

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria



**ESTUDIO MEDIANTE ANÁLISIS DE IMAGEN DE LOS
HUESOS LARGOS EN RELACIÓN CON LA EDAD**

**MEMORIA PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR POR Fernando Moreno Cantero**

Bajo la dirección del Doctor:
José Antonio Sánchez Sánchez

Madrid, 2001

ISBN: 84-669-2072-2

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA Y LEGISLACIÓN SANITARIA



TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO MEDIANTE ANÁLISIS DE IMAGEN DE LOS HUESOS
LARGOS EN RELACIÓN CON LA EDAD**

**FERNANDO MORENO CANTERO
Madrid, 2001**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al director de esta tesis, D. Jose Antonio Sánchez Sánchez, el cual me ha hecho despertar el interés por la investigación, además de confiar en mi capacidad para desarrollarla.

Además, no puedo dejar de agradecer a D. Pedro Cuesta, del Centro de Cálculo de la Universidad Complutense de Madrid, el desarrollo y orientación sobre el análisis estadístico del presente trabajo, sin cuya ayuda habría sido más que difícil llevarlo a cabo.

Finalmente, no puedo olvidarme de todos aquellos, tanto familiares como amigos, que algún momento, a lo largo de estos años, han mostrado algún interés por este trabajo, proporcionándome el empuje necesario para ello.

ÍNDICE

I.INTRODUCCIÓN.....	4
1. Estudios morfológicos.....	5
1.1 Suturas craneales.....	7
1.2 Cartílago tiroides.....	15
1.3 Radiografía de tórax y mineralización del cartílago costal.....	16
1.4 Costilla.....	19
1.4.1 Estudios radiológicos.....	19
1.4.2 Estudios morfológicos directos.....	21
1.5 Escápula.....	26
1.6 Columna vertebral.....	28
1.7 Cresta iliaca.....	30
1.8 Superficie auricular.....	31
1.9 Sínfisis púbica.....	34
1.10 Otros métodos morfológicos.....	41
2. Métodos histológicos.....	42
3. Métodos radiológicos.....	46
4. Análisis dental.....	51
5. Métodos combinados.....	60
II. OBJETIVOS.....	61
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	64
1.Material.....	65

2. Métodos.....	70
2.1 Método radiológico.....	70
2.2 Método de medición.....	72
2.3 Métodos estadísticos.....	77
IV. RESULTADOS.....	78
1. Análisis de las correlaciones entre las variables.....	79
1.1 Regresiones lineales simples.....	79
1.2 Regresiones lineales múltiples.....	83
1.2.1 Correlaciones significativas entre variables.....	83
1.2.2 Modelos de asociación de las diferentes variables (combinada).....	90
1.3 Morfometría por análisis de imágenes.....	95
2. Estudio de los residuales.....	101
V. DISCUSIÓN.....	102
1. Justificación de la selección de la muestra y metodología.....	103
1.1 Sobre la muestra.....	103
1.2 Sobre la metodología.....	104
2. Comportamiento de las variables analizadas en función del sexo y la pieza ósea.....	105
2.1 En función del sexo.....	106
2.2 Diferencias según la pieza ósea considerada.....	106
3. Predicción de la edad en función de las distintas variables.....	107
4. Estudio comparativo con otras metodologías.....	111
4.1 Estudios morfológicos.....	111

4.1.1	Suturas craneales.....	111
4.1.2	Cartílago tiroides.....	113
4.1.3	Radiografía de tórax y mineralización del cartílago costal.....	113
4.1.4	Costilla.....	114
4.1.5	Escápula.....	114
4.1.6	Columna vertebral.....	115
4.1.7	Cresta iliaca.....	115
4.1.8	Superficie auricular.....	116
4.1.9	Sínfisis púbica.....	116
4.1.10	Otros métodos morfológicos.....	117
4.2	Métodos histológicos.....	117
4.3	Métodos radiológicos.....	118
4.4	Análisis dental.....	119
4.5	Métodos combinados.....	121
5.	Análisis de factores metabólicos que pudieran influir en la determinación.....	122
VI. CONCLUSIONES.....		124
VII. APÉNDICE I.....		127
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....		137

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios antropométricos se remontan a los primeros tiempos en la historia de la Antropología. De las fuentes de la Antropología Biológica surge la Antropología Forense, ciencia que constituye un importante capítulo dentro de las disciplinas médico legales (*Sánchez y Sanz, 1991*). La actual Antropología Forense surge a partir de los estudios que se realizan en

EEUU después de la 2ª Guerra Mundial, siendo representativos los de *Stewart* (1979), *Krogman e Iscan* (1986), y en España, *Reverte Coma* (1991).

De entre la multitud de metodologías que pueden desarrollarse en torno a lo señalado, destaca por su importancia histórica, más que por su precisión, como veremos a lo largo del presente trabajo, los métodos descriptivos o morfológicos, que en la actualidad se siguen utilizando. En los últimos tiempos se ha intentado superar éstos a través de estudios de índole histológico, radiológico, bioquímico (aminoácidos), etc.

1. ESTUDIOS MORFOLOGICOS

La importancia de los estudios morfológicos o descriptivos reside fundamentalmente en la posibilidad de poder realizar el diagnóstico de especie así como el diagnóstico individual.

A su vez dentro del diagnóstico individual nos permitirá identificar la raza o grupo étnico, el sexo y la talla. Eventualmente se verían complementados por datos proporcionados por elementos individualizadores extrínsecos al cadáver que hayan resistido el paso del tiempo sin destruirse ni deteriorarse como son cinturones, medallas o joyas, entre otros; caracteres patológicos: naturales o traumáticos, que asientan sobre el esqueleto; identidad radiológica o dental, etc.

El *diagnóstico de la raza o grupo étnico* se realiza fundamentalmente a través del estudio del cráneo, si bien después resulta complejo adjudicar a un grupo determinado, el individuo que se estudia.

La *determinación del sexo* es en general posible cuando se dispone de los huesos de la pelvis, del cráneo y de los fémures.

La *determinación de la edad* encuentra su fundamento en las sucesivas transformaciones que el sistema óseo experimenta en su evolución. Estas son muy marcadas en los periodos extremos de la vida, infancia y senectud, pero paulatinos y poco evidentes en las edades intermedias. No obstante, a pesar de esta afirmación, comprobaremos a lo largo de la presente introducción que es precisamente en el periodo de la ancianidad, donde se centran grandes dificultades a la hora de precisar la edad de los restos. Su determinación se basa en la evolución dentaria y marcha de la osificación.

La *determinación de la talla* se realiza en base al estudio de la longitud de los huesos a nivel individual. A partir de ellos, mediante fórmulas o bien tablas, se infiere la estatura del individuo.

A continuación llevaremos a cabo una descripción detallada de aquellas metodologías más representativas aplicadas sobre cada hueso con el fin de averiguar la **edad del individuo**. Los elementos óseos sobre los que se realizarán los estudios a los que hemos hecho referencia son:

- 1.- Suturas craneales.
- 2.- Cartílago tiroides.
- 3.- Radiografía de tórax y mineralización del cartílago costal.
- 4.- Costilla.
- 5.- Escápula.
- 6.- Columna vertebral.
- 7.- Cresta ilíaca.
- 8.- Superficie auricular.
- 9.- Sínfisis púbica.
- 10.- Otros.

1.1. SUTURAS CRANEALES.

Los primeros estudios que intentaron correlacionar las transformaciones morfológicas que sufren las suturas craneales a lo largo de la vida con la edad del individuo, se remontan a los trabajos de Todd y Lyon, realizados en 1924 y 1925, sobre una muestra compuesta por cráneos de sujetos varones, de raza blanca y negra. Sin embargo este estudio, como más adelante reconocieron los mismos autores carece de fiabilidad, debido a las anomalías que cometieron al componer la muestra, desechando cráneos "supuestamente defectuosos".

Estos autores señalan que si bien no se encuentran diferencias en la determinación de la edad, ya sea a partir del endocráneo o exocráneo, el cierre exocraneal es más tardío y con tendencia a permanecer incompleto. La estimación de la edad a partir del estudio del cierre sutural a nivel endocraneal resultaría más exacta que el realizado en el ectocráneo.

Debido a estas discrepancias entre endo y ectocráneo surgieron numerosos comentarios a lo largo de la historia sobre la fiabilidad de la edad estimada basándose en el cierre sutural.

En este sentido, *Brooks* (1955) llega a la conclusión de que el estudio de las suturas craneales, incluso a nivel endocraneal, se correlaciona pobremente con la edad, por lo que no debería usarse, y con precaución, en caso de hacerlo.

Uno de los estudios realizados con más seriedad fue el de *Stewart y McKern* en 1957, apoyándose en un trabajo previo de *Singer* (1953).

Al igual que Todd, diferencian cinco estadios en la evolución del cierre sutural. A continuación establece once grupos de edad, desde los diecisiete hasta los cincuenta años, sobre una muestra de 357 individuos.

Parece ser que este método tendría valor para determinar edades entre diecisiete y cincuenta años, siempre y cuando estudiemos el cierre de las suturas de la bóveda craneal (coronal, sagital y lambdoidea), ya que esto no se cumple en aquellas que la circundan (esfenotemporal, parietomastoidea y mastooccipital) con excepción de la sutura escamosa, debido a que su cierre se produciría hacia la octava o novena década, con lo que no se correspondería con el estadio más avanzado de cierre en la bóveda, es decir un estadio cuatro (que equivale a una edad superior a los cincuenta años). El principal inconveniente de este estudio radica en que fue realizado sobre la porción exocraneal de las suturas.

Perizonius, en 1984, sobre una muestra de doscientos cincuenta y seis hombres, y veinte mujeres, con edades comprendidas entre 29 y 99 años, estudia el estado de osificación de las suturas coronal (C), a la que divide en derecha e izquierda, la sagital (S), y la lambdoidea (L), distinguiendo en ésta, igualmente, derecha e izquierda, tanto a nivel endocraneal, como exocraneal. A su vez las suturas C derecha e izquierda son divididas en tres (C1, C2, C3), la S en cuatro (S1, S2, S3, S4) y la L derecha e izquierda en tres (L1, L2, L3). Su grado de cierre se codifica de 0 a 4, en el que 0 es abierta, 1 cierre incipiente, 2 cierre en proceso, 3 cierre avanzado y 4 cerrada.

Posteriormente, el valor del estado de cada sección es sumado al resto de secciones de cada sutura, tanto derecho como izquierda si procede, y se divide por seis o cuatro según la sutura estudiada. Este mismo proceso se aplica en la sutura endocraneal, dividiendo el resultado total por 16. La muestra es dividida en intervalos de diez años de edad y estudia, en un primer tiempo la correlación del cierre con el sexo, no encontrando, al igual que Nemeskéri y Acsádi (1960), diferencias entre hombres y mujeres en el estado de calcificación de las suturas. Aplicando el coeficiente de Spearman, obtiene una alta correlación entre la edad y el estado de las suturas endocraneales, en menores de 50 años, con una $p < 0.001$. En sujetos ancianos, consideran que sería un buen indicador, ya que en el rango de edades de 74 años, obtiene una desviación estándar de nueve años, aplicando una nueva sutura a la que denomina “selección de suturas viejas”, compuesta por la media del estado de cierre de cinco secciones (C3r y S1

endocraneales, y C2r ectocraneal, junto con la C3l endocraneal y C2l ectocraneal) menos el estado medio de cierre de las dos secciones siguientes, L3r y L3l ectocraneal.

La edad determinada no parece sufrir variaciones debidas a la raza, ni al lado del cráneo en que se efectúa el estudio. Este extremo, posteriormente, se vería confirmado por Miendl y Lovejoy (1985), que además señalarían que tampoco se modifica en función del sexo.

Finalmente, considera que, es un buen indicador de la edad, y que los casos en los que, en individuos ancianos han aparecido suturas sin cerrar, habría que considerar la posibilidad de que se tratara de hechos aislados.

Como siempre que se tiene un parámetro cuya fiabilidad no es suficiente, se busca su asociación a otros, con el objeto de aumentar su exactitud. De esta manera, algunos autores elaboran métodos que combinan varios elementos, empleando entre ellos el cráneo.

· *Nemeskéri y Acsádi* (1960).- Desarrollan el denominado "método complejo", estudiando la edad esquelética en cuatro elementos del mismo: sínfisis púbica, epífisis proximal del fémur y las suturas a nivel endocraneal. Este método fue escogido, en 1980, en las "Recomendaciones para el diagnóstico del sexo y la edad del esqueleto", en la Conferencia Internacional de Paleodemografía, siendo profusamente criticado desde entonces.

El desarrollo de su técnica, a nivel cráneo, se describe en el trabajo de Perizonius (1984), consistiendo, fundamentalmente, en la valoración del estado de calcificación de la sutura coronal, sagital y lambdoidea, en una escala de 0 a 4, dividiéndola en subsecciones, al igual que Perizonius en el ectocráneo. Una de las críticas que se realizaron a dicho método fue que, sólo se realizó el estudio de las suturas craneales, sobre cráneos en los que era posible apreciar simétricamente las mismas.

· *Meindl y Lovejoy* (1985 y 1990), llevan acabo el estudio más reciente sobre suturas craneales, relacionando el cierre de las mismas con la edad, al formar parte de una técnica de análisis multifactorial para el cálculo de la misma, llamado "SUMMARY AGE". No sólo tiene en cuenta el cierre de las suturas de la bóveda sino también el de las suturas del sistema lateral-anterior, ambos a nivel exocraneal.

Concluyeron que su determinación era más fiable que la obtenida mediante el análisis de la sínfisis pubiana desarrollado por Stewart y McKern. Su estudio obtuvo una desviación media, en el caso del sistema lateral-anterior de 7.5 años mientras que en la bóveda fue de 14.2 años, es decir sería más fiable el sistema lateral-anterior sobre el de las suturas de la bóveda; y por otro sobre el que las evalúa endocranealmente, donde la desviación media oscila entre 13.08 y 16.6 años. Aun a pesar de lo exitoso de su método, en los casos en los que el estudio se desarrolle sobre cráneos cerrados, la edad debe ser calculada con la ayuda del estudio de la pelvis, indicadores radiológicos y especialmente de la atricción dental. Los elementos que componen el sistema lateral anterior se describen a continuación a propósito del trabajo de Bedford y col. (1993).

· *Bedford y col. (1993)*, elaboran un método similar a los anteriores autores, calculando la edad mediante un sumatorio de la edad (“summary age”), a partir de la superficie auricular (n=48), sínfisis púbica (n=54), radiografía de la epífisis proximal del fémur (n=54) y radiografía de la clavícula (n=51), según la metodología descrita por Lovejoy y col (1985), Meindl y col (1985), Walker y Lovejoy (1985), respectivamente.

$$\text{Summary age} = \frac{[0,81 (\text{superf. Auric}) + 0,78 (\text{pubis}) + 0,67 (\text{clavícula}) + 0,75 (\text{fémur})]}{(0,81 + 0,78 + 0,67 + 0,75)}$$

Concluyen que, los mejores resultados son obtenidos aplicando este sumatorio, con un bajo error interobservador y una alta correlación interobservador.

El elemento evaluador que, individualmente, se comporta mejor es la superficie auricular del íleon en mayores de 40 años, mientras que en adultos jóvenes (menores de 40 años) el pubis es el más fiable. Aún así, existe una tendencia a la inexactitud en este cálculo, conforme mayor es la edad del individuo a estudiar, así en los ancianos se sobrestima, aunque en los jóvenes se produce el fenómeno contrario, por lo que se suele infraestimar. En mayores de 60 años, el error promedio es de 11,9 años. Los mejores resultados los obtienen en el intervalo de edad entre los 17 y los 29 años, con un error de 5,2 años.

Tabla 1.- *Determinación de la edad basado en el cierre de las suturas del sistema lateral-anterior del ectocráneo (esfenofrontal, esfenotemporal inferior, pterion y mediocoronal)*

Valor determinado	Edad media	Desv. Estándar	Desv. Media	Intervalo
0 (abierta)				- 50
1	32,0	8,3	6,7	19 - 48
2	36,2	6,2	4,8	25 - 49
3, 4, 5	41,1	10,0	8,3	23 - 68
6	43,4	10,7	8,5	23 - 63
7, 8	45,5	8,9	7,4	32 - 65
9, 10	51,9	12,5	10,2	33 - 76
11,12,13,14	56,2	8,5	6,3	34 - 68
15 (cerrada)				

Como ya hemos indicado con anterioridad los estudios posteriores a Todd (1921) han despreciado de forma constante la observación exocraneal de las suturas en favor del análisis endocraneal. Esto se debió a que observaron el fenómeno descrito como "lapsed union" o unión caduca. El hecho de que se estudie el sistema de la calota es debido a su mayor durabilidad como resto arqueológico.

