acetabulares coordinadas en una misma función con variables púbicas (Yoldi et al, 2001). Algunas de estas variables más representativas son: 5) el diámetro vertical máximo del acetábulo (DVMAXAC), 6) cuerda ileopectínea (CDILPEC), 7) índice diámetro vertical acetabular-longitud púbica (IDVACLPU), 8) espina iliaca anteroinferior – tubérculo púbico (EIAITPU), 9) diámetro horizontal máximo del acetábulo (DHMAXAC), 10) índice acetábulo-púbico (IACETPUB), 11) amplitud media del pubis (AMMEPUB), y 12) anchura de la sínfisis púbica (CHSFPUB) (Figura 7). Si el resultado de la función discriminante es inferior al punto de corte el sexo será femenino y si es superior masculino (Tabla 1).



**Figura 6.** PELVIS: Se ilustran las variables: ASIS-PT (2), AIIS-IE (5), AIIS-PT (6), AIIS-SS (7) y arch AIIS-IE (12) (Gómez Pellico y Fernández Camacho, 1992).



**Figura 7. PELVIS:** En la vista exterior del coxal (a) se muestran las variables: DHMAXAC (21), DVMAXAC (22) y AMMEPUB (23), en la vista interior (b): CHSFPUB (49), EIAITPU (59); y en la vista craneal (c): CDILPEC (72) (Yoldi et al, 2001).

**Tabla 1. PELVIS: Estimación del sexo en base a análisis morfométricos.**

<b>Mediciones directas (Gómez Pellico y Fernández Camacho, 1992)</b>						
Variable	$\bar{Xm}$	Sexo masculino		Sexo femenino		
		95% IC		95% IC		
		Inferior	Superior	$\bar{Xm}$	Inferior	Superior
Distancia ASSIS-PT	121.95	118.74	125.16	115.38	110.03	120.73
Distancia AIIS-IE	40.19	38.67	41.71	35.54	33.36	37.72
Distancia AIIS-PT	87,22	84.54	89.90	80.82	78.25	83.39
Arco AIIS-IE	44,69	43.06	46.32	40.02	37.60	42.44
<b>Funciones discriminantes (Yoldi, Alemán y Botella, 2001)</b>						
	Funciones discriminantes				Punto de corte	%
Ílion-pubis derecho	-0,1366888 x CDILPEC +0,3729966 x DHMAXAC				0,04391	90
	-15,4951287					
	0,0407025 x EIAITPU +0,3358035 x DHMAXAC				0,04433	92,31
	-20,3787059					
	-0,1384997 x AMMEPUB +0,1498776 x EIAITPU				0,23435	97,1
	+0,1659879 x IACETPUB -19,7810498					
	0,1959321 x CHSFPUB +0,1027509 x EIAITPU				0,04891	94,12
	+0,1792531 x IACETPUB -24,2705190					
Ílion-pubis izquierdo	0,2932856 x DVMAXAC -0,1319300 x CDILPEC				0,04718	93,33
	-11,8631804					
	0,2391499 x IDVACLPU +0,1288057 x EIAITPU				0,075455	95,83
	-24,1418540					

### V.1.b. EL CRÁNEO

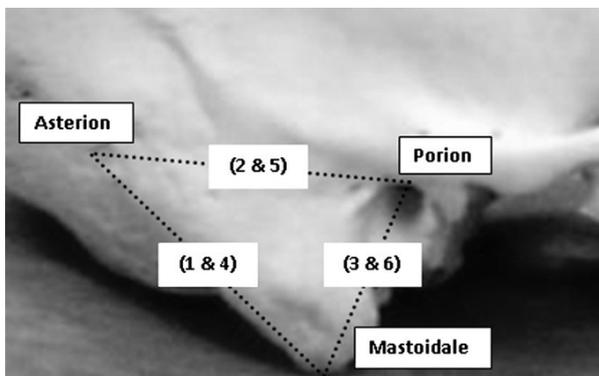
**Análisis morfológico a partir de las características craneales.** Se estima el sexo del individuo a partir de las características craneales: 1) tamaño del mastoides, 2) saliente supraorbitario, 3) tamaño y arquitectura general, 4) rugosidad del arco zigomático, 5) tamaño y forma del orificio nasal, y 6) ángulo mandibular. El cráneo es observado y anotado como hombre, mujer o indeterminado, basándose en la presencia o ausencia de dichas características. A cada criterio se le da el mismo peso; y se le asigna el sexo de acuerdo con la categoría sexual de la mayoría de las características (Tabla 2) (Williams y Rogers, 2006).

**Análisis morfométricos craneales.** En el estudio de Jain et al (2013) se utilizan como descriptores del sexo: 1) la longitud entre en asterion y el mastoides del lado derecho, 2) la amplitud del bimastoides, 3) la longitud entre el porion y el mastoides, 4) la longitud entre el mastoides derecho y el opisthion; y 5) el área del triángulo del opisthion-bimastoides.

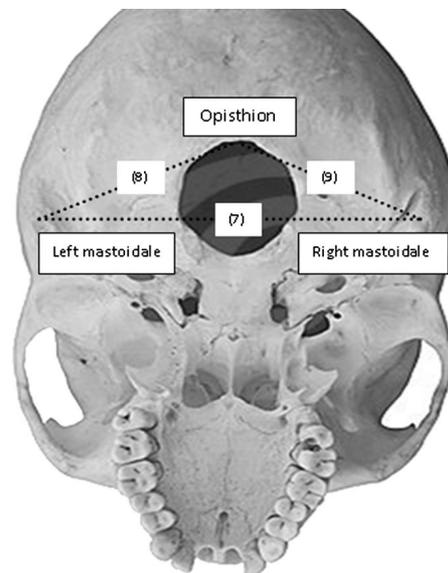
Para calcular el área se utiliza la fórmula de Heron:  $A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$  ; siendo  $s = (a+b+c)/2$

En función de qué mediciones se realicen, el porcentaje de correcta clasificación varía entre el 70 y el 80%.

Los valores para el sexo masculino y femenino pueden observarse en la Tabla 3.



**Figura 8.** Vista lateral del cráneo donde aparece representado el triángulo mastoideo formado por el asterion, mastoides y opisthion (Jain et al, 2013).



**Figura 9.** Vista basal del cráneo donde aparece el triángulo opisthion-bimastoides (Jain et al, 2013).

**Tabla 2: CRÁNEO: Estimación del sexo en base a análisis morfológico (Williams y Rogers, 2006).**

Característica	Hombre	Mujer
Tamaño y arquitectura	Grande, áspera	Pequeña, lisa
Crestas suparorbitarias	Medianas a grandes	Pequeñas a medianas
Apertura nasal	Alta, márgenes afilados y delgados	Baja, márgenes redondeados y más amplios
Zigomático	Grueso y rugoso	Estrecho y liso
Mastoides	Mediano a grande	Pequeño a mediano
Mandíbula	Grande, sínfisis alta	Pequeña, sínfisis baja
	Amplia rama	Rama pequeña
	Ángulo gonial <125	Ángulo gonial >125

**Tabla 3: CRÁNEO: Estimación del sexo en base a análisis morfométricos (Jain et al, 2013).**

Mediciones	Hombre		Mujer		%
	Media	SD (±)	Media	SD (±)	
Longitud Porion-Mastoides (izquierdo)	3,105cm	0,510	2,796cm	0,491	70
Longitud Porion-Mastoides (derecho)	3,135cm	0,536	2,819cm	0,506	80
Longitud Asterion-Mastoides (derecho)	4,952cm	0,809	4,543cm	0,734	80
Amplitud bimastoides (Mastoides derecho-Mastoides izquierdo)	10,002cm	1,536	9,325cm	1,388	75
Área triángulo Opistion-Bimastoides	12,687cm <sup>2</sup>	2,853	10,532cm	2,245	70

### V.1.c. LOS HUESOS LARGOS

**Análisis morfométrico de huesos largos.** Safont et al (2000) desarrollaron una metodología que permite la valoración del sexo sobre la base de la circunferencia de los huesos largos. Esta técnica puede ser una herramienta útil para la determinación del sexo en restos esqueléticos mal preservados. Cuando las epífisis no están presentes, y la longitud del hueso no puede ser medida. Para lo cual se realizan mediciones de los puntos de referencia: 1) circunferencia mínima del húmero (HMC), 2) Circunferencia mínima del radio (RMC), 3) circunferencia de la tuberosidad radial del radio (RTC), 4) circunferencia subtrocantérea del fémur (FSC) y, 5) circunferencia a nivel del foramen nutriente en la tibia (TNC).