No todos los intentos de establecer un método capaz de determinar la edad de un individuo a partir de su cráneo se centraron en el estudio de las suturas craneales. *Todd* (1939) y *Cobb* (1952) ya se dieron cuenta en sus trabajos, que existían una serie de variaciones en las características morfológicas del cráneo según avanzaba el individuo en edad; aunque con el inconveniente de no ser susceptibles de estandarizarse, como por ejemplo:

* La "textura" del cráneo de un adulto joven es lisa y marfileña tanto en su superficie externa como interna. Cerca de los cuarenta años, con una variación de más menos cinco años, la superficie comienza a hacerse mate y granular confiriéndole una sensación de rugosidad.

* A partir de los veinticinco años comienzan a aparecer las marcas debidas a las "líneas de inserción muscular" (línea temporal, línea nugal, inserción del músculo masetero).

* Las "granulaciones de Pachioni" se hacen más marcadas con la edad y al mismo tiempo aumentan en número conforme el individuo envejece.

* El surco que deja "la arteria meníngea media" sobre la cara interna del cráneo también aumenta en su profundidad.

* Los surcos de los "senos venosos" se van atenuando progresivamente con la edad, debido a que se produce un reemplazamiento óseo al disminuir la vascularización del díploe.

* Se produce también un "adelgazamiento del hueso craneal", aunque debido a su extremada variabilidad no es posible establecer una estandarización de este proceso. No existen diferencias raciales.

Los trabajos más recientes, se basan en el empleo de la articulación petroexoccipital (*Hershkovitz* y col. 1997) y la articulación entre esfenoides y occipital (*Sahni*, 1998).

La articulación petroexoccipital, es la sincondrosis yugular. *Hershkovitz* y col., partiendo sobre la base de que dicha articulación se cierra entre los 20 y 50 años de edad, estudian su estado en tres fases que comprenden su visualización directa y mediante tomografía axial computerizada (TAC). Sus resultados no fueron concluyentes. En el 7-10 % de los casos, aparecerá cerrada en menores de 20 años, y la encontraremos abierta entre el 5 y el 9% de los mayores de 60 años. La probabilidad de hallar la articulación petroexoccipital abierta y que dicho

sujeto sea menor de 20 años es de un 95 %, mientras que si ésta se encuentra cerrada, la probabilidad de que éste sea mayor de 40 años es del 78%.

Sahni (1998) estudia el estado de fusión o cierre de la sincondrosis mencionada (esfenoides-occipital). Para lo cual, toma dos muestras de edad conocida, en una de ellas la valoración del cierre se realiza mediante rayos x, de la pieza extraída de autopsia (50 varones y 34 mujeres, entre 10 y 20 años). La segunda muestra, consistente en 46 varones y 27 mujeres, de edades comprendidas entre 10 y 19 años, se somete a exámen de TAC la zona en cuestión.

Sus resultados mostraron que, en el caso de los varones, si esta sincondrosis está completamente fusionada su edad sería de 15 años o más; mientras que si la fusión es parcial o no se ha producido aún, será inferior a los diecinueve. En las mujeres, la unión tiene lugar entre los 13 y 17 años.

Tabla 2.- Relación de resultados de Sahni, en cuanto a sensibilidad y especificidad en la sincondrosis

	Varones	Mujeres
Sensibilidad	94,3%	80%
Especificidad	90,2%	88,2%
Falsos +	9,8%	11,1%
Falsos -	5,7%	20%

Los estudios más recientes, sin embargo, desprecian el estudio del cierre de las suturas craneales como método para determinar la edad, ya que concluyen que el cierre no es un fenómeno progresivo. *Herskovitz y col. (1997)*, sobre una muestra de 3.638 cráneos, evalúan la evolución de la sutura sagital. Intentan evitar errores, en los que habrían incurrido los anteriores autores, al desarrollar una fórmula matemática en la que realiza un sumatorio de las longitudes de los fragmentos de sutura que permanecen abiertos y lo divide por la longitud total de la sutura, multiplicado por cien. Establecen categorías, totalmente cerrada, parcialmente cerrada, parcialmente abierta y totalmente abierta. Los intervalos de edad van desde los 20 a los 70 años, de cinco en cinco años. Concluyen que el cierre de la sutura sagital no es útil para determinar la edad, al apreciar que se trata de un fenómeno que no es progresivo, pudiendo encontrar, por ejemplo, un cráneo con dicha sutura cerrada en cualquier intervalo de edad. Los estudios estadísticos, además, revelan diferencias raciales y sexuales, en dicha evolución.

1.2. CARTILAGO TIROIDES.

Este "particular hueso" es raramente encontrado en los casos forenses, la razón no es otra que su falta de capacidad para resistir el paso del tiempo o bien que no es recuperado al coleccionar los restos óseos.

Hay varios autores que intentaron estudiar el proceso progresivo de mineralización que sufre conforme el individuo avanza en edad, entre otros Cerny (1983).

Cerny (1983) trabaja resumiendo los estudios históricos previos a su investigación al mismo tiempo que proporciona una colección de cinco casos. El peso del cartílago en estos cinco casos oscila entre 2.52 gramos (hombre, 54 años) y 4.70 gramos (hombre, 80 años), indicando un incremento de la osificación desde los cincuenta a los ochenta años.

Diferenció su metamorfosis en nueve fases empezando a los quince años hasta los sesenta y ocho años. Descripción que hacemos a continuación:

- Fase 1 (15-17 años).- El primer centro de osificación hace su aparición en la porción más baja de la futura barra lateral.

- Fase 2 (18-21 años).- El centro de osificación de la base del cuerno inferior o de su porción más terminal y el localizado en el área del tubérculo tiroideo inferior se fusionan para formar la zona denominada como "triángulo inferior posterior". Posteriormente un proceso de osificación parte desde este triángulo en todas las direcciones - caudal y cranealmente - hacia la porción media del cartílago, en su rama inferior.

- Fase 3 (21-26 años).- Osificación del cuerno inferior.

- Fase 4 (25.5 -31 años).- Osificación del cuerno superior.

- Fase 5 (28-29 años).- Osificación de la rama inferior.

En la cuarta década de la vida, el lado derecho y el izquierdo de la rama inferior se fusionan en la línea media.

- Fase 6 (37.5-45 años).- Osificación del proceso paramedial, desarrollando así la barra paramedial.

- Fase 7 (48-53.5 años).- Desarrollo de la ventana posterior y formación del proceso medial.

- Fase 8 (51-58 años).- Osificación de la rama superior y crecimiento del proceso medial, desarrollando una barra que se fusiona con la rama superior.

- Fase 9 (57-68 años).- Formación de la ventana anterior y completamiento de la osificación de las láminas derecha e izquierda.

El autor llama la atención, sobre el hecho de que sólo las fases uno y dos son válidas para ambos sexos y el resto de los intervalos de edad, únicamente, para los individuos de sexo masculino. Además, previene que después de, aproximadamente, los setenta años de edad, el cartílago osificado podría sufrir un proceso de reabsorción lacunar. En consecuencia individuos sin experiencia a la vista de estos restos podrían considerar que se trata de un individuo joven. A esto hay que añadir que, en aquellos casos en los que sobrevenga un traumatismo simétrico sobre el cartílago tiroides puede inducir a error en la estimación de la edad.

1.3. RADIOGRAFIA DE TORAX Y MINERALIZACION DEL CARTILAGO COSTAL.

Barrés, Durigon y Paraire (1989) presentaron un método para estimar la edad a partir del análisis de radiografías realizadas sobre el tórax en una proyección postero-anterior, obtenidas durante la realización de autopsias rutinarias. Su estudio dio lugar a la formulación de una ecuación de regresión que nos permite calcular la edad de un individuo con un error estándar de 8.43 años y un intervalo de confianza del 95% entre ± 17 años, lo cual estaría dentro del rango de los métodos macroscópicos más tradicionales (sínfisis púbica, suturas craneales), aunque según estos autores con la ventaja de que su método es más simple y rápido.

La metodología que siguieron consistió en la toma de radiografías de tórax a cincuenta y cinco individuos durante su autopsia, cada radiografía fue realizada en sentido postero-anterior con unos patrones determinados en cuanto a distancia a la placa y potencia aplicada. Las edades de la muestra oscilan entre los diecisiete y los setenta y cuatro años para los hombres, y entre treinta y uno y setenta y cuatro años entre los individuos de sexo femenino; siendo tanto unos como otros de raza blanca. Posteriormente tres observadores evaluaron, independientemente, una

serie de características en cada placa sin tener conocimiento previo de la edad o sexo del individuo radiografiado. Las características son:

- a.- Desmineralización ósea (BD).
- b.- Fusión de los elementos del manubrio esternal (FM).
- c.- Cambios en los ligamentos costo-cartilagosos (RC).
- d.- Mineralización del cartílago costal (CM).
- e.- Cambios en la fijación cartílago-esternón (CS).

A su vez cada característica es valorada de 1 (muy ligera) a 5 (marcada).

Cada observador llevó a cabo dos evaluaciones sucesivas, con un lapso de tres meses, con el objeto de prevenir el reconocimiento de alguna placa radiográfica en particular o de mantener en la memoria la primera evaluación. La primera fue desarrollada sin experiencia alguna sobre la materia, mientras que la segunda se hizo con la ayuda de una plantilla fotográfica en la que se reproducían los grados de las características típicas, en las que los tres observadores estaban de acuerdo. El empleo de la plantilla fotográfica hizo que el ejercicio de evaluar fuera más sencillo y además condujo a un ligero incremento en la capacidad de reproducir el método por otros autores.

Se establecieron dos tipos de análisis, uno llamado en "dos dimensiones", que analiza los coeficientes de correlación de cada edad con una característica determinada; y el análisis multivariado, en que cada característica se promedió sobre la aportación de los tres juicios. Se establecieron una serie de análisis por los que se intentaba estudiar el mejor coeficiente de correlación entre las características y la edad, encontrándose que la correlación más fuerte se halla en la mineralización del cartílago, seguida en orden decreciente por la fijación cartílago-esternón, fusión de los elementos del esternón, fijación costilla-cartílago y desmineralización ósea.

El dato aportado por *Barrés* y sus colaboradores, de que la mineralización ósea se muestra como la correlación más fuerte con la edad (sobre todo en el hombre) está de acuerdo

con los hallazgos de McCormick. Elaboraron la siguiente ecuación matemática para la determinación de la edad:

$$\text{Edad} = \text{CS} \times 0.89 + \text{FM} \times 0.03 + \text{CM} \times 0.03 + \text{BD} \times 0.02$$

McCormick (1980) siguiendo la línea de Barré y otros autores, se afana en buscar una técnica que obtenga una rápida aproximación a la edad de unos restos humanos que pueden estar parcial o totalmente esquelizados; y que al mismo tiempo sea barata y requiera escasa experiencia, pudiendo todo esto, en cierta manera suplir su falta de precisión.

Su método consistió en tomar doscientas diez piezas de tórax obtenidas durante las autopsias realizadas a otros tantos individuos, conformadas por esternón, cartílagos costales y porciones terminales de las costillas (aproximadamente los últimos cinco centímetros) en él insertadas, junto con los tejidos blandos que conforman la articulación costoesternal. Sus edades oscilaban desde los tres meses hasta los ochenta y seis años. Para evaluar el grado de resistencia del cartílago costal a la descomposición y la degeneración, del total de la muestra se tomaron veinte piezas y se expusieron al medio ambiente externo durante cuatro meses. Una vez realizada y revelada la radiografía se valora el grado de mineralización de los cartílagos de forma arbitraria desde 0 (ausencia de calcificación) a +4 (máxima calcificación).

Entre las conclusiones que obtuvo destacamos las siguientes:

- * La mineralización de los cartílagos costales es un suceso común en los adultos y está groseramente relacionado con la edad.
- * El método no permite obtener un grado de precisión comparable al conseguido por expertos experimentados en la evaluación de restos óseos, por lo que más vale pensar en este método como un test de screening, aplicándolo en grandes desastres de masas.

En su contra figurarían lo limitado del tamaño de la muestra y la necesidad de mejorar el sistema de gradación. Al tratarse de un estudio preliminar no llega a establecer una desviación estándar, ni un intervalo de confianza.

1.4. COSTILLA.

La costilla constituye un lugar idóneo para el estudio de la edad del individuo. A esta conclusión llegó Iscan y sus colaboradores a la vista de los trabajos histológicos, radiológicos y morfológicos que se habían realizado hasta el momento.

1.4.1 Estudios radiológicos

Los estudios revelaron que se produce un incremento de la mineralización del cartílago costal conforme avanza la edad; en este apartado se circunscriben los trabajos anteriormente descritos elaborados por McCormick. *Michelson* (1934) estudió la calcificación del cartílago de la primera costilla mediante la observación de radiografías efectuadas a una muestra de cinco mil noventa y ocho individuos de nacionalidad estadounidense de razas blanca y negra, llegando a las siguientes conclusiones:

- La calcificación del cartílago costal no tiene lugar antes de los once años y se produce desde la costilla dirigiéndose al esternón.
- No existen diferencias sexuales hasta que el individuo alcanza los quince años de edad, pero a partir de los dieciséis los componentes masculinos de ambas razas muestran una intensa calcificación. Las diferencias sexuales persisten hasta los sesenta y seis años de edad, momento en el que ambos sexos se aproximan al estadio final de la calcificación.
- El pico de máxima calcificación se produce a los veinte años de edad para ambos sexos y razas. A partir de los cuarenta años el ritmo de calcificación decrece marcadamente.

- En los individuos de raza negra, de ambos sexos el proceso se produce de forma mucho más rápida que en los blancos.

La estimación de la edad sobre la costilla a través de estudios radiológicos quedó descartada, no sólo por el complicado proceso de mineralización que sufre este hueso sino también por la dificultad que existe para disponer de la extremidad esternal de la costilla incluido el cartílago costal.

La mayor aportación de este tipo de estudios basándose en la mineralización del cartílago costal fue el apereamiento de un claro dimorfismo sexual en el patrón de dicha mineralización, no sólo en cuanto a su disposición espacial sino también por la distinta velocidad en que se produce ésta. En el setenta por ciento de los hombres la calcificación tiene lugar en los márgenes superior e inferior del cartílago costal, mientras que sólo ocurre esto en el once por ciento de las mujeres. Por otro lado en el setenta y seis por ciento de las mujeres tiene un patrón central de depósito cálcico, en oposición al doce por ciento que se describe en los individuos masculinos.

Semine y Damon (1975) realizaron una investigación, sobre nativos de las islas Salomón, que reveló que la tasa de cambios en la mineralización en los individuos de sexo masculino se incrementaba firmemente hasta la década de los cuarenta, siendo a partir de este momento cuando los cambios se hacían más graduales; mientras que en las mujeres se produce de forma más lenta hasta alcanzar la década de los cuarenta. La correlación, para una $p < 0.05$, entre el grado de osificación del cartílago costal y la edad, en la primera costilla, oscila entre 0.77 y 0.65, en hombres, según la población; y entre 0.73 y 0.42 en mujeres. La correlación, referida a las costillas inferiores, se sitúa entre 0.73 y 0.52 en varones; siendo de 0.59 a 0.36 en mujeres. La edad media de la población se sitúa entre los 40 y 45 años, sin que dichos datos hagan referencia mayores de 70 años, de ambos sexos. Estos dos autores además observaron que en aquellas mujeres en las que se habían producido desórdenes ginecológicos en edades tempranas de la vida (antes de la mineralización) sufren una alteración del patrón de mineralización costocondral.

1.4.2. Estudios morfológicos directos.

Los primeros investigaciones se centraron en torno al cierre de las epífisis de las costillas. En una costilla distinguiremos dos epífisis, una localizada en la cabeza y otra en el tubérculo costal.

McKern y Stewart (1957) hallaron que la epífisis se encuentra ya unida a los diecisiete años, aunque su madurez completa no se alcanzaba hasta los veintitrés. Las costillas de la primera a la tercera, y entre las inferiores de la décima a la decimosegunda se cierran tempranamente, mientras que de la cuarta a la novena lo hacen de forma tardía. Esta prioridad superior e inferior se observa también en los cuerpos vertebrales.

El paradigma, en cuanto a los métodos de investigación de la edad, lo constituyen los trabajos de *Iscan y sus colaboradores (1984)*, desarrollados sobre los cambios morfológicos que sufren la articulación costoesternal de la cuarta costilla derecha a lo largo de la vida. El hecho de que el estudio se centre sobre esta costilla en particular, es debido a la facilidad para su obtención en las necropsias. Resulta evidente que lo que llevó a *Iscan* y sus colaboradores a desarrollar su estudio fueron los trabajos realizados hasta el momento sobre la misma, añadiendo a esto un intento de crear un método alternativo a aquellos basados en el análisis de la superficie articular de la sínfisis púbica, elaborando un método más fácilmente aplicable, más rápido -excepto en el caso del método de *Todd*, posteriormente modificado por *Brooks (1955)*-, que se pudiera practicar sobre individuos mayores de cincuenta años, que no sufriera los efectos de procesos ginecológicos como embarazos y/o partos, y a ser posible más exacto.

Basándose pues en los cambios que se producen en la unión costocondral establece un método consistente en nueve estadios, que van de cero a ocho, en los que se van sucediendo una

serie de cambios relacionados con la edad: formación, profundización y forma que adopta la cavidad, configuración de las paredes, configuración de su margen o borde, textura y calidad del hueso. Con posterioridad se estudiaron todos ellos al mismo tiempo, puesto que el análisis de un sólo componente no producía tan buenos resultados.

Dado que los cambios morfológicos que tienen lugar sobre la extremidad costal presentan una clara diferenciación sexual, se procede a la elaboración de una doble metodología que recoge las modificaciones que sufre la cuarta costilla en un estadiaje que va desde la fase 0 a la 8, diferenciada para hombres y mujeres, publicada conjuntamente con *Loth* en 1984.

En el hombre dado que los cambios de edad en la costilla no son evidentes hasta más allá de los dieciséis años, los grupos se tomaron a partir de los diecisiete años hasta los ochenta y cinco, con una edad media de cuarenta y un años, siendo la edad más frecuente los cincuenta (32%).

Como ya hemos dicho anteriormente al fijar el límite superior de edad en ochenta y cinco años, obtenemos una ventaja respecto al método de McKern y Stewart realizado sobre la superficie articular de la sínfisis púbica, ya que su estudio sólo abarcaba hasta los cincuenta años, con una media de edad en la muestra de treinta y ocho años.

Los resultados indicaron que la edad se podía estimar con un error de dos años, cuando la edad se situaba en la segunda década y de siete años cuando lo era en la quinta y sexta décadas de la vida. Así pues, su exactitud en el varón sería tan buena como el método de McKern y Stewart sobre la sínfisis púbica, aunque su rango de estimación de edad no sólo sería más amplio, sino que además se aplicaría de forma más rápida y fácil (salvo en el caso del método de fases de Todd, modificada por Brooks, 1955).

En el sexo femenino, la recogida de los datos y el estudio estadístico, reveló que los cambios morfológicos más rápidos tienen lugar en las fases 1 a 4, cuyas principales edades van

desde los catorce a los veintiocho años (sobre todo en las fases tres y cuatro); después de los veintiocho años los cambios se ralentizan, de manera que los siguientes intervalos se amplían a periodos de diez a quince años. Así en las mujeres se producirían los mismos cambios morfológicos que en los hombres con una anticipación de tres años hasta la fase cuatro, momento en que la edad media en ambos sexos es de veintiocho años. En las fases siguientes, cinco y seis, las mujeres promedian un año más que los hombres, y este intervalo se incrementa a cinco años en las fases siete y ocho. Esta discrepancia en las últimas fases puede ser debida, al menos en parte, a que el intervalo de evolución de los cambios en la costilla en las mujeres es mayor (desde los catorce a los noventa años).

Tabla 3.- *Resultados obtenidos por Iscan y Loth (1984) empleando la costilla en varones (extraído de Krogman 1986).*

Fase	Edad media	D. Estándar	95% intervalo confianza
1	17,3	0,50	16,5 – 18,0
2	21,9	2,13	20,8 – 23,1
3	25,9	3,5	24,1 – 27,7
4	28,2	3,83	25,7 – 30,6
5	38,8	7,00	34,4 – 42,3
6	50,0	11,17	44,3 – 55,7
7	59,2	9,52	54,3 – 64,1
8	71,5	10,27	65,0 – 78,0

Tabla 4.- *Resultados obtenidos por Iscan y Loth (1984) empleando la costilla en mujeres (extraído de Krogman 1986).*

Fase	Edad media	D. Estándar	95% intervalo confianza
1	14,0		
2	17,4	1,52	15,5 – 19,3
3	22,6	1,67	20,5 – 24,7
4	27,7	4,62	24,4 – 30,1
5	40,0	12,22	33,7 – 46,3
6	50,7	14,93	43,3 – 58,1
7	65,2	11,24	59,2 – 71,2
8	76,4	8,83	70,4 – 82,3

Un posterior estudio realizado por Iscan y sus colaboradores (1986), llega a la conclusión de que no hay influencia en la edad estimada cuando concurren elementos como el observador, variaciones individuales o drogas de abuso.

Los trabajos de Iscan han servido de base para posteriores investigaciones, en las que se ha procedido a aplicar sus métodos a otras poblaciones, como en el caso de *Yavuz y col* (1998), que utiliza la cuarta costilla en turcos, obteniendo los mismos resultados que Iscan en 1984 y 1985, tanto en hombres como en mujeres. *Dudar y col.* (1993) comparan el método morfológico de Iscan y el histológico de Stout, obteniendo resultados similares. En general, son bastante pobres, con el primero el error de estimación es de 10.4 años ($r^2= 0.56$), mientras que con el segundo sería de 11.4 años ($r^2=0.58$). Establece una categoría de edad >60 años, en los que los residuales alcanzan valores de 13.2 y 13.4 para el método morfológico y el histológico,

respectivamente. Estos autores abundan en la necesidad de aunar varias metodologías para una mejor estimación de la edad.

Los estudios más recientes han sido llevados a cabo sobre la primera costilla, por *Kunos y col* (1999). Según estos autores la metamorfosis que experimenta la faceta costal, el tubérculo y la cabeza de la primera costilla se correlacionan estrechamente con la edad y no sufren la influencia de factores mecánicos estresantes, con la ventaja de ser claramente identificable. Realizan un estudio de los cambios en la forma, topografía y textura de la superficie, márgenes de la faceta y periarticulares de las tres estructuras anteriormente citadas, sobre una población de edad conocida tomada de la colección de Hamann-Todd, a la que divide en grupos de edad distribuida en décadas, desde 0 a mayores de 70 años. Distingue una población preadulta (menor de 20 años) y otra adulta, tomando como elemento diferenciador el hecho de que la epífisis de la cabeza costal esté completamente fusionada o no. En general, comprueban que el método tiene tendencia a sobrestimar la edad por debajo de la sexta década y a infraestimarla por encima de la misma. No hallan diferencias significativas debidas al sexo o la raza.

Tabla 5.- *Resultados por Kunos y col. (1999) en la primera costilla, expresado por razas y sexos.*

	N	Media	SD
Raza blanca (I)	29	5,6	3,1
(F)		0,2	6,5
Raza negra (I)	68	4,4	3,9
(F)		2,1	5,5
Hombres (I)	58	4,9	2,8
(F)		2,2	5,2
Mujeres (I)	39	4,6	4,6
(F)		0,5	6,6

$p > 0.05$

Sin embargo, entre los 60-69 años, la inexactitud se ampliaría a ± 10 años. Siempre refiriéndonos al estudio de la fiabilidad e inexactitud.

1.5. ESCAPULA.

La escápula dispone de tres centros de osificación, que se ubican en acromion, margen vertebral y ángulo inferior. Estos centros son utilizados para determinar la edad. El primero se une entre los 18-19 años de edad, el segundo entre 20-21 años, y el tercero entre los 20 y los 21 años. La unión total de su epífisis tiene lugar a los veinticinco años de edad (Krogman, 1986).

Los cambios posteriores que sufre de acuerdo con su edad fueron estudiados por varios autores. Estos cambios que denominaremos como de "osificación y atrofia postmadurez", fueron descritos por *Stewart* (1968), como sigue:

A.- Osificación postmadura.

1. Se produce la formación de un labiado del margen circunferencial de la cavidad glenoidea que usualmente empieza en la muesca o depresión localizada en la unión del tercio superior con el medio, del margen ventral.

El orden de progresión es normalmente en sentido ventral, inferior, dorsal y superior del margen (se inicia a los 30-35 años).

2. Aparece un labiado de la superficie articular del acromion con la clavícula. Rara vez es uniforme pero puede envolver por entero el margen (comienza a los 35-40 años).

3. Aparición de una superficie ósea debajo del proceso acromial, a menudo se trata de una especie de formación que asemeja una cola, que prolonga el acromion de dos a ocho milímetros o más (comienza a los 35-40 ó 40-45 años).

4. En la espina de la escápula se produce un incremento en la demarcación de un área triangular localizada en su base (margen vertebral). (Se inicia a los 50 años o más).

5. Tiene lugar la aparición de las "crestas escapulares", aunque en número y desarrollo variables, que tienden a localizarse hacia los bordes en las bases y en el ápice, haciéndose más prominentes, rugosas y serradas según avanzan los años (empieza sobre los 50 o más años de edad).

B.- Proceso atrófico postmadurez.

1. La vascularización superficial disminuye en su visibilidad para finalmente desaparecer conforme avanza en edad el individuo (comienza por debajo de los 25 años).

2. En cuanto a la vascularización profunda veríamos unas líneas finas similares a las anteriores, sólo que ahora las apreciaríamos por transluminación. Tienden a disminuir con la edad aunque nunca desaparecen completamente (entre los 25 y los 30 años).

3. Se visualizan zonas de manchas atróficas localizadas y discretas o áreas de coalescencia de atrofia ósea. Se detectan por transluminación, especialmente en la fosa infraespinosa. La aparición de una vascularización parcheada, probablemente sea un anuncio de estas manchas (se inicia a los 45 años).

4. Un pandeamiento y plegamiento del área infraespinosa empieza a evidenciarse hacia la época tardía de la década de los treinta o incluso de los cuarenta años. Parece ser debido a un proceso irregular de reabsorción (atrofia), en especial del tejido esponjoso.

Como vemos no hace referencia a los cambios, ya sea en la osificación postmadura o en la atrofia, que pudieran orientar a la determinación de la edad en individuos cuya edad se sitúe por encima de la década de los sesenta años.

1.6. COLUMNA VERTEBRAL.

Sobre ella se han realizado muy pocos estudios con el objeto de determinar la edad del individuo. Entre otros podríamos citar los realizados por Stewart (1958), y más recientemente por Albert (1995,1998). Inicialmente se orientaron sobre los cambios que experimentaban las vértebras como consecuencia de la evolución de la osteoartritis, dando lugar a la formación de

una especie de empalizada o labiado que aparece rodeando la periferia de la superficie articular de las vértebras (osteofitos).

Albrook (1956) selecciona una muestra de vértebras lumbares (L1-L5), libres de osteofitos u otros cambios patológicos. La edad se distribuía entre 20 y 45 años. Debido a que encuentra diferencias debidas al sexo, establece un grupo de mujeres y otro de hombres. Su método consistía en medir la altura del cuerpo vertebral, a nivel medio. Demostró que, conforme el individuo avanza en edad, también se incrementa la altura del cuerpo vertebral, tanto a nivel posterior como anterior, en varones. Sin que se pudiera demostrar tan claramente en mujeres.

Tabla 6.- Intervalos de edad, en relación con la altura posterior del cuerpo vertebral lumbar en varones.

Años	15 -	25 -	35 -	45 -
Altura posterior total lumbar	129.9	132.4	134.9	137.4

$p < 0.1$

Stewart (1958) estudió este fenómeno empleando para ello los esqueletos de la colección de Terry, compuesta de ochenta y siete hombres y diecisiete mujeres, con edades comprendidas entre los treinta y ocho y los ochenta y cuatro años, y por otro lado fallecidos durante la Guerra de Corea, formada por trescientos sesenta y ocho individuos de sexo masculino, cuyas edades oscilaban entre diecisiete y cincuenta años; estableciendo una escala que iba desde 0 (no labiado) a +++ (labiado máximo). Elaborando posteriormente una gráfica individualizada de las vértebras cervicales, torácicas y lumbares.

Sin embargo no es capaz de establecer un cálculo ajustado de la edad del individuo, entre otros factores debido a que la osteoporosis por sí misma dificultaba una minuciosa data de los esqueletos, concluyendo que en los esqueletos de raza blanca la ausencia de grado ++ de labiado

vertebral usualmente significaba una edad por debajo de los treinta años. Y a la inversa, la presencia de un extenso labiado, incluyendo grados ++ y +++ en algunos sitios, normalmente significa una edad sobre los cuarenta años.

Otros autores, como *Albert* (1995 y 1998), estiman la edad, al evaluar el estado de la unión de las epífisis superior e inferior de las vértebras torácicas y las dos primeras lumbares. Para lo cual toma una muestra de 55 individuos, hombres y mujeres de raza blanca y negra, cuyas edades se sitúan entre los once y los treinta y dos años; extrayendo una cuña del cuerpo vertebral. La unión de las epífisis se produce a lo largo de cuatro fases. Sus estudios estadísticos indican que nos encontraríamos ante un buen predictor de la edad, con una correlación de 0,78 ($P < 0,0001$) y una desviación estándar de 2.56 años, con un intervalo de confianza de 99,9%. Finalmente, propugna su método como un elemento más, que permitiría disminuir los intervalos de edad, cuando es utilizado junto con otros indicadores así como una técnica a aplicar si no se dispone de otros elementos a evaluar.

1.7. CRESTA ILÍACA.

El hueso pélvico es, en su integridad, un punto de elección para la determinación de la edad del individuo; esto se justifica en base a los siguientes razonamientos:

1.- La aparición de centros de osificación como el ilíaco o el isquiático, se vinculan con individuos púberes y adultos jóvenes.

2.- La evolución de los cambios morfológicos experimentados en la sínfisis púbica se correlacionan plenamente con la tercera, cuarta y quinta décadas de la vida.

McKern y Stewart (1957) señalaron que la unión final de isquion y pubis tenía lugar en el ángulo posterosuperior del foramen obturador, y entre el íleon e isquion en la escotadura ciática, lo cual indicaría que ha alcanzado una edad aproximada de diecisiete años.

La epífisis del hueso íleon se localiza en el borde libre superior del mismo. Este centro de crecimiento aparece aproximadamente a los doce años de edad en la mujer y a los trece en el hombre, cerca de un año antes de la unión en el fondo del acetábulo de los tres huesos que conforman el hueso pélvico. Su fusión o cierre comienza a los diecisiete y concluye a los veintitrés años.

Tabla 7.- *Distribución de las edades y su correlación con el estadio de cierre o unión de la epífisis de la cresta iliaca e isquion, según McKern y Stewart.*

Edad	Cresta iliaca					Isquion				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
17	40	10	10	40	-	50	10	20	10	10
18	40	10	26	20	20	52	13	12	12	11
19	18	16	27	28	36	14	24	13	17	32
20	5	4	4	24	64	11	13	9	23	44
21	2	6	8	13	74	10	6	3	25	56
22	-	4	4	4	92	4	-	-	4	92
23	-	-	-	-	100	-	-	4	4	92
24-25						-	-	-	-	100

También aparecen epífisis a nivel de la tuberosidad isquiática y sus ramas. Normalmente lo hacen a los trece años en la mujer y a los quince en los hombres, para estar completamente fusionados a los veintitrés años.

1.8. SUPERFICIE AURICULAR.

Si bien, el interés inicial por su estudio se debe a otros autores, el mejor trabajo realizado hasta el momento sobre la utilidad de la misma en cuanto a la determinación de la edad del individuo es el de *Lovejoy* y sus colaboradores (1985). Sus resultados muestran que su sistema es igualmente de exacto que el estudio de la sínfisis púbica, aunque algo más difícil de aplicar. Presenta entre sus ventajas, que se preserva con mayor frecuencia que la sínfisis púbica y además los cambios sufridos se correlacionan con la edad más allá de la década de los cincuenta años.

Los elementos sobre los que, en base a sus transformaciones, nos será posible establecer la edad, son la superficie auricular, ápex, porosidad, granulado, ondulamiento, estriación y área retroauricular.

El estudio de *Lovejoy* consiste en la observación detallada de doscientas cincuenta superficies auriculares de íleon, bien preservadas, de la población de Libben (sujetos de raza india del estado de Ohio. USA), aproximadamente quinientos especímenes de la colección de Todd y finalmente cuarenta casos forenses, todos ellos de identidad y edad confirmada. Con posterioridad el método fue aplicado sobre dos muestras seleccionadas de la colección de Todd por investigadores que desconocían las edades, con el objeto de testar el método desarrollado. Los estudios cronológicos que se elaboraron fueron descritos sobre las fotografías obtenidas de las muestras, debido a que se observó que la apariencia fotográfica de muchas superficies auriculares diferían significativamente de lo que se apreciaba mediante la observación directa, provocando esta última una ligera variación de la estimación haciéndolos más jóvenes o más viejos.

Las variaciones que experimentan los elementos enumerados anteriormente (ápex, porosidad, estriación, granulación, ondulamiento y área retroauricular) se detallan a lo largo de ocho fases, desde la fase 1 a la 8, asignando a cada una de ellas un intervalo de edad de cinco años, excepto en la número siete que amplía su intervalo desde los 50 a los 59 años, abarcando desde los 20-24 años (fase 1) hasta más de 60 años (fase 8). Los autores señalan que las distintas fases han sido elaboradas para servir como modelos para cada intervalo de edad en lo que sería una metamorfosis idealizada de la superficie auricular. En la práctica nos encontraremos que muchas de estas superficies pueden ser perfectamente encuadrados dentro de un estadio, mientras que otras presentan características que permiten encuadrarla en dos o más; en estos casos se tomará la "característica más sobresaliente" de las observadas y se integrará en el que corresponda.