Las siguientes funciones permiten la clasificación de huesos aislados mediante el uso de una sola variable:

Radio:  $RTC \times 0,314 - 15,23$  ; siendo el punto de corte: 0,223 (92,8%)

Tibia:  $TNC \times 0,194 - 16,71$  ; siendo el punto de corte: 0,252 (90,9%)

Fémur:  $FSC \times 0,219 - 19,03$  ; siendo el punto de corte: 0,211 (88,1%)

o la estimación del sexo mediante funciones que combinan variables:

Brazo:  $RTC \times 0,152 + TNC \times 0,163 - 21,57$ ; siendo el punto de corte: 0,344 (98,1%)

Pierna:  $HMC \times 0,171 + RMC \times 0,260 - 19,85$ ; siendo el punto de corte: 0,706 (95,3%)

Combinación de huesos largos:  $TNC \times 0,121 + FSC \times 0,107 - 19,79$ ; siendo el punto de corte: 0,178 (91,5%)

Los resultados superiores al punto de corte indican un sexo masculino y los inferiores femenino.

**Análisis morfométrico del fémur.** El sexo se estima mediante la medición directa del diámetro del cuello femoral supero-inferior (SID) (Figura 10). Se aplica el valor a la función discriminante para poblaciones caucásicas:  $\text{Sexo} = 0,496 \times \text{SID} - 15,163$  ; donde la obtención de un valor negativo indica un resultado femenino y un valor positivo masculino. El porcentaje de correcta clasificación para esta función es del 92% (Seidemann et al, 1998).



**Figura 10.** Medición del diámetro del cuello femoral supero-inferior (Seidemann et al, 1998).

**Análisis morfométrico de la tibia.** Se realizan mediciones de la longitud máxima de la tibia (TL), la anchura de la epífisis superior (UB) y la anchura de la epífisis inferior (LB). Los valores resultantes se aplican a la función discriminante:

$$f = 0,0183 \times TL + 0,1690 \times UB + 0,0505 \times LB - 20,8371$$

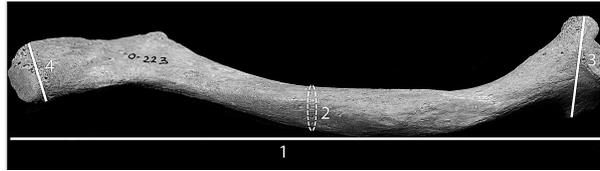
Siendo el punto de corte cero, correspondiendo los valores superiores a individuos varones y los inferiores a mujeres, con una correcta clasificación del 87,6% (Kranjoti, Apostol, 2015).

### ***V.1.d. OTROS HUESOS***

**Análisis morfométrico de la clavícula.** Se toman medidas directas de: 1) longitud máxima de la clavícula y 2) perímetro en la mitad (Figura 11) y se introducen los valores en las funciones para el diagnóstico sexual. Si el resultado es mayor al punto de corte dado se clasifica como masculino y, si es menor, se clasifica como femenino (Alcina et al, 2012).

Clavícula derecha:  $f(x) \text{ derecha} = 0,071 \times \text{longitud de la clavícula (mm)} + 0,173 \times \text{perímetro en la mitad (mm)} - 16,494$  ; siendo el punto de corte: -0,235 (93,5% de fiabilidad)

Clavícula izquierda:  $f(x) \text{ izquierda} = 0,077 \times \text{longitud de la clavícula (mm)} + 0,171 \times \text{perímetro en la mitad (mm)} - 17,331$  ; siendo el punto de corte: -0,244 (92,2% de fiabilidad)



**Figura 11.** Visión superior de una clavícula derecha donde aparecen representadas: la longitud máxima de la clavícula (1) y el perímetro en la mitad (2) (Alcina et al, 2012).

**Análisis morfométrico de la escápula.** Se toman mediciones de las variables: 1) la altura de la escápula (HE), 2) anchura de la escápula (AE) y 3) anchura del acromion-coracoides (DAC) (Figuras 12 y 13).

Y se introducen sus valores en las siguientes funciones discriminantes:

$$f(x) = HE \times 0,125 - 18,147 ; \text{ siendo el punto de corte: } -0,146 (90,5\%)$$

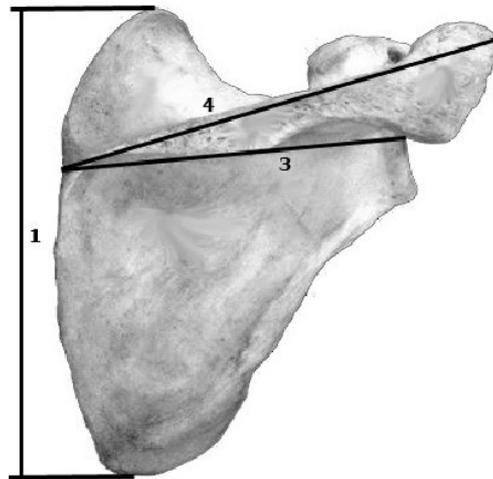
$$f(x) = DAC \times 0,214 - 15,091 ; \text{ siendo el punto de corte: } -0,134 (91,7\%)$$

$$f(x) = AE \times 0,206 - 19,680 ; \text{ siendo el punto de corte: } -0,159 (92,4\%)$$

El resultado se compara con el punto de corte. Si el valor resultante de la ecuación es menor a ese punto, el sujeto pertenece al sexo femenino y si es mayor al masculino (Machado et al, 2011).



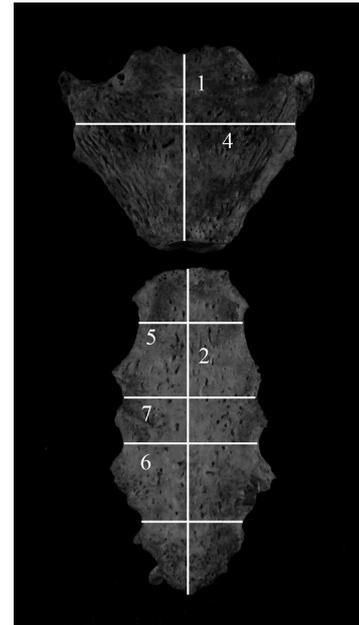
**Figura 12.** ESCÁPULA: Estimación de sexo basada en análisis morfométricos. Aparece indicada la anchura acromion-coracoides (5) (Machado et al, 2011).



**Figura 13.** ESCÁPULA: Estimación de sexo basada en análisis morfométricos. Indicación de cómo realizar la toma de medidas de la altura (1) y anchura (4) (Machado et al, 2011).