Lovejoy y sus colaboradores al estudiar los elementos descritos y no hallar diferencia alguna entre los dos sexos, no se planteó la posibilidad de realizar una separación de los mismos en dos grupos en el momento de tomar las muestras. Sin embargo en la actualidad su estudio como indicador de la edad está siendo dado de lado a consecuencia de este hecho, ya que precisamente tiene un valor fundamental como elemento diferenciador del sexo. No obstante debemos salir en defensa de Lovejoy, debido a que tuvo la precaución o la fortuna de señalar al final de su trabajo, que el ápex y la región preauricular (formación de un surco preauricular) no deben ser empleados en la estimación de la edad en el caso de aquellos especímenes en los que se sospeche que se trata de individuos de sexo femenino, porque en ellos estos cambios pueden ser más acentuados con el transcurso de los años e introducir por tanto un elemento más de error.

La correlación entre la edad estimada y la real es de 0.55 a 0.75. Estos resultados son repetibles por otros autores con una correlación de 0.76 a 0.81. Siendo de esta manera similar a la sínfisis púbica.

Tabla 8.- Relación de errores medios (en años), en función del test utilizado para evaluar superficie auricular.

	Test I	Test II
18-29 años	3,3	3,2
30-39 años	7,6	7,2
40-49 años	9,4	7,7
50-59 años	9,9	11,1
> 60 años	9,0	7,2

Su empleo sistemático en conjunción con otros indicadores de edad, incluida la sínfisis púbica, mejora la fiabilidad de la estimación.

1.9. SINFISIS PUBICA.

Debemos referirnos a los estudios de Todd (1921), McKern y Stewart (1957), y Gilbert y McKern (1973), para evaluar el papel de la sínfisis púbica como indicador de la edad.

Todd considera que la superficie que conforma la sínfisis púbica posee una forma más o menos ovalada. En este óvalo podríamos señalar cinco características principales, una superficie, un límite ventral o empalizada, un límite dorsal o meseta, una extremidad superior, y una extremidad inferior.

Además distingue una serie de características subsidiarias, las cuales podemos localizar principalmente en la superficie, y que denomina "rebabas" y "nódulos de osificación". Utilizando todos estos elementos elabora una tabla por la que es capaz de estimar la edad en base a los cambios morfológicos experimentados a lo largo de diez fases (1920), que van desde los 18-19 años hasta los 50 y que posteriormente fue parcialmente modificada por *Brooks*. Este método posee una mayor fiabilidad en aquellas edades comprendidas entre los veinte y los cuarenta años

que en periodos posteriores. Más tarde modificaría su metodología reagrupando las diez fases en tres periodos:

I-III.- Constituiría el periodo postadolescente.

IV-VI.- Se producen una serie de procesos que conducen a la formación de la línea sinfisal externa.

VII-X.- Periodo de gradual aquiescencia y cambios secundarios.

No halló diferencias morfológicas entre los distintos sexos.

Este trabajo, que podríamos definir como descriptivo-morfológico, fue revisado por Krogman y, aunque afirma que es muy manejable, también sugiere que sobrestima la edad, especialmente en las décadas tardías de la vida, con un error no superior a los cinco años.

Stewart (1957), sin embargo encontró que la maternidad puede ser un efecto causante de ciertos cambios en la superficie articular de la sínfisis púbica, cambios tales como: ahuecamiento e irregularidades; de tal forma que podrían producir un error en la estimación de las fases, como consecuencia de los cambios morfológicos evolutivos que sufre esta pieza anatómica a lo largo del tiempo, por lo que este autor concluye diciendo que la determinación de la edad en las mujeres, únicamente a través de la sínfisis púbica, no puede ser por tanto tan exacto como en los individuos de sexo masculino.

Brooks (1955) realiza un trabajo sobre cuatrocientos setenta esqueletos de raza india americana pertenecientes al Museo de la Universidad de California (UCMA) y ciento ochenta y cinco cráneos (ciento tres varones y ochenta y dos mujeres) pertenecientes a la Colección de Hamann-Todd; sobre los que aplica las fases de cierre suturales desarrolladas por Todd y Lyon, y las fases descritas por Todd sobre los cambios morfológicos en la sínfisis púbica.

Brooks encontró que las estimaciones en varones tenían una alta correlación con la edad conocida; aunque en el caso de las mujeres era algo menor. Expresa sus resultados en porcentaje

de predicción, siendo del 54% y del 30%, para Todd y Brooks, respectivamente, con tendencia a la sobrestimación.

Realizó una modificación de los límites de edad en las fases establecidas por Todd para el estudio de la sínfisis púbica, que consistió en reducir la edad de dichos límites en tres años en las fases V, VI y VII.

Tabla.- 9 *Coefficiente de correlación entre la edad estimada y la edad real, por el método de Brooks y Todd, en hombres y mujeres.*

Todd

- Coeficiente de correlación en hombres: 0,91
 - Coeficiente de correlación en mujeres: 0,67
-

Brooks

- Coeficiente de correlación hombres: 0,87
 - Coeficiente de correlación en mujeres: 0,72
-

En 1957, *McKern* y *Stewart* llevaron a cabo una serie de revisiones sobre estas metodologías. Comenzaron estableciendo una serie de características que podrían encontrarse en la sínfisis púbica: crestas y surcos, margen dorsal, bisel anterior, extremidad inferior, extremidad superior, nódulo de osificación superior, empalizada ventral, meseta dorsal, y margen sinfisal.

Estos autores detectaron en la sínfisis, que las crestas y los surcos longitudinales, se disponían de forma que era posible distinguir dos mitades, dispuestas de forma ventral y dorsal, a las que acordaron denominar "semicara ventral" y "semicara dorsal". Además observaron que las características numeradas como 4 y 2, 6 y 3, 3 y 7 se encuentran correlacionadas o aparejadas, y que empleando solamente estas características es posible la descripción de las dos semicaras. De forma similar las características 2 y 8, 3 y 7, igualmente se consideran interrelacionadas y son

parte integrante del complejo de las semicaras. Esta recombinación dejaría fuera a la novena característica, que la considerarían como distinta.

El resultado de lo expresado sería la elaboración por parte de McKern y Stewart de un método, que constaría de tres componentes en los que se encontraría dividida la sínfisis púbica, cada cual a su vez evolucionaría a lo largo de cinco fases. Los tres componentes serían la meseta dorsal, la empalizada ventral y el margen sinfisal.

Los componentes y sus estadios pueden ser utilizados a su vez para dar una puntuación total, pudiendo oscilar de 0 a 15, que sería el resultado de la suma del valor del estadio en que se encuentra cada componente.

Tabla 10.- *Resultados obtenidos por McKern y Stewart (1954) en la sínfisis púbica de varones.*

Puntuación total	N	Intervalo edad	Edad media	Desviación estándar
0	7	-17	17,3	0,49
1-2	76	17-20	17,3	0,79
3	43	28-21	19,8	0,85
4-5	51	18-23	20,8	1,13
6-7	26	20-24	22,4	0,99
8-9	36	22-28	24,1	1,93
10	19	23-28	26,1	1,87
11-13	56	23-39	29,2	3,33
14	31	29-	35,8	3,89
15	4	36-	41,0	6,22

Tabla 11.- *Resultados obtenidos por McKern y Stewart (1954) en la sínfisis púbica de mujeres.*

Puntuación total	N	Intervalo edad	Edad media	Desviación media
0	2	14-18	16,0	2,82
1	12	13-24	19,8	2,62

2	13	16-25	20,2	2,19
3	4	18-25	21,5	3,10
4-5	7	22-29	26,0	2,61
6	8	25-36	29,6	4,43
7-8	14	23-39	32,0	4,55
9	5	22-40	33,0	7,75
10-11	11	30-47	36,9	4,94
12	12	32-52	39,0	6,09
13	8	44-54	47,8	3,59
14-15	7	52-59	55,7	3,24

Como ya sabemos, los cambios que mejor se correlacionan con la edad tienen lugar en el tercer componente (faceta sinfisal total); en tanto que los cambios que se producen en los componentes I y II son menos evidentes.

Hemos visto así como la evaluación de la sínfisis del pubis es uno de los parámetros más fiables cuando se aplica sobre restos de individuos que corresponden al sexo masculino, esta mayor precisión en relación con el sexo masculino hace que podamos hablar de un parámetro sexo-específico y por tanto que los estándares masculinos no son aplicables al pubis femenino. Este hecho fue enfatizado por varios autores, tales como Gilbert y McKern (1973), y Suchey (1979).

En base a lo expuesto sobre este claro dimorfismo sexual, *Gilbert y McKern (1973)*, establecieron una serie de estándares aplicables a la población femenina basados en los tres componentes que *Stewart y McKern (1957)* habían elaborado para la masculina.

En el estudio realizado por *Gilbert* en 1973, además lleva a cabo una valoración de los tests elaborados hasta ese momento, empleando para ello una serie de modelos confeccionados en materiales plásticos y el modelo que *McKern* y *Stewart* habían dispuesto para el estudio de individuos de sexo masculino (1957), comparándolos con los métodos aplicados sobre la población femenina realizados por *Gilbert* y *McKern*, 1973. Para ello cinco observadores tasaron la edad de quince sínfisis púbicas correspondientes a otras tantas mujeres, cuya edad era conocida y oscilaba entre los veinte y los cincuenta años.

Entre la segunda y la tercera década, ambos métodos sobrestimaban la edad en "tres años". Entre la tercera y la cuarta década, la edad estimada para la población masculina se encuentra subestimada en "un año", mientras que en la población femenina se produjeron resultados exactos.

A tenor de los resultados obtenidos por estos autores, *Gilbert* concluye diciendo que: "la completa maduración del pubis en la población femenina, se produce por término medio diez años más tarde que entre la masculina. En consecuencia cuando ésta sea calculada por medio de los métodos aplicables a la población masculina, la maduración púbica femenina completa será infravalorada".

En 1979, *Suchey*, aplicó el test de *Gilbert* y *McKern* para datar la sínfisis púbica femenina, ya que albergaba serias dudas sobre su fiabilidad aplicarse sobre dicha población. Para lo cual empleó a veintitrés antropólogos forenses que fueron encuestados sobre la data de once especímenes de mujer cuya edad era conocida. La variabilidad fue marcada, de tal forma que sólo un cincuenta y un por ciento de los resultados fueron correctos. El error en el que parece incurrir el método de *Gilbert* y *McKern*, parece deberse a la dificultad de evaluar el crecimiento de la empalizada o bien lo que tarda en romperse. Establece seis fases, desde los 16 hasta los 87 años, elaborando unos moldes de material plástico, a modo de referencia, tanto para el sexo femenino como para el masculino: fase I (15 a 23 años), fase II (19 a 35 años), fase III (22 a 43 años), fase IV (23 a 59 años), fase V (28 a 78 años), y fase VI (36 a 87 años).

Posteriormente, en 1990, *Brooks y Suchey*, toman una muestra de 739 varones y 273 mujeres, cuyas edades están comprendidas entre 14 y 99 años. En su evaluación no emplea el método de los tres componentes, al considerar que no varían de forma independiente entre sí y que la técnica de por sí resulta demasiado compleja, sin que aporte mayores garantías; por lo que emplea la técnica de Todd modificada (seis fases). Igual que hiciera Suchey con anterioridad, elaboran doce modelos o moldes, dos por cada una de las fases, que representan el estadio temprano y el tardío respectivamente; tanto para el hombre como para la mujer, y un tercer modelo válido para los dos sexos.

Tabla 12.- *Resultados obtenidos por Brooks y Suchey (1990) en sínfisis púbica, expresado en fases.*

Fase	Mujer			Varón		
	Media	D.S.	Int. 95%	Media	D.S.	Int. 95%
I	19,4	2,6	15-24	18,5	2,1	15-23
II	25,0	4,9	19-40	23,4	3,6	19-34
III	30,7	8,1	21-53	28,7	6,5	21-46
IV	38,2	10,9	26-70	35,2	9,4	23-57
V	48,1	14,6	25-83	45,6	10,4	27-66
VI	60,0	12,4	42-87	61,2	12,2	34-86

Estos autores adelantan no obstante que, siempre que sea posible, se empleará la sínfisis púbica unida a otros elementos indicadores de la edad, como suturas craneales, costilla, unión de las epífisis, superficie auricular y atrición dental, aunque evaluando cada uno de ellos de forma individual.

Meindl y sus colaboradores (1985) testaron la efectividad de los métodos de cálculo para la estimación de la edad, empleando para ello aquellos que fueron desarrollados por Todd (1920), McKern y Stewart (1957), Gilbert y McKern (1973), y Hanihara y Suzuki (1978).

El análisis consistió en dos test aplicados sobre noventa y seis, y ciento seis especímenes de la Colección de Hamann-Todd, respectivamente. Éstos hallaron que el más exacto era el de Todd en las fases VIII a X, aunque con una clara tendencia a infraestimar la edad en especímenes ancianos, sin que se pudieran observar variaciones debidas a la raza o al sexo. Elaboraron cinco estadios a los que denominaron "biológicos", con la intención de obtener una técnica que preservara la simplicidad de las fases de Todd, y que tomara además en cuenta la variación encontrada por McKern y Stewart (1957).

Tabla.- 13 *Distribución del error, en años, en las edades comprendidas entre los 20 y los 29, combinando ambas muestras.*

	Conjunto	Hombres	Mujeres
N	34	17	17
Mediana	0,0	- 0,5 (infraestimación)	2,0 (infraest.)
Media	2,1 (sobrestimación)	1,6 (sobrestimación)	2,8 (sobrest.)

Con el trabajo básico elaborado por Todd y los refinamientos introducidos por Brooks (1955), McKern y Stewart (1957), Gilbert y McKern (1973), Snow (1983) y Meindl y col. (1985), Suchey y Brooks (1990), la sínfisis permanece como un indicador muy fiable de la edad esquelética.

1. 10. OTROS MÉTODOS MORFOLÓGICOS.

Kaur y col. (1990) practican, sobre una muestra de 105 clavículas, una sección transversa y otra longitudinal, midiendo en su línea media el espesor de la cortical y el cálculo del área ocupada por la esponjosa; relacionándolas con un índice, al que denomina cortical. A su vez divide la muestra en grupos de edad, con intervalos de 10 años, salvo el primero (15-20), hasta los 60, con una categoría de más de 61 años.

$$\cdot \text{Índice cortical (secc. longitudinal)} = \frac{\text{Delgadez cortical combinada}}{\text{Diámetro total del hueso}} \times 100$$

$$\cdot \text{Índice cortical (secc. trasversa)} = \frac{\text{Área cortical total}}{\text{Área total de la sección}} \times 100$$

Aprecian un decrecimiento constante en el índice cortical, sin diferencias sexuales significativas hasta los 41 años, edad en que la mujer experimenta una progresión más rápida que el hombre.

No obstante, no realiza un estudio estadístico sobre la fiabilidad e intervalos de confianza de su método.

2. METODOS HISTOLOGICOS

Junto con los estudios radiológicos constituyen aquellos métodos de estudio que, “a priori”, no se basan en elementos subjetivos, es decir el investigador dispone de un medio técnico que le permite estudiar una muestra sin que la determinación de la edad se haga en base a la mayor o menor capacidad de observación y análisis por parte del que los estudia, al ser sustituida

por un artefacto mecánico que tras analizar una serie de elementos, nos permiten establecer la edad en los restos óseos que corresponden a un individuo.

Dentro de estos métodos resulta obligado hacer referencia, por su importancia a dos autores Kerley (1965 y 1978), y Ahlquist y Damsten (1969).

Kerley (1965 y 1978) lleva acabo un método de determinación de la edad basándose en el análisis microscópico de la cortical de los huesos largos, estableciendo cuatro componentes a estudiar en la zona más externa del hueso (borde perióstico del córtex), en cuatro campos circulares: cuantificación del porcentaje de hueso lamelar circunferencial, número de osteonas viejas, canales no-haversianos y de fragmentos de osteonas. Los huesos, tanto en hombre como en mujer, incluían el fémur, la tibia y el peroné de forma individual y en combinación. La edad de la muestra oscilaba entre los 0 y los 95 años

Su método fue empleado por varios investigadores quienes señalan que esta técnica estaba sujeta a muchas variables que pueden afectar a la edad estimada. Hechos que serían reconocidos con posterioridad por el propio autor, de forma que junto con Ubelaker (1978) elaboró cuatro ecuaciones de regresión, por cada elemento a evaluar en cada campo, y aplicadas al fémur, tibia y peroné, haciendo un total de doce, para ajustar el cálculo de la edad. Estas fórmulas no serán reproducidas a continuación por no ser el caso, si bien el error estándar oscila entre 5.27 (fragmentos de osteona en el peroné) y 13.85 años (canales no-haversianos del fémur); con una P de 0.974 y 0.815, respectivamente.

La estimación de Kerley difiere de la edad conocida en un promedio de 8.20 años. Si desglosamos este error estándar por grupos de edades, observamos que entre los 20 y los 45 años hay un promedio de 9.93 años, mientras que entre los 46 y los 90 años es de 8.05.