**Análisis morfométrico del esternón.** Los indicadores sexuales en el esternón son la longitud total del esternón y la longitud del cuerpo. Para lo cual se estudian las próximas variables: 1) cuerpo del esternón (SB), 2) longitud del manubrio (ML) y 3) longitud total del esternón (ML+SB) (Figura 14). Siendo las funciones discriminantes (García-Parra et al, 2014):

SB: Mujer < 95,91mm < Varón (87,0%)  
 ML+SB: Mujer < 141,98mm < Varón (89,1%)

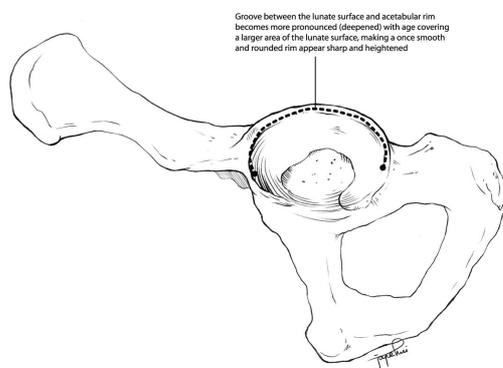


**Figura 14. ESTERNÓN:** Vista frontal donde aparecen indicada: la longitud del manubrio (1) y el cuerpo del esternón (2) (García-Parra et al, 2014).

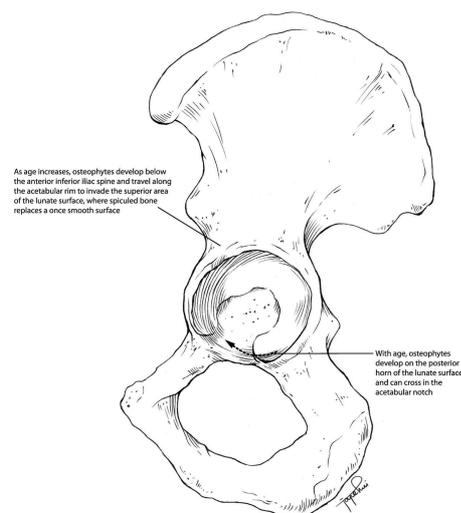
## **V.2. Protocolo de estimación de la edad en adultos**

### ***V.2.a. PELVIS:***

**Análisis morfológico de la pelvis.** Se ha descrito un método para estimar la edad en adultos basado en los cambios de la pelvis (Calce, 2012), con un 81% de correcta clasificación. Se fundamenta en los tres rasgos que presentan una mayor variación asociada a la edad: 1) el surco acetabular, 2) desarrollo de osteofitos en el borde acetabular, y 3) el crecimiento del ápice. Basándose en la expresión de los rasgos observados como un patrón total, se establece la edad como: adultos jóvenes (17-39 años), adultos medios (40-64 años) y adultos ancianos (+65 años) (Figuras 15 y 16; Figuras 1, 2 y 3 del anexo).



**Figura 15.** Orientación de la pelvis para la variable 1, el surco acetabular (Calce, 2012).



**Figura 16.** Orientación de la pelvis para las variables 2 y 3, desarrollo de osteofitos en el borde acetabular y crecimiento del ápice (Calce, 2012).

## **V.2.b. EL CRÁNEO**

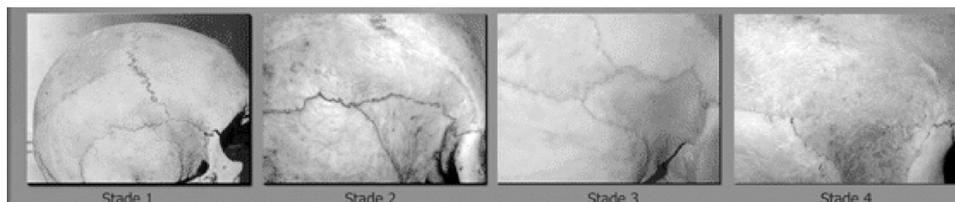
**Análisis morfológico del cráneo en adultos.** El estudio macroscópico consiste en la evaluación del grado de cierre de la sutura frontoesfenoidal en ambos lados: endocraneales y ectocraneales, y evalúa su cierre en cuatro etapas (Figura 17).

- *Etapa 1:* Sutura abierta e irregular en los lados ectocranial y endocraneales.
- *Etapa 2:* Sutura parcialmente cerrada ( $\leq 50\%$ ) en el lado ectocranial (sin evidencia de sutura endocraneal)
- *Etapa 3:* Cierre significativo ( $> 50\%$ ) del lado ectocranial con superposición de los bordes y el comienzo de linealización (cierre parcial en el lado endocraneal).
- *Etapa 4:* Cierre completo de la sutura en el lado ectocranial, que es lineal, por lo general con la desaparición de la sutura endocraneal.

Posteriormente, la predicción de la edad se determina en función de la siguiente fórmula:

$$\text{EDAD} = 3,93 - 2,95 \times \text{SEXO} (\text{F}=0, \text{M}=1) + 15,2 \times \text{ESTADO MACROSCÓPICO}$$

Para obtener el intervalo de edad de confianza al 95% se sustituye el parámetro 15,2 por [13,3-17,2] (A. Dorandeu et al, 2008).

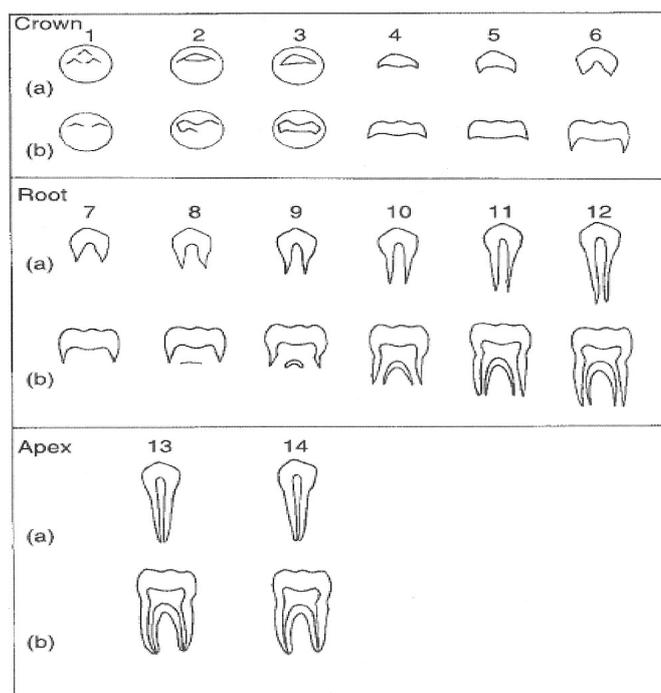


**Figura 17.** CRÁNEO: Estimación de la edad basada en análisis morfológicos. Apariencia macroscópica de los cuatro estados de cierre de la sutura frontoesfenoidal (Dorandeu, 2008).

## **V.3. Protocolo de estimación de la edad en subadultos**

### **V.3.a. LA DENTICION**

**Análisis morfológico de la dentición en subadultos.** Se definen 14 estados de mineralización según el desarrollo de la corona, raíz y cúspides de la dentición permanente (Figura 18), que posteriormente se comparan con cada uno de los dientes mandibulares en las tablas formuladas para cada sexo (Tabla 4). En el caso de desconocer el sexo del individuo es preferible calcular el promedio para ambos sexos (Moorrees et al, 1963; Smith, 1991; Scheuer y Black, 2000).



**Figura 18.** Estados de mineralización en el desarrollo de la corona, raíz y cúspides de la dentición permanente: dientes de raíz única (a) y molares mandibulares (b) (Scheuer y Black, 2000).

### V.3.b. LA PELVIS

**Análisis morfométrico de la pelvis en subadultos.** Se realizan mediciones en las tres regiones de la pelvis (íleon, isquion y pubis). Las variables seleccionadas del ilion, como son la anchura y longitud (Rissech. y Malgosa; 2005); del pubis, como son la longitud y los diámetros vertical y horizontal del área acetabular púbica (Rissech. y Malgosa; 2007); y del isquion, como son la longitud y los diámetros vertical y horizontal de la superficie acetabular del isquion (Rissech et al, 2003) (Figuras 19-23). Los valores obtenidos se introducen en la funciones discriminantes correspondientes en milímetros (Tabla 5), siendo el resultado de éstas la edad. Estas funciones discriminantes permiten la determinación de la edad hasta los 20 años, a excepción de las que incluyen la longitud del pubis (hasta 25 años) y la longitud del isquion (20 años en mujeres y 25 en hombres). Además, están formuladas tanto para sexo conocido, como para sexo desconocido.

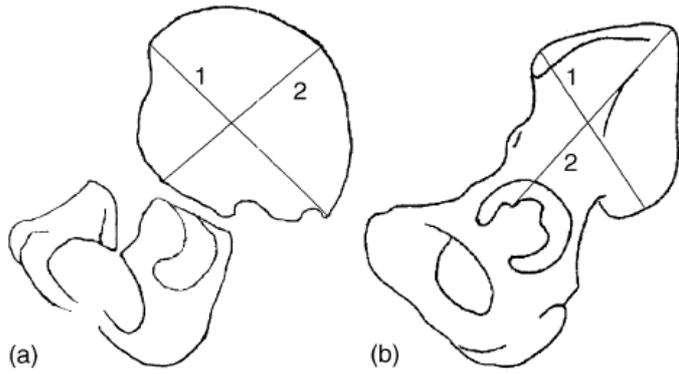
**Tabla 4. DENTICIÓN:** Estimación de la edad mediante análisis morfológicos. Abreviaciones estándar de los estados de formación dental y correspondiente edad para cada diente de la dentadura mandibular en sexo femenino (female) y masculino (male) (Moorrees et al, 1963).

1	Ci	Initial cusp formation
2	Cco	Coalescence of cusps
3	Coc	Crown outline complete
4	Cr ½	Crown half complete
5	Cr3/4	Crown three-quarters complete
6	Crc	Crown complete
7	Ri	Initial root formation
8	Cli	Initial cleft formation
9	R1/4	Root length quarter
10	R1/2	Root length half
11	R3/4	Root length three-quarters
12	Rc	Root length complete
13	A1/2	Apex half closed
14	Ac	Apical closure complete

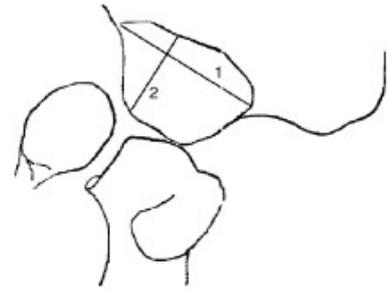
**Mandibular dentition**

Phase	I1	I2	C	PM1	PM2	M1	M2	M3
<b>Females</b>								
Ci	-	-	0.6	2.0	3.3	0.2	3.6	9.9
Cco	-	-	1.0	2.5	3.9	0.5	4.0	10.4
Coc	-	-	1.6	3.2	4.5	0.9	4.5	11.0
Cr1/2	-	-	2.5	4.0	5.1	1.3	5.1	11.5
Cr3/4	-	-	3.5	4.7	5.8	1.8	5.8	12.0
Crc	-	-	4.3	5.4	6.5	2.4	6.6	12.6
Ri	-	-	5.0	6.1	7.2	3.1	7.3	13.2
Cli	-	-	-	-	-	4.0	8.4	14.1
R1/4	4.8	5.0	6.2	7.4	8.2	4.8	9.5	15.2
R1/2	5.4	5.6	7.7	8.7	9.4	5.4	10.3	16.2
R2/3	5.9	6.2	-	-	-	-	-	-
R3/4	6.4	7.0	8.6	9.6	10.3	5.8	11.0	16.9
Rc	7.0	7.9	9.4	10.5	11.3	6.5	11.8	17.7
A1/2	7.5	8.3	10.6	11.6	12.8	7.9	13.5	19.5
Ac	-	-	-	-	-	-	-	-

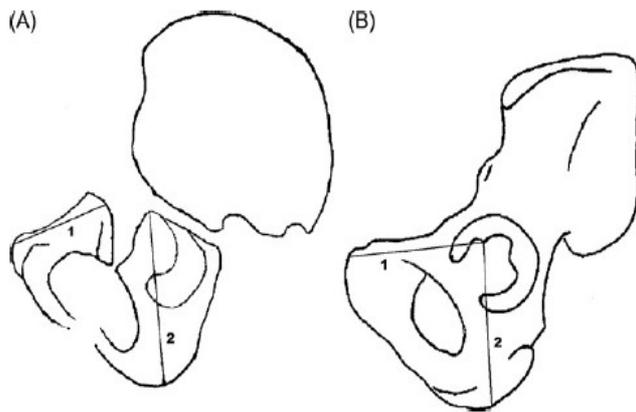
<b>Males</b>								
Ci	-	-	0.6	2.1	3.2	0.1	3.8	9.5
Cco	-	-	1.0	2.6	3.9	0.4	4.3	10.0
Coc	-	-	1.7	3.3	4.5	0.8	4.9	10.6
Cr1/2	-	-	2.5	4.1	5.0	1.3	5.4	11.3
Cr3/4	-	-	3.4	4.9	5.8	1.9	6.1	11.8
Crc	-	-	4.4	5.6	6.6	2.5	6.8	12.4
Ri	-	-	5.2	6.4	7.3	3.2	7.6	13.2
Cli	-	-	-	-	-	4.1	8.7	14.1
R1/4	-	5.8	6.9	7.8	8.6	4.9	9.8	14.8
R1/2	5.6	6.6	8.8	9.3	10.1	5.5	10.6	15.6
R2/3	6.2	7.2	-	-	-	-	-	-
R3/4	6.7	7.7	9.9	10.2	11.2	6.1	11.4	16.4
Rc	7.3	8.3	11.0	11.2	12.2	7.0	12.3	17.5
A1/2	7.9	8.9	12.4	12.7	13.5	8.5	13.9	19.1
Ac	-	-	-	-	-	-	-	-



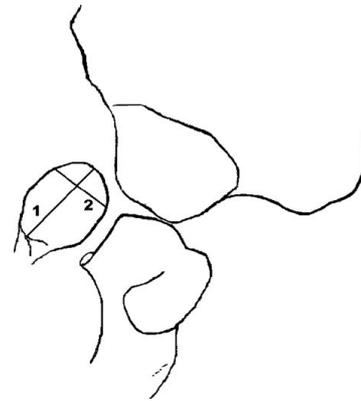
**Figura 19.** Coxal sin fusionar (a) y fusionado (b). Anchura (1) y longitud (2) del ilion (Rissech y Malgosa (2005).



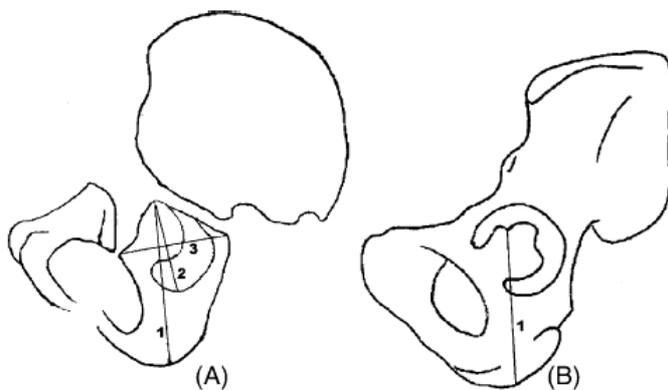
**Figura 20.** Coxal sin fusionar. Diámetro horizontal (1) y vertical (2) de la superficie acetabular del isquion (Rissech y Malgosa; 2005).