Ahlquist y Damsten (1969), en un principio, intentaron modificar el método de Kerley aduciendo las siguientes razones: dificultad para distinguir entre osteonas y fragmentos de osteonas, en la estimación del porcentaje de hueso lamelar circunferencial en un campo visual

circunferencial; y finalmente para distinguir el tipo de estructura ósea que se observa en la proximidad de los límites de un campo visual circular. Todo esto les llevó a la elaboración de un método histológico diferente, que en un principio sería más sencillo y sólo incorporaría osteonas y fragmentos de osteonas. El resultado fue la obtención de estimaciones de la edad inferiores a las obtenidas con el método de Kerley, con un error estándar de 6.71 años ($p=0.965$). La fórmula de regresión que obtuvieron fue la siguiente:

$$Y = 0,991x - 4,96$$

Bouvier y Ubelaker (1977) compararon los métodos desarrollados por Kerley y Ahlqvist-Damsten; para lo cual emplearon cuarenta secciones femorales de las muestras utilizadas originalmente por Kerley en su primer estudio en 1965. Las operaciones se realizaron sobre un campo cuyo tamaño era de 1.45 mm. En el caso del método de Kerley se aplica la ecuación de regresión para el fémur, que especificamos anteriormente. Por otro lado se estudia el porcentaje de hueso remodelado en los cuatros campos de Ahlqvist y Damsten, que también ha sido reseñada con anterioridad. Cada muestra es codificada con un número de identificación, de manera que el investigador desconoce su edad. Los campos fueron reevaluados por el mismo observador. Posteriormente son estudiados por un segundo, que repitiendo el mismo proceso, lo aplica sobre una muestra de veinticinco secciones.

Los resultados obtenidos por Bouvier y Ubelaker fueron similares a los de Kerley, es decir 9.39 años para osteonas completas ($p \leq 0.001$). Sin embargo no ocurre así con los publicados por Ahlqvist y Damsten, ya que se obtuvo un error estándar de 9.50 años, en lugar de 6.71 reseñado por los mismos ($p \leq 0.001$). Entre las edades de 20-45 años se promedia 13.87, mientras que entre los 46 y 90 años, el resultado es de 7.50 años.

La reflexión que alcanzaron Bouvier y Ubelaker acerca de los peores resultados de Ahlqvist y Damsten, fue que sería debido a una irregular distribución de las muestras empleadas afectando así al resultado final del estudio; de manera que el error estándar dado por estos autores (± 6.71 años) fue debido al pequeño tamaño de la muestra (20 elementos), incrementándose a 11.65 años al aplicarse sobre una muestra grande.

El estudio de *Singh y Gunberg* (1970), redunda en los resultados obtenidos por las investigaciones anteriormente reseñadas, si bien incluyen algunas variaciones como son utilizar la rama de la mandíbula para la toma de muestras, además del fémur; y no incluir entre los elementos a estudiar en la muestra, los sistemas no Haversianos, debido a que la edad de los individuos de la muestra se situaba por encima de los 40 años, siendo difícil observar dichos sistemas por encima de la misma, tal y como predijo Kerley.

Stout y col (1991), sobre una muestra de 36 cadáveres procedentes de autopsias (21 hombres y 15 mujeres), cuyas edades oscilaban entre los 13 y los 102 años, con una edad media de 59,6 años; estudia el porcentaje de hueso osteonal y la densidad de osteonas visibles, en radio, tibia y peroné. Practica secciones (8) desde el periostio al endostio, en cortes trasversales de la tibia (debido a su mayor tamaño), y cuatro campos en el radio, que relaciona con la edad, mediante una regresión por pasos. Su mejor resultado lo alcanza en el peroné, con un error estándar de 14.52 años y una R de 0.44 (P= 0.000).

Posteriormente, en 1992, *Stout y col*, llevan a cabo un estudio histomorfométrico sobre la sexta costilla izquierda y la clavícula, sobre una muestra de 40 individuos (7 mujeres y 32 hombres), y una edad media de 28.6 años. Practican una sección completa sobre estos dos elementos, donde evalúan el área cortical, la densidad de osteonas intactas, densidad de fragmentos de osteonas y densidad total de osteonas visibles. Los datos obtenidos son sometidos a un análisis de regresión, elaborando una ecuación de regresión para la costilla, la clavícula y otra que considera a ambas conjuntamente. La diferencia entre la edad real y la predictiva oscila entre -2,7 y 9 años en la costilla; -8.1 y 20.0 años en la clavícula; y -2.5 y 14.5 años en la forma combinada.

Tabla 14.- *Valor del coeficiente de determinación corregido (r^2), según Stout y col. (1992), para un intervalo de confianza del 95%.*

<i>· Costilla</i>	$r^2 = 0.721$
	Error estimación: 1.78 años.

· *Clavícula* $r^2 = 0.698$

Error estimación: 1.78 años.

· *Costilla y clavícula* $r^2 = 0.776$

Error estimación: 2.03 años.

El trabajo más reciente sobre los parámetros histomorfométricos óseos en población española es de *Prieto* (1993). Dicho estudio no permite una comparativa con el nuestro debido a que se aplica sobre la población infantojuvenil.

3. METODOS RADIOLOGICOS

Constituyen junto con los métodos histológicos, una de las escasas metodologías que incorporan elementos instrumentales sofisticados en el intento de alcanzar una determinación de la edad a partir de restos óseos, siendo además aplicables al sujeto vivo (Drusini, Toso y Ranzato, 1997. Szilvássy y Kritscher, 1990).

Bajo este epígrafe haremos mención de una serie de estudios sobre los que procuraremos poner un especial hincapié pues son los antecedentes o pilares de nuestro particular estudio.

El tejido óseo no es una estructura estática, sino que continuamente se deshace y rehace, aponiéndose y reabsorbiéndose. En circunstancias normales, la aposición y la reabsorción se hallan equilibradas y se desequilibran, con predominio de uno de los procesos, en situaciones patológicas o en determinados momentos de la evolución fisiológica del individuo.

Los elementos de estudio, comunes a todas las metodologías que detallaremos a continuación, tienen en su base la involución o cambios sufridos por la esponjosa y la cortical de

los huesos largos. El elemento individualizador de los mismos se apoya fundamentalmente en el fragmento o resto óseo a estudiar.

Szilvássy y Kritscher (1990) emplean el estudio combinado de la porción proximal del fémur y la correspondiente al húmero, al igual que Nemeskéry, Harsányi y Acsádi (1960); mientras que Walker y Lovejoy (1985) utilizaron además de los elementos anteriores la clavícula y el calcáneo.

Estos autores dividen la evolución de los cambios de la estructura ósea de la porción proximal del fémur y húmero en siete estadios, de forma muy similar al método de Nemeskéry y Acsádi (1970), diferenciándose con éste, fundamentalmente, en que fijan dichos cambios en siete pasos en lugar de seis.

Con el transcurso de los años es posible observar como la estructura de la esponjosa se desintegra de forma progresiva, produciéndose la pérdida de trabéculas óseas, la cavitación dentro de la cabeza, cuello y trocánter mayor en el fémur o tuberosidad mayor en el húmero, el avance de la cavidad medular desde el mango del hueso largo hacia la cabeza del mismo y finalmente el adelgazamiento de la cortical.

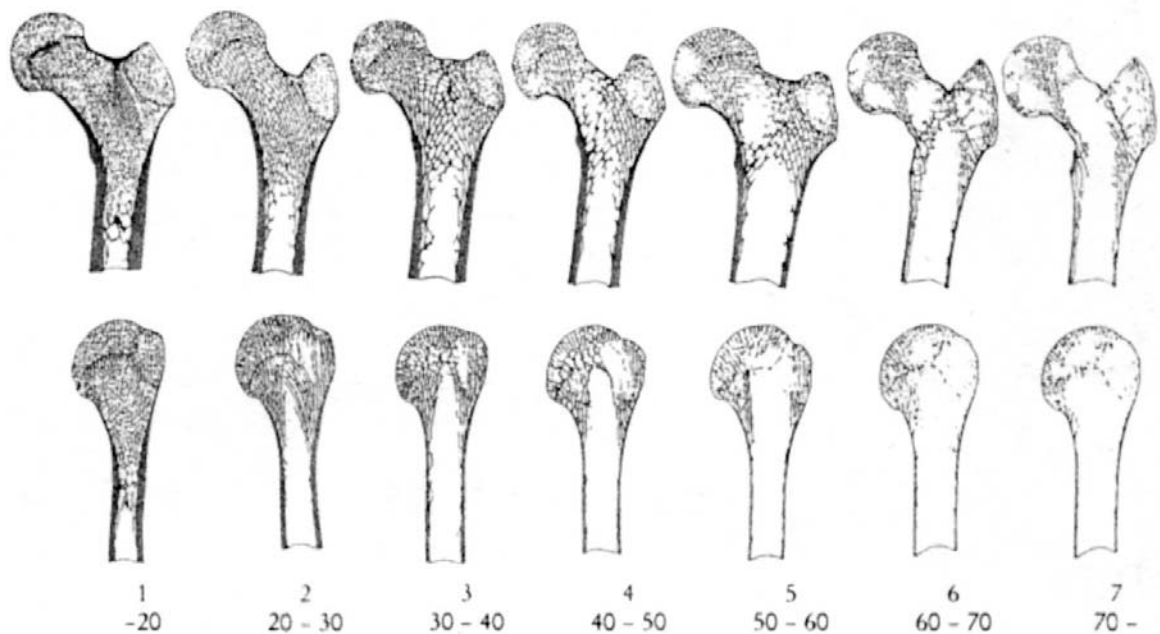
Cada uno de los estadios incorpora un rango de edad que oscila de 10 en 10 años; aunque una vez incluido en un estadio determinado, un estudio más detallado del mismo nos permite afinar aún más, de forma que es capaz de fijar su edad dentro de un intervalo de cinco años. Se practica una radiografía del extremo proximal del húmero o del fémur, por transparencia se elabora un esquema de las cavidades, líneas que determinan la configuración de la estructura de la esponjosa y la altura que alcanza la cavidad medular. Dicho dibujo es comparado con los diagramas previamente efectuados con la morfología de los elementos de estudio en función del intervalo de edad correspondiente, pudiéndose realizar así sobre personas vivas.

Este estudio comparativo, también se puede realizar disponiendo de la pieza ósea, extraída o resecada de una autopsia, en la que tras practicar un corte longitudinal de la misma deja a la vista el sistema trabecular, cavidades y altura de la cavidad medular.

En los trabajos publicados no especifica las condiciones en las que se efectuaron los estudios, en base a los cuales desarrolla su método, es decir condiciones de disparo, distancia

foco-placa, estudios estadísticos de fiabilidad, distribución de la muestra, etc. Tampoco establecieron diferencias debido al sexo.

A continuación reproducimos los estadios a nivel de la porción proximal del fémur y del húmero, junto con los intervalos de edad.



Vamos a detallar a continuación dos trabajos de gran importancia para nosotros debido a la proximidad de los conceptos sujetos a estudio con nuestro trabajo. En primer lugar haremos alusión a Bergot, ya que antecede en el tiempo al trabajo de Roberto Macchiarelli.

En un principio podíamos decir que la experiencia de *Bergot* (1976) es muy similar a las de sus predecesores pues realiza un estadiaje del proceso involutivo de la estructura ósea, tanto

en lo que se refiere a la formación trabecular como a la cortical, aunque no coincidan en el número de los mismos. Toma el húmero izquierdo y el fémur derecho del mismo individuo adulto, considerando como adulto a aquellos cuya edad sea igual o superior a 23 años. Por un lado valora el hueso esponjoso y por otro el cortical. Sobre la extremidad proximal del hueso largo se practica una tomografía, que realiza un corte sagital de la pieza, es decir se dispone el hueso en sentido perpendicular a los rayos. Basándose en los estadios previamente definidos por Nemeskéri y col. (1960), elabora un estadiaje de los cambios sufridos por el hueso esponjoso en el fémur y en el húmero, que van desde el I al VI. El hueso cortical es evaluado mediante una radiografía simple del tercio proximal de la diáfisis (distancia foco-placa: 1,10 metros; 35-38 Kv y 130-160 mA, según la longitud y peso del hueso), sobre la que mediante una lupa micrométrica y una regla de plástico transparente, se mide su diámetro total (D), el diámetro interior de la diáfisis (d), la diferencia entre ellos es el espesor de la cortical (c). El índice corticodifisario (I.C.D.), es la razón del espesor de las corticales al diámetro total de la diáfisis.

$$\text{I.C.D.} = c/D$$

La edad de la población masculina se sitúa entre los 23 y los 59 años, y entre los 23 y los 49 en la femenina, si valoramos la extremidad proximal del húmero. La muestra, en el caso de la extremidad proximal del fémur, se distribuye entre los 23 y los 54 años en el hombre, y los 23 y 49 años en mujeres. Obtiene los mejores resultados al evaluar los estadios del húmero ICD en mujeres, con una r igual a -0.592 , seguido del fémur ICD y húmero ICD (mujeres) con una r = 0.585 ($P = 0.05$).

El estudio tomográfico permite el estudio del hueso en el corte elegido, evitando la superposición de planos óseos que se produciría en una radiografía simple. Aparece por primera vez una seria duda acerca de la validez de los estudios o su posible variabilidad, como consecuencia de la acción perturbadora de procesos como la osteoporosis y la tuberculosis entre otros procesos citables.

Los resultados alcanzados por este autor son de extrema importancia pues plantea una serie de cuestiones, alguna de las cuales pueden afectar a nuestro trabajo, como son: la calidad de la placa, la subjetividad que aporta el observador en la interpretación de los resultados. La

rarefacción del hueso en función de la edad se produce de forma diferente entre la población masculina y la población femenina, excepto para el hueso esponjoso del fémur. Los procesos de desmineralización no se efectúan de forma simultánea y con la misma intensidad sobre las diferentes partes del mismo.

Con posterioridad, *Bocquet-Appel y col. (1997)*, utilizando los métodos elaborados conjuntamente por Acsádi y Nemeskéri, por un lado, y Bergot y él mismo por otro, aventuran la posibilidad, de que la falta de fiabilidad de los estudios realizados para determinar la edad pueden ser debidos a que se realizan sobre colecciones procedentes de estudios paleodemográficos.

Roberto Macchiarelli y Luca Bondioli (1994), realizan un trabajo en el que utilizan medios técnicos tan vanguardistas como la densitometría lineal y el procesador digital de imágenes aplicadas al estudio de la involución de la trama trabecular de la porción proximal del fémur. La edad de la muestra se sitúa entre los 19 y 71 años. Estos autores además tienen en cuenta la posibilidad de una variación en el cálculo de la edad del individuo basándose en la posible concurrencia de factores disturbadores como la osteopenia y otros fenómenos de tipo genético o nutricional entre otros.

De su extenso y complejo estudio se extraen una serie de conclusiones a tomar en consideración. 1) La existencia de una involución trabecular más intensa en la mujer que en el hombre. 2) Existen además una serie de puntos específicos dentro de la estructura trabecular, cuya involución sigue un patrón relacionado con el sexo. 3) Una alta variabilidad individual, de tal manera que en los hombres se produjeron sobrestimaciones de la edad de hasta 22-26 años y en las mujeres de 30-78 años. Revelándose por tanto, una tendencia a la sobrestimación de la edad. 4) Aun a pesar de lo anterior hay que reconocer la existencia de una moderada correlación lineal entre la involución trabecular ósea y la edad del individuo. En hombres logra una r^2 de 0.58 (área del cuello femoral). En mujeres, el mejor valor de r^2 es de 0.45 (cabeza femoral). $P = 0.05$.

4. ANÁLISIS DENTAL

Los cambios producidos en las estructuras del diente, fruto de la atrición, calcificación, compromiso de la circulación e inervación, reducción celular, cambios atero y arterioscleróticos entre otros, junto con la erupción y caída de la dentición decidua, la aparición de la definitiva y su posterior pérdida, es posible relacionarla con el paso del tiempo y por tanto con la edad del sujeto. Dichos eventos vienen reflejados en la tabla 15.

Tabla 15.- *Cambios en el diente relacionados con la edad.*

- 1.- Pérdida de la permeabilidad e incremento de la fragilidad del esmalte.
 - 2.- Incremento en la anchura y anulaciones del cemento.
 - 3.- Varios cambios en la dentina, tales como:
 - a) Aumento de la dentina secundaria, peritubular y esclerótica.
 - b) Aumento de la mineralización de la dentina.
 - 4.- Cambios en la pulpa dental, tales como:
 - a) Compromiso de la circulación e inervación.
 - b) Vacuolización odontoblástica.
 - c) Atrofia reticular.
 - d) Fibrosis pulpar.
 - e) Degeneración hialina.
 - f) Reemplazamiento graso.
 - g) Degeneración mucoide.
 - h) Calcificaciones.
-

Son numerosos los autores que han desarrollado estudios sobre la erupción de la dentición decidua. Los estudios más recientes, corresponden a Dermijian y col. (1973) y Mincer y col. (1993), que investigan la erupción del diente adulto, describiendo los cambios que experimentan la corona y la raíz del diente.