**Figura 21.** Coxal sin fusionar (A) y fusionado (B). Longitud púbica (1) y longitud del isquion (Rissech y Malgosa, 2007).



**Figura 22.** Coxal sin fusionar. Diámetro vertical (1) y diámetro horizontal (2) de la superficie púbica acetabular (Rissech y Malgosa, 2007).



**Figura 23.** Coxal sin fusionar (A) y fusionado (B). Longitud del isquion (1), diámetro vertical (2) y horizontal (1) de la superficie acetabular del isquion (Rissech et al, 2003).

**Tabla 5. PELVIS: Estimación de la edad basada en análisis morfométricos en subadultos.(C. Rissech. et al, 2003; C. Rissech. A. Malgosa, 2005; C. Rissech. A. Malgosa, 2007)**

	<b>Función discriminante</b>	<b>%</b>
<i>Anchura ilion (IW)</i>		
Unisex	$-0,639609 \times IW + 0,008672 \times IW^2 - 2,820471 \cdot 10^{-5} \times IW^3 + 14,586156$	92,9
Hombre	$-0,703194 \times IW + 0,009271 \times IW^2 - 2,989249 \cdot 10^{-5} \times IW^3 + 16,612568$	95,7
Mujer	$0,191364 \times IW - 9,785714$	87,4
<i>Longitud ilion (IL)</i>		
Unisex	$-0,678840 \times IL + 0,010835 \times IL^2 - 4,16322234 \cdot 10^{-5} \times IL^3 + 12,783241$	91,7
Hombre	$0,889464 \times IL + 0,012834 \times IL^2 - 4,59915554 \cdot 10^{-5} \times IL^3 + 18,569358$	94,6
Mujer	$-1,216573IL + 0,017736IL^2 - 6,77231396 \cdot 10^{-5}IL^3 + 25,287821$	87,9
<i>Longitud del pubis (PL)</i>		
Unisex	$0,340853 \times PL - 6,489767$	89,6
Hombre	$0,363326 \times PL - 7,373717$	91,2
Mujer	$-87,386412 \times PL + 4,087610$	91,5
<i>Diámetro vertical del área acetabular del pubis (VDP)</i>		
Unisex	$0,579439 \times VDP - 6,599517$	81,2
Hombre	$0,611270 \times VDP - 7,367983$	90,4
Mujer	$-36,231692 \times VDP + 3,464693$	81,3
<i>Diámetro horizontal del área acetabular del pubis (HDP)</i>		
Unisex	$0,810447 \times HDP - 6,585604$	82,3
Hombre	$0,915997 \times HDP - 8,258501$	87,7
Mujer	$-34,570499 \times HDP + 3,959634$	89,7
<i>Longitud del isquion (LIS)</i>		
Unisex	$0,310129 \times LIS - 8,788776$	89,5
Hombre	$0,339301 \times LIS - 10,435795$	88,4
Mujer	$0,316861 \times LIS - 8,775837$	85,6
<i>Diámetro vertical de la superficie acetabular del isquion (DISPA)</i>		
Unisex	$0,518174 \times DISPA - 9,103499$	87,9
Hombre	$0,506702 \times DISPA - 8,919871$	89,9
Mujer	$0,562345 \times DISPA - 10,235900$	84,2
<i>Diámetro horizontal de la superficie acetabular del isquion (DISP)</i>		
Unisex	$0,369626 \times DISP - 6,491406$	88,9
Hombre	$0,370179 \times DISP - 6,561929$	91,1
Mujer	$0,367975 \times DISP - 6,366673$	83,7

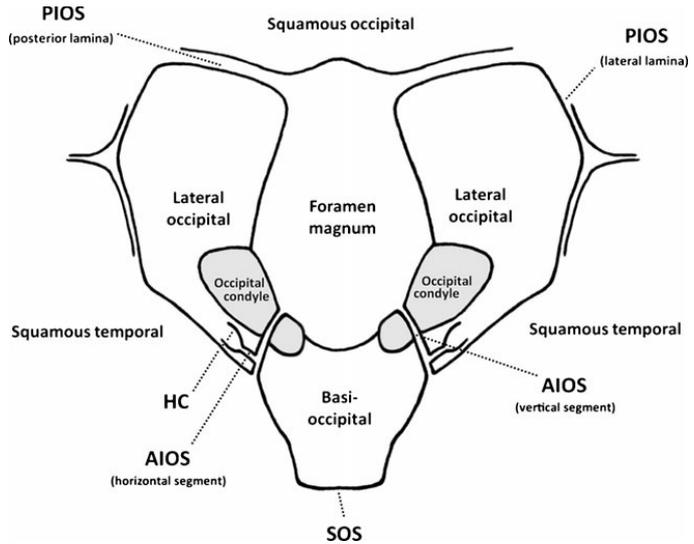
### V.3.c. EL CRÁNEO

Análisis morfológico craneal en subadultos. Se fundamenta en la variación asociada a la edad de los diferentes centros de osificación del hueso occipital. Para lo cual se analizan las sincondrosis intraoccipitales posterior (PIOS y anterior (AIOS), y el canal del hipogloso (HC) (Figura 24) (Cardoso et al, 2013).

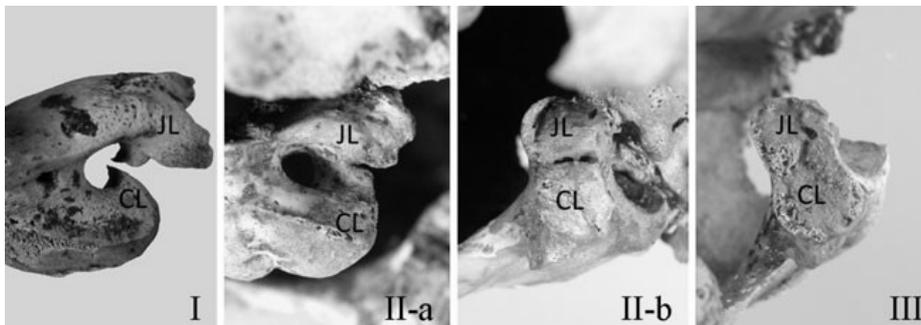
La fusión de las sincondrosis AIOS y PIOS y la formación del HC se anota en ambos lados de acuerdo con el siguiente esquema: estado I, sincondrosis abierta;

estado II, sincondrosis parcialmente borrada (todos los niveles de la progresión de la fusión parcial se registran como una sola etapa, a partir de la fusión temprana, siempre y cuando el borrado no sea completo); y la estado III, sincondrosis completamente borrada (incluso ante la evidencia de la fusión reciente, la sincondrosis será anotada como completamente borrada) (Figura 25).

Los rangos de edad en función de grado de fusión (tabla 6) proporcionan una correcta clasificación del 90%.



**Figura 24.** El diagrama muestra los principales centros de osificación del hueso occipital y sus sincondrosis (Cardoso et al, 2013).



**Figura 25.** Etapas de fusión entre el miembro condilar (CL) y la extremidad yugular (JL) para formar el canal hipogloso. Estado I (I), II (II-a, II-b) y estado estado III (III) (Cardoso et al, 2013)

### V.3.d. EL FÉMUR

**Análisis morfométrico del fémur en subadultos.** Se registran cuatro mediciones tomadas en el fémur que permiten la documentación del crecimiento desde el nacimiento hasta la vejez: 1) longitud diafisaria, 2) longitud diafisaria más epífisis distal, 3) longitud máxima y, 4) diámetro vertical de la cabeza (Rissech et al, 2008). Estas variables pueden ser utilizadas tanto para sexo conocido, como desconocido. Los valores han de ser introducidos en las funciones de predicción de la edad. (Tabla 7).

**Tabla 6. Resumen de las edades (en años) según en grado de fusión de las sincondrosis del hueso occipital en subadultos. (H. F. V. Cardoso et al, 2013)**

Sincondrosis	Sexo	Estado I	Estado II	Estado III
Intraoccipital posterior (PIOS)	F	$\leq 1$	1-4	$\geq 1$
	M	$\leq 2$	1-4	$\geq 2$
	F+M	$\leq 2$	1-4	$\geq 1$
Intraoccipital anterior (AIOS)	F	$\leq 4$	6	$\geq 4$
	M	$\leq 3$	3-7	$\geq 6$
	F+M	$\leq 4$	3-7	$\geq 4$
Canal del hipogloso	F	$\leq 1$	1-4	$\geq 4$
	M	$\leq 1$	1-5	$\geq 5$
	F+M	$\leq 1$	1-5	$\geq 4$

**Tabla 7. Análisis morfométrico del fémur en subadultos (C. Rissech et al, 2008).**

Sexo	Fórmula	Edad límite (años)	%
Hombres	Edad = 0,054 x longitud diafisaria -6,337	Hasta 17	94,9
	Edad = 0,054 x longitud diafisaria más epífisis distal -7,367	Hasta 17	94,6
	Edad = 0,061 x longitud máxima - 9,549	Hasta 19	92,3
	Edad = 0,595 x diámetro vertical de la cabeza -8,992	Hasta 17	94,7
Mujeres	Edad = 0,058 x longitud diafisaria -6,771	Hasta 16	89
	Edad = 0,056 x longitud diafisaria más epífisis distal -7,160	Hasta 16	85,2
	Edad = 0,055 x longitud máxima -7,256	Hasta 17	83,5
	Edad = 0,559 x diámetro vertical de la cabeza -7,577	Hasta 15	89,6
Unisex	Edad = 0,056 x longitud diafisaria - 6,489	Hasta 16	92,5
	Edad = 0,055 x longitud diafisaria más epífisis distal -7,130	Hasta 16	89,7
	Edad = 0,051 x longitud máxima -6,690	Hasta 15	85,9
	Edad = 0,560 x diámetro vertical de la cabeza -7,890	Hasta 15	89

## VI. CONCLUSIONES

Los antropólogos forenses, en el ámbito judicial, son llamados a dar su testimonio experto en casos que involucran restos humanos cuya identificación se desconoce en algunas ocasiones. Por consiguiente, es fundamental el uso de metodologías con un alto grado de precisión, debido a que un resultado erróneo puede tener graves consecuencias llegándose a invalidar el diagnóstico del especialista (*Williams y Rogers, 2006*).

Aunque los métodos en biología molecular proporcionan resultados más precisos que la evaluación morfométrica, estos métodos requieren equipos sofisticados y muchas veces un procesamiento largo en el tiempo, además de la recuperación de ADN de cierta calidad para permitir el análisis de marcadores moleculares. Por lo tanto, si el esqueleto es completo o se conservan las partes más importantes, es posible la obtención de un diagnóstico morfológico fiable y no resulta imprescindible la aplicación de métodos moleculares (*Rösing, 2007*).

En cuanto a la **estimación del sexo**, durante años se han utilizado varios métodos científicos para su diagnóstico: inspección visual, mediciones antropométricas, cronología y calcificación dental, rayos-X, observaciones microscópicas de las estructuras internas del hueso, análisis físico-químicos de la calcificación dental y los tejidos óseos, exámenes de la cromatina sexual y el ADN (*Senn et al, 2010*). La elección de uno u otro método depende de la preservación de los restos humanos en estudio, tanto en lo referente al número de piezas esqueléticas conservadas como al estado de las mismas.

La distintiva morfología de la pelvis humana es claramente el carácter sexual dimórfico de mayor interés desde el punto de vista anatómico, antropológico y forense. En concreto, el hueso coxal es el elemento más dimórfico, compuesto por: ilion, isquion y pubis (*Pellico y Camacho, 1992; Yoldi et al, 2001; Rissech et al, 2003*). Siendo el cráneo el segundo elemento más informativo para la estimación del sexo por presentar también gran dimorfismo sexual (*García-Parra, 2014*).

En lo referente a los esqueletos inmaduros, la estimación del sexo a nivel morfométrico es difícil e imprecisa. En el caso de los adultos, por otra parte, los elementos óseos presentan una relación significativa y positiva entre el patrón de desarrollo y el grado de dimorfismo sexual. En general, las partes de maduración temprana tienen un dimorfismo sexual menor que las de maduración tardía (*Humphrey, 1998*). En consecuencia, las diferencias sexuales son mínimas hasta la pubertad.

En relación a la **estimación de la edad**, en general, sólo la edad fisiológica puede determinarse a partir de un esqueleto, ya que cualquier conclusión con respecto a la edad cronológica

conlleva asumir un riesgo de error. Cuanto mayor es el sujeto, mayor es la discrepancia entre la edad fisiológica y la edad cronológica y por regla general, más difícil será estimar su edad. Desde un punto de vista estadístico, esto significa que el intervalo de confianza de la estimación aumenta con la edad (Rösing, 2007; Cunha et al, 2009).

Cuando se trabaja con restos esqueléticos inmaduros, los métodos más eficaces de estimación de la edad se basan en la información sobre el desarrollo dentario. Sin embargo, estos métodos no pueden ser utilizados fácilmente cuando los restos están mal preservados o la dentición está ausente (Cardoso et al, 2013).

La estimación de la edad, ante la ausencia de marcadores clave del desarrollo, depende en mayor medida de los cambios degenerativos experimentados por los huesos. Esto resulta realmente complicado por la implicación de factores individuales relacionados con factores ambientales y genéticos (Franklin, 2010). La actividad física, la genética, la salud, la nutrición y el estilo de vida afectan al grado en que se expresan los cambios en el esqueleto asociados a la edad (Calce, 2012).

El envejecimiento de los adultos es un proceso biológico correlacionado con el tiempo. Los indicadores de edad incluyen el nivel general de desgaste (cuantificable en los dientes y las articulaciones), degeneración ósea (bien conocido en las epífisis distales de los huesos largos), alteración histológica (en dientes y huesos), alteración de las articulaciones (artrosis, espondilosis, cambios en la sínfisis púbica), aposición de nuevo material (anillos de cemento del diente) y la descomposición química (racemización del ácido aspártico) (Rösing, 2007).

En relación al análisis morfológico, el hueso coxal de la pelvis está reconocido como el elemento más importante en la estimación de la edad y por tanto, también es el más utilizado (Rissech et al, 2013; Calce, 2012).