Gustafson (1950), a partir de una muestra de 37 dientes pertenecientes a una población del Norte de Europa cuya edad se sitúa entre 11 y 69 años, elabora una metodología con la que es capaz de determinar la edad. Realiza un corte sagital del diente y evalúa el estado de la atrición (A), periodontosis (P), dentina secundaria (S), aposición de cemento (C), reabsorción de la raíz (R) y transparencia de la raíz (T); otorgando a cada uno de ellos un valor, que se suma a los restantes a fin de obtener un “total”.

$$\text{Total} = A_n + P_n + S_n + C_n + R_n + T_n.$$

El total, a su vez, se integra dentro de la siguiente ecuación de regresión:

Edad estimada (años) = 11.43 + 4.56 x (total), con una desviación estándar de 3.63 años.

Según *Gustafson* no se producirían diferencias en función del sexo y la raza, hecho que posteriormente sería cuestionado por varios autores, entre ellos *Krogman*, *Maples* y col. (1979) y *Lamendin* y col. (1992).

Se realizaron numerosos trabajos que pretendían comprobar la aplicabilidad y eficacia del método descrito, algunos de ellos utilizando únicamente un criterio, como *Bang* (1970) que evalúa la transparencia de la raíz. Éste además de confirmar su efectividad, corroboró que no se producían diferencias debidas al sexo. Sin embargo otros estudios, aplicando la muestra y metodología de *Gustafson*, no obtienen los mismos resultados, objetando que se cometieron errores en la toma de la muestra y de tipo matemático, elaborando una nueva ecuación de regresión: $y = 4,26x + 13,45$; con una desviación estándar de ± 7.03 años ($r = 0.912$) (*Maples* y col., 1979).

Entre los métodos morfológicos basados en los cambios del diente, además de los desarrollados por los autores ya citados, *Santini y col (1990)*, utilizan el desgaste o atrición de los molares como único elemento a evaluar, al considerar que el deterioro de la pieza, a nivel oclusal, está íntimamente ligado al transcurso de los años. Sobre una muestra de sesenta cráneos, de edad conocida, valora el grado de desgaste del primero, segundo y tercer molar, de la hemimandíbula izquierda. Aplica un estudio estadístico sobre la muestra recogida, obteniendo una desviación estándar de 9.2 años para el primer molar; y de 9.7 para el segundo. El intervalo de confianza (95%) oscila de 8.8 a 45.6 años.

Si recordamos la lista que enumeramos de los distintos elementos del diente que experimentan cambios o variaciones en su estructura a lo largo de la vida del individuo, entre ellos se encuentra el esmalte. *Huda y col (1995)* estudian el esmalte del primer molar superior o inferior, según su disponibilidad, basándose en que su aposición se produce siguiendo un ritmo circadiano. Al observar la estructura del diente, bajo el microscopio de luz polarizada, tras efectuar una sección transversal del mismo, se aprecian unas estriaciones gruesas, imbricadas, dispuestas circunferencialmente, cada una de ellas representa una semana de vida, su número es constante para cada sujeto, aunque varía de unos individuos a otros.

$$\text{Edad (años)} = \frac{\text{RFT} + \text{CFT}}{365}$$

CFT es el número de estrías de Retzius (desde la línea neonatal hasta el cuello) por el número de estrías cruzadas.

RFT representa el tiempo de formación de la raíz, calculando los milímetros de grosor de la dentina tubular (y) y aplicando un factor de conversión (2,85) que es la cantidad de dentina que se forma al día (ηm). $\text{RFT} = 25y/2,85$.

A continuación reproducimos los resultados obtenidos por los autores al aplicar su método sobre una colección de esqueletos hallada en una cripta (tabla 16).

Tabla 16.- *Diferencias entre la edad real y el valor predictivo en el trabajo de Huda y col. (1995).*

Especimen	Rango de edad estimada	Edad real
1	0.38-0.61	0.60
2	0.69	0.73
3	1.78-2.06	2.00
4	1.89-2.29	2.01
5	0.77-1.20	1.85
6	2.19-2.49	
7	2.36-3.10	3.62
8	2.06-2.74	3.42
9	2.23-2.49	
10	3.80-4.63	4.25

Seguidamente, describimos la sistemática que idearon *Lamendin y col. (1992)*, la cual, como veremos con posterioridad será seleccionada por *Baccino y col. (1999)* para formar, junto con otros elementos anatómicos, un método combinado para la determinación de la edad. Sobre una muestra de 208 dientes monorradiculares, pertenecientes a 208 individuos, 135 varones y 73 mujeres, entre 22 y 90 años, estudia la periodontosis (P), la transparencia de la raíz (T) y la altura de la raíz (extremo o vértice a la unión cemento-dentina). Elaboran la siguiente ecuación:

$$A (\text{edad}) = (0.18 \times P) + (0.42 \times T) + 25.53 \quad r = 0.33$$

En la que, 25.53 es una constante y representa la edad a la que usualmente aparece la transparencia radicular (T).

$$P = \text{Altura de la periodontosis} \times 100 / \text{Altura de la raíz}$$

$$T = \text{Altura de la transparencia} \times 100 / \text{Altura de la raíz}$$

Las piezas dentales, sobre las que logra mejores resultados, son los incisivos centrales superiores. Obtiene buenos resultados en la población cuya edad se sitúa entre los 40 y los 80 años. No aparecen diferencias significativas debidas al sexo. Su método permite conservar el diente, no requiere un experto bien entrenado, ni aparatos sofisticados (negatoscopio).

Tabla 17.- Error medio (EM) entre la edad real y la estimada usando el método de Lamendin y col.)

Intervalos edad	26-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89
EM (años)	24.8	15.5	9.9	7.3	6.3	11.6	18.9

($P < 0.05$)

Con posterioridad surgen nuevos estudios en los que se intenta establecer la edad del individuo a través de la racemización del ácido aspártico y el incremento del contenido en nitrógeno en dentina, el incremento de la anulación del cemento, el aumento de la formación de la dentina esclerótica, estudios microscópicos y radiológicos periapicales del diente.

Morse y col. (1994) desarrollaron un estudio sobre la extremidad periapical de la pieza dental, para ello emplearon radiografías realizadas mediante la técnica de cono-largo, sobre una muestra de 74 piezas (52 completas y 22 parciales) de víctimas de la Operación Tormenta del Desierto, con el requisito previo de que no hubieran sido sometidos a terapias prolongadas de corticoesteroides o no hubieran padecido enfermedades como la dentinogénesis imperfecta, raquitismo vitamina D-resistente o enfermedades renales, que inducen al cierre precoz del canal

radicular. Mediante la evaluación de trece parámetros radiográficos se desarrollan dos métodos, clínico y de regresión múltiple, mostrándose el primero más eficaz en población joven. El modelo de regresión múltiple funcionó mejor en individuos ancianos.

En el clínico, distingue seis grupos de edad, entre los 17 y los 79 años, que divide en 17-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 y 70-79. Los trece parámetros a estudiar son: longitud del canal radicular del incisivo mandibular, anchura del cuello, longitud del canal radicular de otro diente, anchura del cuello de otro diente, nivel de la cresta alveolar del incisivo u otro diente combinado, nivel del alvéolo del incisivo u otro diente combinado, atrición del incisivo u otro diente combinado, desgaste de la restauración del incisivo u otro diente combinado, número (nº) de caries en raíz, rellenos del canal radicular (nº), pérdidas dentales (nº) y número de restauraciones. El método de regresión múltiple establece una ecuación específica, en base a la que determinará la edad: $y = 60.2 - 0.98 (\text{longitud del canal radicular}) - 11.72 (\text{anchura del cuello}) + 1.29 (\text{nivel de la cresta alveolar}) + 2.13 (\text{atrición}) + 0.22 (\text{pérdida dental}) + 0.072 (\text{restauraciones}) + 0.49 (\text{rellenos del canal radicular}) + 0.93 (\text{caries radiculares})$.

Tabla 18.- Estudio de los residuales siguiendo las metodologías (Morse y col.1994).

	Clínico (Int. Conf. 73%)	Regresión múltiple (I.C. 43.2%)
Media	± 4.4 años	± 6.3 años
Mediana	± 2.0 años	± 6.0 años
Moda	± 2.0 años	± 6 y 7 años

Los autores debido a la dificultad para coleccionar una muestra suficientemente grande para su estudio en personas mayores de 70 años, sugieren que no son extrapolables a esta población.

Drusini (1997) y colaboradores establecen la relación entre la edad de un sujeto y la reducción de la cavidad pulpar de la corona, para lo cual emplean una muestra de 846 piezas dentales (premolares y molares), de hombres y mujeres vivos, cuya edad se comprende entre los 11 y los 70 años, con una media de 34 años. A partir de las radiografías realizadas sobre los dientes, midiendo en milímetros la altura de la corona y la de la cavidad pulpar, elabora un coeficiente (TCI) que correlaciona con la edad del espécimen mediante una ecuación de regresión. La relación más alta se encontró en varones, con un error en la estimación de la edad de ± 5 años, en el 81.4% de casos empleando los molares ($r^2=0.85$; E.E=6.23 años). Por otro lado toman una muestra de 100 piezas dentales (50 premolares y 50 molares) procedentes de vestigios arqueológicos de unos cien años de antigüedad, sobre los que aplica, igualmente, una regresión lineal con respecto a la edad, logrando un error de ± 5 años en un 70.37% de los casos. Dichos autores otorgan gran valor al potencial de dicho método para utilizarse no sólo sobre material esquelético de edad desconocida, sino también sobre sujetos vivos. Además realiza una crítica de nuevas metodologías como la racemización de aminoácidos y del recuento de anulaciones del cemento, al considerar que ambas requieren un aparataje muy sofisticado, frente a su técnica; y con respecto a la racemización, su posible afectación debido a las condiciones de temperatura en el tiempo siguiente al producirse la muerte.

Más recientemente, *Martínez de Mandojana (1999)*, ha desarrollado estudios morfométricos sobre el diente, en el que se combinan mediciones realizadas por análisis de imágenes (anchura del diente completo, longitud de la raíz) y otras mediante lupa binocular (dentina secundaria, cemento, transparencia medio diente) sobre cortes de piezas dentarias, para la predicción de la edad en restos esqueletizados. La muestra la divide en dos grupos, menores de 60 (n=16) y mayores de 61 años (n=21). Obtiene un coeficiente de determinación corregido de 0.648 y un error estándar de 9.22 años. dicho estudio también fue aplicado sobre extracciones de sujetos vivos, con buenos resultados ($R^2=0.736$. E.E=7.97 años).

Además de los autores anteriormente citados, podemos añadir otros como *Solheim (1993)*, que elabora varias ecuaciones de regresión, basándose, al igual que los anteriores en el análisis de los cambios que sufre la pieza dental con el paso de los años (receso periodontal, atrición, color, dentina secundaria, adelgazamiento del cemento, superficie y medición de la zona radiotransparente). Sin embargo no añade nada nuevo con respecto a los estudios previos; obteniendo un coeficiente de correlación al cuadrado variable entre 0.58 y 0.78, con un error estándar de la estimación entre 12.9 y 8.7 años, respectivamente ($P < 0.05$). Previene sobre la valoración del color de los dientes, ya que el progresivo ennegrecimiento de los mismos con la edad, puede llevar a la confusión si no se está prevenido, además las piezas retiradas en los cadáveres sufren un oscurecimiento, bien por cambios intrínsecos o por reacciones con el medio ambiente.

Ohtani (1995) elabora un método que se basa en la “racemización del ácido aspártico en la dentina”. Los aminoácidos existentes en el organismo son en su mayoría formas levóginas (L-aminoácidos). Sin embargo en los tejidos que poseen un metabolismo lento, tales como los dientes, cristalino y cerebro, se produce una acumulación de D-aminoácidos procedentes de la transformación de las formas L (racemización). Particularmente el ácido aspártico de la dentina aumenta progresivamente de forma casi lineal.

En su estudio realiza secciones longitudinales a través del área central del diente, extrae la dentina, analiza el L-aspártico y el D-aspártico (ratio D/L), y establece una correlación entre el ratio D/L y la edad conocida del sujeto, obteniendo una buena correlación ($r = 0.991$) y un error en la estimación de la edad de ± 3 años. No encuentra diferencias significativas entre los distintos tipos de piezas (incisivo medio, lateral, primer premolar o segundo premolar). Los resultados muestran una mayor exactitud en individuos mayores o iguales de 40 años que en menores o iguales de 39.

Desarrollaron un nuevo método al que denominan el método B, orientado a aplicarse sobre los que llaman “pink teeth” y que son dientes pigmentados por la acción de la sangre tras un traumatismo. El tratamiento de la dentina incluye un lavado con ácido hidroclicórico, que

supuestamente elimina el error que podría introducirse por las proteínas procedentes de otras partes distintas a la dentina, como por ejemplo la sangre. Según los distintos autores, en los casos en los que la estimación de la edad se practique sobre dientes rosados (pink teeth), la racemización del ácido aspártico infraestima la edad.

Ritz y col. critican este último trabajo, ya que no aportan un intervalo de confianza, ni el error estándar. Los coeficientes de correlación, consideran además que, no son muy expresivos, al ser obtenidos sólo sobre cinco valores. Aunque si bien, parece que, el método de racemización del ácido aspártico, es capaz de proporcionar la edad con exactitud por lo que debe desarrollarse una investigación científica a fondo a fin de prevenir malas aplicaciones.

Ritz y col. (1993 y 1996), sobre una muestra de 53 de fragmentos de hueso parietal, estudian la biotransformación de D-aminoácidos, obteniendo un coeficiente de correlación de 0.98 (intervalo de confianza 95%), para sujetos mayores de 30 y hasta 93 años. Estos autores proponen la utilización, además de la racemización del ácido aspártico en la dentina, la extracción de proteínas no-colagénicas y la utilización desde otros tejidos, con el objeto de solventar el que no se pueda disponer de la dentina.

Ohtani y col., con posterioridad (1998), aplican su método sobre la cortical del húmero, basándose en estudios previos de Ritz (1994 y 1996), llegando a la conclusión que es mucho más difícil determinar la edad, con la misma exactitud, mediante el estudio de la racemización del ácido aspártico en el hueso que en la dentina.

Carolan y col (1997) llevan acabo un estudio sobre el ácido aspártico, la serina y el ácido glutámico. De éstos sólo el ácido aspártico proporciona una estimación de la edad comparable a los métodos morfológicos dentales. Además, utilizando este aminoácido obtiene un margen de estimación de la edad de 15 años (intervalo de confianza de 95%).

5. MÉTODOS COMBINADOS

Ya hemos citado diversas metodologías que aúnan varios elementos a estudiar, si bien éstos eran de tipo morfológico, a continuación reseñamos un método que incorpora aquellos que tradicionalmente se han mostrado como más exactos, siendo alguno de ellos novedoso.

Baccino y col. (1999), desarrollaron un estudio de los distintos métodos para estimar la edad, de manera que utilizando siete metodologías distintas evalúan su exactitud, comparando las técnicas individuales respecto a las que combinan varios y el efecto que la experiencia o entrenamiento del investigador pueda ejercer sobre dicho cálculo; para lo cual toman una muestra de varones y mujeres (N=19), cuyas edades se sitúan entre los 19 y 54 años. En la autopsia se tomaron la faceta sinfisal de ambos pubis, el extremo terminal de la cuarta costilla (derecha e izquierda), un diente monorradicular (incisivo central maxilar) y la sección completa de la diáfisis media del fémur derecho. El pubis fue evaluado mediante la técnica de Suchey-Brooks. La extremidad esternal de la cuarta costilla siguiendo la metodología de Iscan y Loth. La pieza dental, usando la técnica de Lamendin y col. Y la cortical femoral, según Kerley. Obtiene resultados similares a los de Lovejoy y col (1985), concluyendo que los métodos que emplean varios indicadores de la edad ofrecen resultados mejores que aquellos que se basan en uno sólo. Si aplicamos aquellos que utilizan únicamente un parámetro, el de Lamendin y col, se muestra claramente superior, siendo además independiente de la experiencia del observador, cosa que no ocurre con la técnica de Kerley. En cuanto a los resultados alcanzados sobre la fiabilidad de cada una de las técnicas empleadas nos remitimos al autor reseñado en el apartado correspondiente.

II. OBJETIVOS

Los estudios antropométricos desarrollados sobre los restos esqueléticos, como ya sabemos, se encaminan a la identificación del individuo, apoyándose en la determinación de la edad, sexo y raza.

Tras lo expuesto a lo largo de la *Introducción*, observamos que en la determinación la edad de un individuo en el momento de la muerte, sigue existiendo carencia de métodos objetivos, siendo necesaria y concluyente la pericia del investigador para aplicar adecuadamente cualquiera de los métodos desarrollados a tal fin. Por tanto, nos propusimos en esta tesis, tratar de establecer un método de tales características, esto es objetivo y que pueda ser reproducido por otros investigadores.

Así pues, los objetivos específicos de la presente investigación son:

- 1.- La determinación de la edad utilizando la epífisis proximal del húmero y el fémur, mediante técnicas de análisis de imagen basadas en radiografías.
- 2.- La elaboración de un método que permita obviar la subjetividad del investigador.
- 3.- Gran parte de las metodologías requieren para su aplicación, la elaboración de modelos que faciliten un estudio comparativo o bien la utilización de complicados medios técnicos de difícil accesibilidad, incluso para Escuelas de Medicina Legal o Institutos Anatómicos Forenses, es por ello que se pretende alcanzar un método cuyos requerimientos materiales sean fácilmente reproducibles.
- 4.- Elaborar una metodología que nos posibilite determinaciones de la edad en sujetos cuyas edades se sitúan por encima de los cincuenta años.

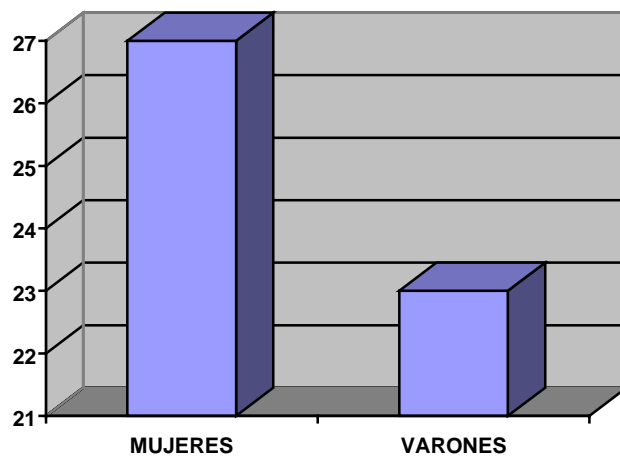
5.- Finalmente, valorar la eficacia del procedimiento elaborado con respecto a la metodología clásica, fundamentalmente el método Neméskeri y Acsádi sobre la epífisis proximal de húmero y fémur.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

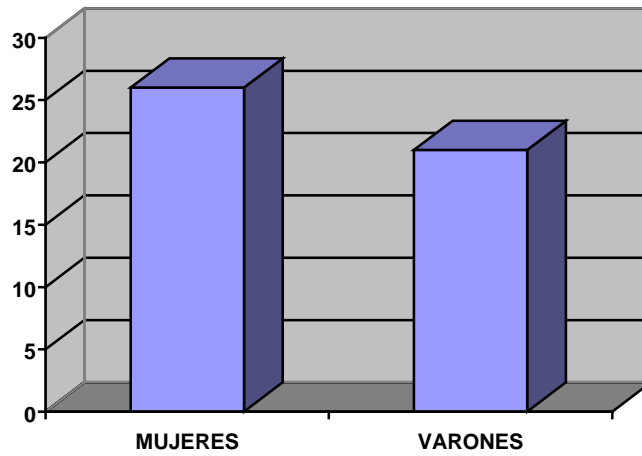
1. MATERIAL

Se recoge una muestra consistente en 51 fémures y 47 húmeros derechos, de edad y sexo conocidos, de la Colección de la Escuela de Medicina Legal. Sus edades se sitúan entre los 34 y los 92 años. El sexo se distribuye como sigue:

- Fémures: - Mujeres 28.
- Varones 23.
- Húmeros: - Mujeres 26.
- Varones 21.



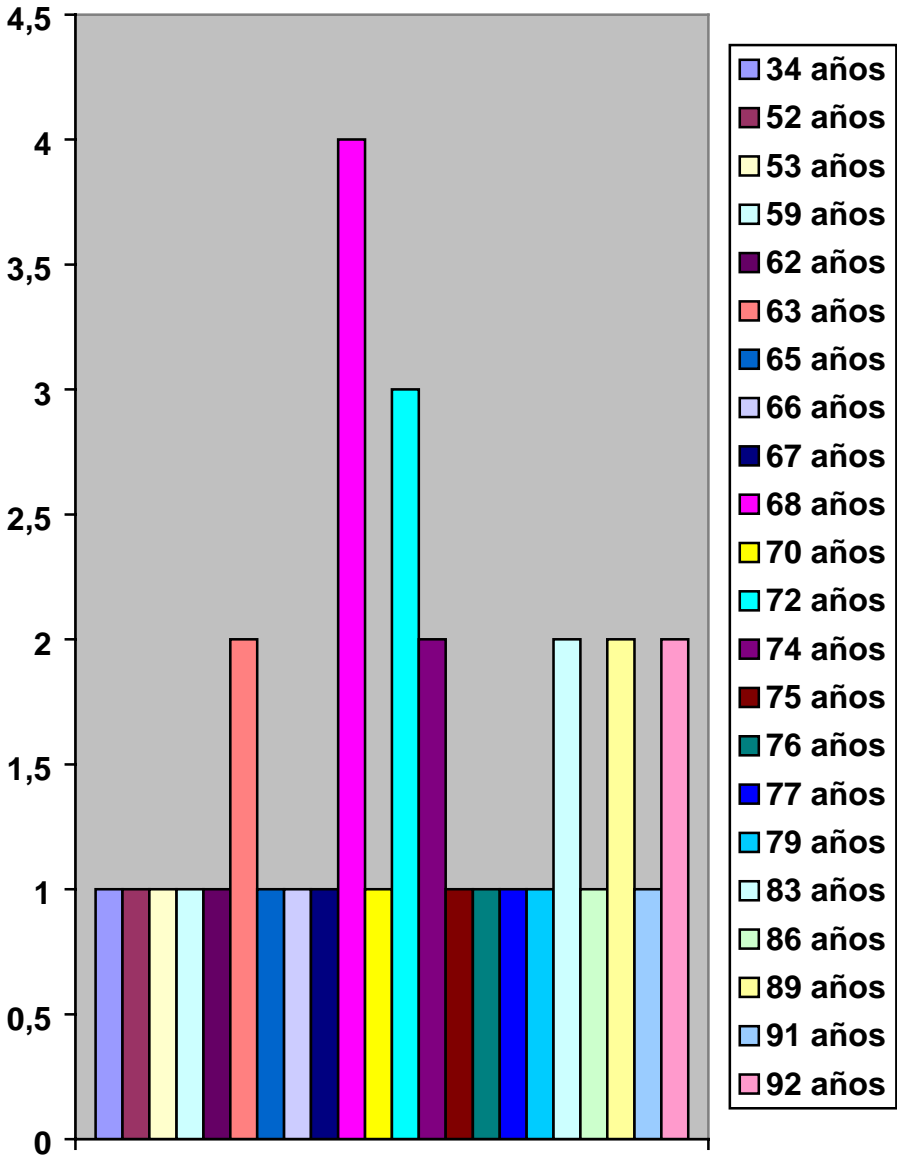
Número de fémures distribuidos en función del sexo.



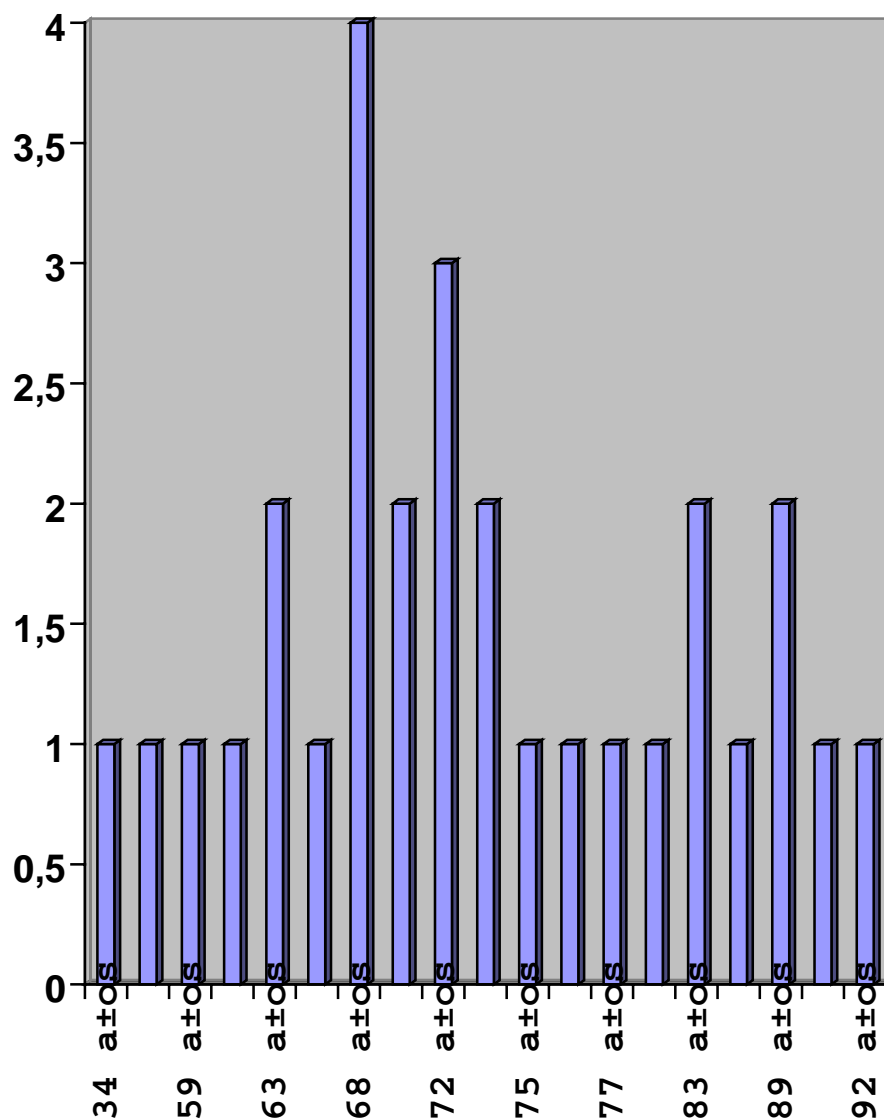
Número de húmeros distribuidos en función del sexo.

El rango de edades, como ya señalamos, se distribuye entre los 34 y los 92 años, tanto en la muestra de húmeros como de fémures, en los gráficos que aparecen a continuación se detalla la distribución del número de casos en función de la edad:

Número de fémures en función de la edad



Número de húmeros en función de la edad



Sin embargo, como ya veremos en los procedimientos estadísticos, la muestra quedará reducida, tanto húmeros como fémures, al eliminar aquellos individuos cuya edad se sitúe por debajo de los 53 años. Por lo que, en el fémur la media de edad de la muestra se sitúa en 75 años, en varones; mientras que en mujeres es de 70 años. En el húmero, la media de edad en la muestra de varones es de 73 años, y de 66 años en la de mujeres.

La muestra de húmeros, a su vez fue dividida por sexos, de manera que se obtienen tres bases de datos: húmero mujer, húmero varón y “húmero todos”, siendo esta última el sumatorio de las dos primeras. Sobre la población de fémures se repite el mismo procedimiento, por lo que resultan las siguientes bases de datos: fémur mujer, fémur varón y “fémur todos”. Así los tamaños muestrales quedarán como siguen:

	Húmero	Fémur
	n	n
Mujer	26	27
Varón	18	16
"Todos"	44	42

n= n° de casos

2. MÉTODOS

Se realiza en tres tiempos, primero un *método radiológico*, segundo un *método de medición*. Y, finalmente, en un tercer tiempo, los resultados son sometidos a un *método estadístico*.

2.1. Método radiológico.

Se practica una radiografía de cada espécimen de hueso seco que nos permita apreciar la trama trabecular y la cortical de la epífisis proximal con nitidez. Para lo cual se dispone el fémur apoyado en su plano anterior, sobre el chasis de protección con la cara posterior de ambos cóndilos femorales y la línea áspera a la vista. El húmero es igualmente colocado sobre el chasis, de manera que sea visible el tubérculo menor, la fosa coronoidea y el cóndilo humeral.

Las primeras experiencias aplicadas sobre la muestra con el objeto de obtener el método radiológico final, hicieron necesario el empleo de varios tipos de testigos en un intento de obtener el idóneo, así la madera, distintos elementos metálicos y finalmente el agua, fueron utilizados hasta que se logró una imagen radiológica cuya densidad de gris fuera próxima a la que proporciona el hueso largo seco al ser radiografiado. De esta manera se llegó a la conclusión, que junto a la pieza ósea se habría de disponer un testigo, consistente en un recipiente de plástico en forma de cilindro que encierra una columna de agua de 6 centímetros de altura (6 cm de altura por 4,8 cm de diámetro).

Las placas se realizaron con los siguientes medios técnicos y condiciones:

- Aparato marca SIEMENS UNISKOP S3.
- Distancia foco-placa: 130 cm.
- Voltaje: 60 Kv.
- Intensidad: 50 mA.

- Tiempo de exposición: 0,1 sg.
- Placas FUJI FILM Medical X-Ray Film de 35 x 43 cm. , con chasis de protección Fuji EC-AWU cassette de 35,6 x 43,2 cm.
- Revelado en máquina automática, marca AGFA-GEVAERT.

2.2. Método de medición.

Consiste, inicialmente, en la medición sobre la radiografía de las variaciones de intensidad de luz que proporciona la cortical y la estructura trabecular del hueso largo, mediante un analizador de imágenes.

El *analizador de imágenes* es un sistema informático que procesa imágenes matemáticamente, dichas imágenes pueden proceder de una videocámara o de cualquier otro medio que permita captarlas y almacenarlas.

En nuestro caso inicialmente se empleó para capturar imágenes una videocámara, si bien con posterioridad, fue sustituida por un escáner que permitía obtener unas imágenes de mayor calidad.

El proceso de captación y almacenamiento de la imagen tiene lugar mediante la transformación de la señal analógica (intensidad de luz) en una imagen digital, que consiste en una matriz numérica bidimensional, cuyos elementos están orientados espacialmente por sus coordenadas en la matriz (X, Y) y su magnitud numérica representa la intensidad digital, que a su vez es reflejo de la intensidad de luz de la escena real. Estos elementos que componen la imagen digital se denominan *pixels* (picture elements), y su magnitud de valor oscila de 0 a 255, considerados como valores de gris; en el que 0 sería el negro y 255 el blanco, siendo los valores intermedios visualizados como incrementos de gris. De esta manera los 256 valores de gris pueden ser mapeados en cualquier combinación de color disponible en el monitor o en un diagrama de gráficos. Estos datos son guardados en archivos de base de datos.

Así podemos definir el *análisis de imagen* como el sistema por el que se extraen una serie de datos cuantitativos de la imagen y que permiten la creación de bases de datos.

Una vez adquirida la imagen, se pueden aplicar una serie de filtros, que de otra manera no podrían obtenerse mediante procedimientos ópticos, haciendo posible mejorarla (realzamiento de contraste, mejoramiento de bordes, etc.). Todo ello con el objetivo último de realizar *mediciones*, éstas puede ser específicas de campo (sobre la imagen entera) o de región (sobre una parte de la

imagen completa). Los resultados de la medición pueden ser listados y evaluados estadísticamente. Finalmente, se elabora una *macro*, a la que podríamos definir como una rutina o pequeño programa que ejecuta sistemáticamente estos pasos.

Es necesario realizar una *calibración* del sistema, en orden a transformar las mediciones que ejecuta el procesador, en forma de pixels, a otras unidades de medida que puedan resultar útiles, en nuestro caso milímetros. Para lo cual se captura la imagen de una regla milimetrada, se marcan dos puntos en la imagen en pantalla, y se introducen la magnitud y las unidades de la distancia real de la regla entre los dos puntos seleccionados.

En un primer momento, el estudio de los valores de la intensidad de la luz (densidad de grises) se realizó considerando la superficie total del hueso radiografiado, es decir epífisis proximal, diáfisis y extremidad distal. Sin embargo los estudios estadísticos revelarían posteriormente que, aunque existía correlación entre la edad y la relación entre el área del hueso discriminado y el área total del hueso, ésta no era significativa, como ya veremos en el listado de resultados y comentaremos a propósito de la discusión.

La imagen radiográfica del húmero y del fémur, en este caso, es captada mediante una videocámara HITACHI, equipada con objetivo SIGMA 24mm F/2.8, montada sobre un estativo vertical Linhof con la altura graduada. En la base se dispone un megoscopio Rex, en posición horizontal. Las placas radiográficas son medidas mediante el analizador de imágenes VIDAS KONTRON modelo KAT286, fabricado por KONTRON Bidalanalyse GmbH, Breslauer Strasse 2, 8057 Eching, Alemania. Este ordenador está basado en un ordenador PC –compatible, con el siguiente *hardware*:

- Unidad central con microprocesador 80286 y coprocesador matemático. Cuenta con una frame grame board con capacidad de 3 Megabytes y con una overlay board, que permite superponer una imagen captada en vídeo y una salida de ordenador compatible con IBM Color Graphics Adapter (CGA), con resolución hasta 640 x 400.

- Periféricos: teclado expandido. Dos monitores MITSUBISHI modelo EUM-1418^a(T), color. Tabla digitalizadora KONTRON modelo DIGICAD, con un área activa sobre la que deslizamos el lápiz electrónico.