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

- Alcina, M; Rissech, C; Clavero, A; Turbón, D; (2012). Dimorfismo sexual de la clavícula: un estudio basado en una muestra actual española. *Rev. Esp. Antropol. Fis.* 33: 30-43.
- Bruzek, J; (2002). A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 117: 157-168. doi: 10.1002/ajpa.10012
- Calce, SE; (2012). A new method to estimate adult age-at-death using the acetabulum. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 148: 11-23. doi: 10.1002/ajpa.22026

- Cardoso, HFV; Gomes, J; Campanacho, V; Marinho, L; (2013). Age estimation of immature human skeletal remains using the post-natal development of the occipital bone. *Int. J. Legal Med.*, September, Volume 127, Issue 5, pp 997-1004
- Cattaneo C; (2007). Forensic anthropology: developments of a classical discipline in the new millennium. *For. Sci. Int.*, Volume 165, Issues 2–3, 17 January, Pages 185-193, ISSN 0379-0738
- Cunha, E; Baccino, E; Martrille, L; Ramsthaler, F; Prieto, J; Schuliar, Y; Lynnerup, N; Cattaneo, C; (2009). The problem of aging human remains and living individuals: A review. *For. Sci. Int.*, Volume 193, Issues 1–3, 15 December, Pages 1-13, ISSN 0379-0738
- Dorandeu, A; Coulibaly, B; Piercecchi-Marti, MD; Bartoli, C; Gaudart, J; Baccino, E; Leonetti,G; (2008). Age-at-death estimation based on the study of frontosphenoidal sutures. *For. Sci. Int.*, Volume 177, Issue 1, 2 May, Pages 47-51, ISSN 0379-0738
- Franklin, D; (2010). Forensic age estimation in human skeletal remains: Current concepts and future directions. *Leg. Med.*, Volume 12, Issue 1, January, Pages 1-7, ISSN 1344-6223
- García-Parra, P; Pérez Fernández, A; Djorojevic, M; Botella, M; Alemán, I; (2014). Sexual dimorphism of human sternum in a contemporary spanish population. *For. Sci. Int.*, Volume 244, November 2014, Pages 313.e1-313.e9,ISSN 0379-0738
- Gómez Pellico, L; Fernández Camacho, FJ; (1992). Biometry of the anterior border of the human hip bone: normal values and their use in sex determination. *J Anat. Dec*; 181 ( Pt 3):417-22.
- Humphrey, LT; (1998). Growth patterns in the modern human skeleton. *Am. J. Phys. Anthropol.* 105: 57-72. doi: 10.1002 / (SICI) 1.096-8.644 (199 801) 105: 1 <57 :: AID-AJPA6> 3.0.CO; 2-A
- Irurita, J; Alemán, I; López-Lázaro, S; Viciano, J; Botella, MC; (2014). Chronology of the development of the deciduous dentition in Mediterranean population. *For. Sci. Int.*, Volume 240, July, Pages 95-103, ISSN 0379-0738
- Jain, D; Jasuja, OP; Nath, S; (2013). Sex determination of human crania using Mastoid Triangle and Opisthion-Bimastoid triangle. *J. Forensic Leg. Med.*, Volume 20, Issue 4, May, Pages 255-259, ISSN 1752-928X
- Kranioti, EF; Apostol, MA; (2015). Sexual dimorphism of the tibia in contemporary Greeks, Italians, and Spanish: forensic implications. *Int. J. Legal Med.*, March, Volume 129, Issue 2, pp 357-363
- Machado Mendoza, D; Corona Santander, E; Arredondo Antúnez, C; (2011). Determinación del sexo a partir de la escápula en europoides de ascendencia hispánica. *Rev. Esp. Antropol. Fis.* 32 36-42.
- Masotti, S; Succi-Leonelli, E; Gualdi-Russo, E; (2013). Cremated human remains is measurement of the lateral angle of the meatus acusticus internus a reliable method of sex determination?. *Int. J. Legal Med.* 127(5):1039-44

- Moorrees CFA, Fanning EA, HUNT, EE; (1963). Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J. Dent. RES.* 42 1490-1502
- Rissech, C; García, M; Malgosa, A; (2003). Sex and age diagnosis by ischium morphometric analysis. *For. Sci. Int.*, Volume 135, Issue 3, 27 August, Pages 188-196, ISSN 0379-0738
- Rissech, C; Malgosa, A; (2005). Ilium growth study: applicability in sex and age diagnosis. *For. Sci. Int.*, Volume 147, Issues 2-3, 29 January, Pages 165-174, ISSN 0379-0738
- Rissech, C; Malgosa, A; (2007). Pubis growth study: Applicability in sexual and age diagnostic. *For. Sci. Int.*, Volume 173, Issues 2-3, 20 December, Pages 137-145, ISSN 0379-0738. doi: 10.1111/j.1556-4029.2007.02.022.
- Rissech, C; Schaefer, M; Malgosa, A; (2008). Development of the femur – Implications for age and sex determination. *For. Sci. Int.*, Volume 180, Issue 1, 25 August, Pages 1-9, ISSN 0,379-0738
- Rösing, FW; Graw, M; Marré, B; Ritz-Timme, S; Rothschild, MA; Röttscher, K; Schmeling, A; Schröder, I; Geserick, G; (2007). Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *HOMO*, Volume 58, Issue 1, 26 March, Pages 75-89, ISSN 0018-442X
- Safont, S; Malgosa, ME; (2000). Sex assessment on the basis of long bone circumference. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 113: 317-328. doi 10.1002/1096-8644(200011)113:3<317::AID-AJPA4>3.0.CO;2-J
- Santos, FR; Pandya, A; Tyler-Smith, C; (1998). Reliability of DNA-based sex test. *Nat. Genet.* 18:103
- Schaefer, K; Mitteroecker, P; Gunz, P; Bernhard, M; Bookstein, FL; (2004). Craniofacial sexual dimorphism patterns and allometry among extant hominids. *Ann Anat* 186:471-479
- Scheuer, L; Black, S; (2000). *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press, San Diego, CA
- Seidemann, RM; Stojanowski, CM; Doran, GH; (1998). The use of the supero-inferior femoral neck diameter as a sex assessor. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 107: 305-313. doi: 10.1002/(SICI)1096-8644(199811)107:3<305::AID-AJPA>3.0.CO;2-A
- Senn, D; Stimson, P; (2010). *Forensic Dentistry* 2<sup>nd</sup> ed. New York. CRC Press
- Smith, BH; (1991). Standards of human tooth formation and dental age assessment. In: *Advances in Dental Anthropology*, Edited by Marc A. Kelley and Clark Spencer Larsen. pages 143-168. Wiley-Liss, Inc.
- Williams, BA; Rogers, T; (2006). Evaluating the accuracy and precision of cranial morphological traits for sex determination. *J Forensic Sci.* July; 51(4): 729-735. doi: 10.1111/j.1556-4029.2006.00177.x
- Yoldi, A; Alemán, I; Botella, MC; (2001). Funciones discriminantes del sexo a partir del ilion en una población mediterránea de sexo conocido. *Rev. Esp. Anthropol. Biol.* 22: 23-38

## VIII. ANEXO

**Tabla 1, anexo. PELVIS: Estimación del sexo en base a criterios morfológicos en cinco caracteres (Bruzek, 2002).**

Puntuación de la sexualización				
Caracteres	Condición	Resultado	Evaluación	Diagnóstico
Superficie preauricular	1ª: desarrollo de relieve negativo en la superficie preauricular	f, depresión profunda bien delimitada (hendidura) i, forma intermedia m, relieve suave o ligeramente negativo	$\sum f > \sum m \rightarrow F$	
	2ª: aspecto de los surcos o hendiduras	f, hendiduras o ranuras con circunferencia cerrada i, forma intermedia m, hendiduras o ranuras con circunferencia abierta	$\sum f = \sum m \rightarrow 0$	
	3ª: desarrollo de relieve positivo en la superficie preauricular	f, falta de tubérculo i, forma intermedia m, tubérculo presente o protuberancia clara	$\sum i < \sum m > \sum f \rightarrow M$	
Escotadura ciática mayor	1ª: proporción de la longitud de las cuerdas de la escotadura ciática	f, segmento posterior de la cuerda (AC) más largo que la cuerda anterior (CB) i, forma intermedia m, cuerda posterior (AC) más corta que cuerda anterior (CB)	$\sum i < \sum f > \sum m \rightarrow F$ $\sum f = \sum m \rightarrow 0$ $\sum i < \sum m > \sum f \rightarrow M$	Sexo femenino: $\sum F > \sum M$  Sexo masculino: $\sum F < \sum M$
	2ª: forma del contorno de la escotadura en relación a las cuerdas	f, simetría en relación con la profundidad en la parte basal de la escotadura ciática i, forma intermedia m, asimetría con respecto a la profundidad de la escotadura ciática		
	3ª: contorno de la cuerda de la escotadura posterior en relación con la línea del punto A a la amplitud de la escotadura ciática	f, contorno de la cuerda posterior no cruza la línea perpendicular i, forma intermedia m, el contorno de la cuerda posterior cruza línea perpendicular		
Arco compuesto	Relación entre el contorno de la escotadura ciática y el contorno de las superficies auriculares	Doble curva Forma intermedia Curva individual	F 0 M	Sexo indeterminado: $\sum F = \sum M$
Pelvis inferior	1ª: caracterización del margo inferior ossis coxae	f, eversión externa i, forma intermedia m, trayecto directo de la parte medial	$\sum i < \sum f > \sum m \rightarrow F$ $\sum f = \sum m \rightarrow 0$ $\sum i < \sum m > \sum f \rightarrow M$	
	2ª: ausencia o presencia de la cresta fálica	f, falta de la cresta fálica o presencia solamente de un pequeño montículo i, forma intermedia m, presencia clara de la cresta fálica		
	3ª: aspecto de la rama isquiopúbica	f, aspecto grácil i, forma intermedia m, aspecto robusto		
Proporción isquiopúbica	Relación entre la longitud del pubis y el isquion	Pubis más largo que isquion Forma intermedia Isquion más largo que pubis	F 0 M	

## Young Adult 17-39y

anteroinferio-lateral aspect  
in horizontal viewing plane

anterio-lateral aspect



A. No groove. No anatomical interruption between lunate surface and rim; lunate surface appears smooth and dense; rim appears rounded.

C. Bone appears smooth or dense in the superior area of the lunate surface, below the anterior inferior iliac spine. Normal bone density is observed in this area. Architecture of the rim where it meets the lunate surface is generally dense and exhibits little-to-no osteophytic development. Microporosities (<1mm) on the ilio-pubic and/or ilio-ischial surfaces may be found adjacent to the rim.

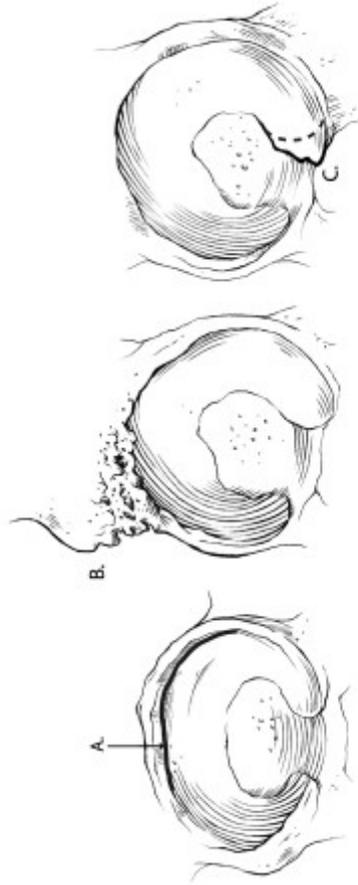
D. At posterior lunate surface: apex is blunted, rounded and smooth to the touch; no spicule has formed.

E. In cases of slight activity, apex is still somewhat rounded but a sharp point at the apex is palpable. Apex has become longer or a small spicule less than 1mm can be felt.

## Middle Adult 40-64y

anteroinferio-lateral aspect  
in horizontal viewing plane

anterio-lateral aspect



A. Pronounced groove is visible between lunate surface and rim; surrounds 25-75% surface area below the acetabular rim.

Clear anatomical interruption is observed between lunate surface and rim; groove is deepened: (1) making the rim appear sharp; and (2) forming a noticeable crest along most of the rim. As a result, fossa appears at a lower position relative to the rim extending inward from the lunate surface.

B. Osteophyte development on the superior area of the lunate surface below the anterior inferior iliac spine results in either: (1) a slight raise of the acetabular rim which is roughened to the touch, although no spicules are present; or (2) a rough acetabular rim where bone is spiculed and sharp. Bone is not rounded or smooth in this area. As a result of spiculed bone, slight crest formation is visible, but bone still appears dense. Micro- and macro-porosity (>1mm) may be observed.

C. Moderate activity at apex; a conspicuous osteophyte develops larger than 1mm, which can be seen with the naked eye; and may surround the entire horn of the posterior lunate surface.

B. Slight groove may surround 25% or less of the surface area of acetabular rim. Slight groove is visible and palpable by running thumb from superior portion of lunate surface over acetabular rim which may appear slightly sharpened as a result. Fossa appears shallow.

Figura 2, anexo. PELVIS: Estimación de la edad basada en análisis morfológicos.

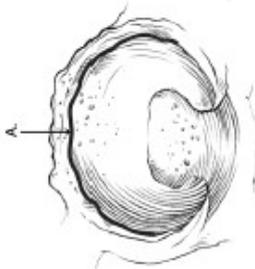
Ilustraciones y descripciones asociadas a la categoría de adultos medios (40-64 años) (Calce, 2012).

Figura 1, anexo. PELVIS: Estimación de la edad basada en análisis morfológicos.

Ilustraciones y descripciones asociadas a la categoría de jóvenes adultos (17-39 años) (Calce, 2012).

Old Adult 65y+

anteroinfero-lateral aspect  
in horizontal viewing plane



A. Very pronounced groove is visible between lunate surface and rim; surrounds more than 75% surface area below the acetabular rim. Very pronounced groove is extremely deep. There is obvious discontinuity between this area and the lunate surface. As a result, rim appears sharp and crest is heightened so that fossa appears at a lower position relative to the rim extending inward from the lunate surface.

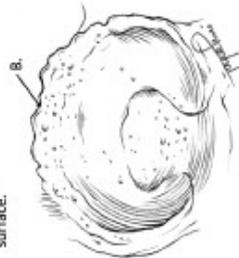
anterio-lateral aspect



C. A destructured rim is found below the anterior inferior iliac spine. Bone growth encroaches on the superior area of the lunate surface forming a raised rim; or very high crest. Bone may be porous in this area but micro-porous and macroporosity is dependent upon degree of osteophytic development. Alternatively, bone may appear dense with large bony spicules to form an irregular, bumpy surface that is roughened to the touch.



D. Extreme activity at apex a prominent osteophyte develops larger than 3mm, and may surround the entire horn of the posterior lunate surface. Osteophyte may cross acetabular notch to meet with the anterior horn of lunate surface and may be larger than 5mm.



B. Groove may be obliterated by extreme osteophyte development on the rim; bone remodeling at the rim eliminates a once present groove, replacing it with an irregular surface of spiculated bone or porous crest. Tissue discontinuity between the lunate surface and the rim is faint, or nonexistent.

Figura 3, anexo. PELVIS: Estimación de la edad basada en análisis morfológicos. Ilustraciones y descripciones asociadas a la categoría de adultos ancianos (+65 años) (Calce, 2012).