El *software* utilizado ha sido el programa Videoplan versión 2.1, de Kontron Bidalanalyse GmbH.

Con posterioridad la videocámara fue reemplazada por un escáner EPSON TWAIN GT-9000. Y por un soporte informático distinto consistente en Microsoft Windows®98. Las imágenes así adquiridas fueron tratadas por el programa IMAGEN SYSTEM RELEASE 3.0 (KS 300) de Carl Zeiss Vision (Alemania).

Elaboramos una “*macro*” que recoge sistemáticamente el número de muestra, caso, edad y sexo del hueso radiografiado. Y realiza una serie de mediciones:

- densidad de gris del testigo (GRISTEST).
- área del hueso discriminado (ÁREA 1).
- densidad de gris del hueso discriminado (GRIS 1).
- área de la superficie ósea seleccionada (ÁREA 2).
- densidad de gris del hueso seleccionado (GRIS 2).

Sobre la radiografía del húmero se selecciona la epífisis proximal y los tres primeros tres centímetros de diáfisis a partir del extremo distal de la cabeza humeral. Mientras que, en el fémur consideraremos la epífisis proximal y la diáfisis hasta el borde inferior del trocánter menor.

Se obtiene una imagen en la pantalla del ordenador correspondiente a la superficie, del fémur o húmero, a evaluar.

Seleccionamos la superficie ósea y estimamos su área (ÁREA 2), en milímetros, y la densidad de gris de la misma (GRIS 2).

Se calcula la densidad de gris del testigo, para lo cual llevamos el valor del mismo desde el negro (0) hasta el valor de gris en que su imagen adquiere una tonalidad uniforme y sus bordes están perfectamente definidos (GRISTEST).

La densidad de gris del testigo es el valor de referencia que nos permite obtener lo que llamamos densidad de gris del hueso discriminado.

Así pues, aplicando el valor de la densidad de gris del testigo sobre la imagen de grises del hueso, se crea una imagen susceptible de ser medida en cuanto a su área (ÁREA 1), en milímetros, y valoración de la intensidad de luz (GRIS 1).

Además se elaboran dos relaciones matemáticas, a las que denominaremos vejez y vejez gris (VEGRIS), que consiste en el cociente área de hueso discriminado/área hueso considerada y densidad de gris hueso discriminado/densidad de gris hueso seleccionado, respectivamente.

$$\text{VEJEZ} = \frac{\text{Área de hueso discriminado}}{\text{Área hueso considerada}}$$

$$\text{VEGRIS} = \frac{\text{Densidad de gris hueso discriminado}}{\text{Densidad de gris hueso seleccionado}}$$

La macro se aplica separadamente sobre la muestra de húmeros y fémures elaborando dos bases de datos, sobre las que realizaremos los estudios estadísticos.

Por otro lado, se crea una base de datos, a la que denominamos “completo”, que aúna los valores obtenidos de combinar los valores referenciados de aquellos especímenes en los que disponemos del húmero y fémur (GRISTEST, ÁREA 1, GRIS 1, ÁREA 2, GRIS 2, VEJEZ, VEGRIS).

Finalmente, se realiza una serie de mediciones antropométricas, mediante un calibre o “pie de rey”, tanto de los fémures como de los húmeros, cuyo valor, en milímetros, es añadido a la base de datos anteriormente mencionada. En el fémur:

- Diámetro anteroposterior del trocánter mayor. (A-P)TM.
- Diámetro anteroposterior del trocánter menor. (A-P)Tm.
- Diámetro transversal del trocánter menor. TTm.
- Diámetro anteroposterior del cuello. A-Pcuello.
- Diámetro transversal del cuello (vertical). T.
- Diámetro vertical de la cabeza. Vcabeza.

En el húmero:

- Diámetro anteroposterior del troquíter. AP
- Diámetro transversal del troquíter. T_{TROQ}.

Por tanto, en la base de datos creada, figurarán, junto a las variables anteriores, y en función de si se trata de fémur o húmero:

- Número de orden.
- Edad, en años.
- Sexo, *v* si es varón, *m* en el caso de las mujeres.

2.3. Métodos estadísticos

Las bases de datos recogidas son remitidas al Centro de Estudios Estadísticos de la Universidad Complutense de Madrid, en donde se aplica el programa estadístico BMDP, versión 7.1 (AXP/OPENVMS) de BMDP Statistical Software, Inc. 12121 Wilshire Blvd. Suite 300. Los Ángeles, CA. 90025 USA.

Se realizaron los siguientes análisis:

- BMDP6D- BIVARIATE (SCATTER) PLOTS.
- BMDP6R- PARTIAL CORRELATION AND MULTIVARIATE REGRESION.
- BMDP9R- ALL POSSIBLE SUBSETS REGRESION.

La descripción de cada uno de los análisis arriba expresados, se llevará a cabo en la continuación, a propósito de los resultados.

IV. RESULTADOS

Como sabemos, el objetivo principal de la presente tesis es tratar de determinar la edad del individuo, en el momento de la muerte (variable dependiente o criterio), a partir de las variables descritas anteriormente (variables independientes o predictores), esto se logra mediante una ecuación matemática; de manera que podemos obtener la primera a partir de una o más de las segundas. La expresión matemática empleada para ello es la regresión.

1. ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

1.1. Regresiones lineales simples

En primer lugar aplicamos una regresión lineal simple, que comporta la observación de una variable bidimensional (X,Y), a partir de la representación gráfica de los puntos obtenidos en una nube o diagrama de dispersión.

El problema general de la regresión, se plantea en el intento de ajustar una función de ecuación conocida a la nube en cuestión.

Una vez realizada la estimación debemos comprobar si efectivamente el ajuste es el idóneo. El cálculo del coeficiente de correlación lineal (r), nos dará una medida de dicho ajuste. Su valor oscilará entre -1 y 1, cuanto más cerca esté de ± 1 , más precisa es la relación lineal entre las variables. Cuanto más cerca de 0, peor es la relación lineal.

Mediante el procedimiento BMPD6D – BIVARIATE (SCATTER) PLOTS se calculan las ecuaciones de las rectas de regresión de la edad sobre las variables descritas (VEJEZ, VEGRIS, Área 1, Área 2, Gris 1, Gris 2, GRISTEST, A-P, T, A-Ptroquín, Ttroquín, A-P TM, TTm, A-Pcuello, Tcuello y Vcabeza), obteniéndose los diagramas de dispersión correspondientes, que vienen expresados en el apéndice final. Para lo cual utilizaremos la totalidad de la base de datos

para cada uno del conjunto de especímenes, recogidos en húmero mujer y fémur “todos”, de ambos sexos; quedando así los resultados referidos a éstas.

La variable que muestra mejor comportamiento en el fémur (fémur “todos”) es Vejez. A continuación se recogen las variables más significativas, en hombres y mujeres.

Tabla 19.- *Correlaciones más significativas entre las variables en fémur todos.*

<i>Variable</i>	<i>Fémur</i>		<i>Mujeres</i>	
	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>
VEJEZ	-0.287	0.26	-0.525	0.004
VEGRIS	0.363	0.15	0.440	0.19
GRIS 1	-	-	-0.530	0.004
ÁREA 2	-	-	-0.535	0.003
V cabeza	0.341	0.19	-	-

V cabeza.: diámetro vertical cabeza femoral

Si recordamos, Vgris, es el cociente entre la densidad de gris del hueso discriminado y la densidad de gris del hueso seleccionado. Mientras que, Vejez, expresaría la relación entre las áreas o superficies.

En el húmero, la variable que mejor expresa la relación con la edad es Vejez. En tabla que mostramos a continuación se reflejan las variables más significativas en húmeros de hombres y mujeres.

Tabla 20.- *Correlaciones más significativas entre las variables y la edad en húmero todos.*

<i>Variable</i>	<i>Húmero</i>		<i>Hombres</i>		<i>Mujeres</i>	
	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>
VEJEZ	-0.363	0.139	-0.329	0.1	-	-
VEGRIS	0.347	0.139	-	-	-	-
GRIS 1	-0.360	0.142	-	-	-	-
ÁREA 2	-0.325	0.18	-0.303	0.132	-	-
GRIS 2	-0.357	0.146	-	-	-	-
Ttroq	-	-	-0.315	0.18	-	-

Ttroq: diámetro transversal a nivel del troquíter

No exponemos la ecuación de regresión obtenida para las variables referidas, ya que su valor reside en la orientación que proporcionan para los análisis de regresión múltiple que realizaremos a continuación. No obstante quedan reflejadas bajo su diagrama de dispersión, en el referido apéndice.

Del estudio de estas variables se aprecia el distinto comportamiento de las mismas según el sexo considerado. En las dos tablas que exponemos a continuación, respecto al húmero y al fémur, queda reflejado este extremo.

Tabla 21.- *Valores de la media y desviación típica de las variables del húmero*

<i>Variable</i>	<i>Varón</i>	<i>Mujer</i>
VEJEZ	0.336±0.17 (p=0.139)	0.45±0.21 (p=0.1)
VEGRIS	1.08±0.105 (p=0.158)	1.29±0.17 (p=0.267)
ÁREA 1	2545±167.57 (p=0.932)	1962±170.21 (p=0.824)
GRIS 1	105.26±23.18 (p=0.142)	70.51±12.09 (p=0.27)
ÁREA 2	2132.8±483.64 (p=0.188)	900.26±443.44 (p=0.132)
GRIS 2	112.53±17.08 (p=0.146)	89.89±8.63 (p=0.885)
GRISTEST	161.55±8.76 (p=0.07)	155.16±8.38 (p=0.957)

AP	19.33±1.78 (p=0.96)	17.11±1.60 (p=0.484)
T	23.22±2.18 (p=0.82)	18.84±1.89 (p=0.75)
A-Ptroq	45.38±2.2 (p=0.55)	39.73±2.39 (p=0.59)
Ttroq	51.27±2.16 (p=0.935)	43.65±2.6 (p=0.118)

AP: diámetro anteroposterior a nivel del troquíter

Tabla 22.- Valores de la media y desviaciones típicas de las variables en fémur

Variable	Varón	Mujer
VEJEZ	0.68±0.2 (p=0.264)	0.38±0.2 (p=0.004)
VEGRIS	1.31±0.32 (p=0.153)	2.42±3.01 (p=0.19)
ÁREA 1	5192.6±518.23 (p=0.27)	3917.3±434.03 (p=0.315)
GRIS 1	63.29±14.85 (p=0.312)	42.5±16.46 (p=0.004)
ÁREA 2	3566.9±1147.7 (p=0.528)	1557.6±902.03 (p=0.003)
GRIS 2	79.604±10.82 8 (p=0.982)	74.46±9.42 (p=0.038)
GRISTEST	90.49±12.34 (p=0.376)	90.27±9.24 (p=0.547)
AP	29.43±2.44 (p=0.066)	25.51±2.24 (p=0.498)
T	27.62±1.66 (p=0.356)	25±2.23 (p=0.382)
(A-P)TM	45.5±3.09 (p=0.257)	39.59±3.67 (p=0.58)
(A-P)Tm	34.43±3.86 (p=0.614)	31.37±2.98 (p=0.698)
T Tm	48.75±3.29 (p=0.056)	43.48±2.96 (p=0.525)
A-P cuello	26.68±2.7 (p=0.833)	22.37±2.97 (p=0.588)
T cuello	33.06±2.56 (p=0.844)	28.25±3.04 (p=0.769)
V cabeza	47.31±3.15 (p=0.196)	40.296±1.93 (p=0.407)

(A-P)TM: diámetro anteroposterior a nivel del trocánter mayor

(A-P)Tm: diámetro anteroposterior a nivel del trocánter menor

TTm: diámetro transversal a nivel del trocánter menor

Mediante el procedimiento BMPD9R- ALL POSSIBLE SUBSETS REGRESION se determina qué subconjunto de estas variables da la mejor ecuación de regresión múltiple.

1.2. Regresiones lineales múltiples

La regresión múltiple es un procedimiento para seleccionar variables predictoras ampliamente utilizado en estadística. Se parte de una ecuación de regresión sin variables independientes y se van añadiendo éstas una a una en función de su capacidad de predecir la variable dependiente. El criterio de selección es el valor estadístico T. Una vez estudiados todos los subconjuntos, se seleccionan las variables más significativas, con mayor valor de R^2 .

El coeficiente de correlación múltiple al cuadrado (R^2), tiene la misma significación que el coeficiente de correlación lineal (r), y se sitúa entre 0 y 1. Cuando su valor es de uno se dice que la correlación es perfecta. Expresaría el porcentaje de la variable dependiente que es explicada por las variables independientes de ese modelo.

1.2.1 Correlaciones significativas entre variables

Las ecuaciones de regresión que se obtienen, son expuestas a continuación para cada uno de los supuestos, junto con el coeficiente de correlación múltiple (R^2) y el error estándar de estimación, correspondiente a un intervalo de confianza del 68%.

· *Húmero mujer.*

$$1) \text{ Edad} = 234.809 - 137.348 \times \text{VEJEZ} - 46.1469 \times \text{AREA 2} - 1.84057 \times \text{Ttroq}$$

$$R^2 = 0.39047$$

Error estándar de la estimación: 6.916529

Tabla 23.- *Relación de variables en número mujer 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
VEJEZ	0.239	p=0.009
VEGRIS	0.103	p=0.073
ÁREA 2	0.152	p=0.032
Ttroq	0.201	p=0.016

$$2) \text{ Edad} = 181.365 - 42.4362 \times \text{VEJEZ} - 41.7491 \times \text{VEGRIS} + 0.0247130 \times \text{AREA 1} - 1.89460 \times \text{Ttroq}$$

$$R^2 = 0.38502$$

Error estándar de la estimación: 6.947338

Tabla 24.- *Relación de variables en número mujer 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
VEJEZ	0.140	p=0.04
VEGRIS	0.086	p=0.100
ÁREA 1	0.146	p=0.036
Ttroq	0.201	p=0.016

· *Húmero varón.*

$$3) \text{ Edad} = 146.508 - 0.450199 \times \text{GRISTEST}$$

$$R^2 = 0.19069$$

Error estándar de la estimación: 8.376302

Tabla 25.- *Relación de variables en número varones 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
GRISTEST	0.1906	p=0.07

$$4) \text{ Edad} = 89.4030 - 18.6880 \times \text{VEJEZ}$$

$$R^2 = 0.13184$$

Error estándar de la estimación: 8.675536

Tabla 26.- *Relación de variables en número varones 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
VEJEZ	0.131	p=0.139

· *Húmero todos.*

$$5) \text{ Edad} = 84.8702 + 0.274661 \times \text{AREA 1} - 0.00528764 \times \text{AREA 2} - 1.37286 \times \text{Ttroq}$$

$$R^2 = 0.18686$$

Error estándar de la estimación: 7.855442

Tabla 27.- *Relación de variables en número todos 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
ÁREA 1	0.15	p=0.01
ÁREA 2	0.776	p=0.058
Ttroq	0.721	p=0.067

$$6) \text{ Edad} = 92.5609 - 11.3983 \times \text{VEJEZ} + 0.0237892 \times \text{AREA 1} - 1.3738 \times \text{Ttroq}$$

$$R^2 = 0.18519$$

Error estándar de la estimación: 7.8634

Tabla 28.- *Relación de variables en número todos 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
VEJEZ	0.076	p=0.061
ÁREA 1	0.122	p=0.019
Ttroq	0.721	p=0.067

· *Fémur mujer.*

$$7) \text{ Edad} = 108.553 - 9.27089 \times \text{VEGRIS} - 0.0098 \times \text{AREA 2}$$

$$R^2 = 0.28815$$

Error estándar de la estimación: 8.2738

Tabla 29.- *Relación de variables en fémur mujer 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
VEGRIS	0.072	p=0.132
ÁREA 2	0.220	p=0.012

8) Edad = 54.8019 – 0.00503 x AREA 2 + 1.14315 x T

$$R^2 = 0.22545$$

Error estándar de la estimación: 8.4561

Tabla 30.- *Relación de variables en fémur mujer 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
ÁREA 2	0.148	p=0.048
T	0.077	p=0.143

· *Fémur varón.*

9) Edad = -31.3448 – 39.2494 x VEJEZ – 0.642122 x GRISTEST + 6.96959 x T

$$R^2 = 0.66812$$

Error estándar de la estimación: 6.419240

Tabla 31.- *Relación de variables en fémur varón 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
VEJEZ	0.426	p=0.002
GRISTEST	0.376	p=0.003
T	0.566	p=0.001

$$10) \text{ Edad} = 38.8889 - 0.0068 \times \text{AREA 2} - 0.6955 \times \text{GRISTEST} + 7.33317 \times T$$

$$R^2 = 0.59051$$

Error estándar de la estimación: 7.1304

Tabla 32.- *Relación de variables en fémur varón 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
ÁREA 2	0.349	p=0.008
GRISTEST	0.404	p=0.005
T	0.533	p=0.002

· *Fémur todos.*

$$11) \text{ Edad} = 57.2910 - 15.4592 \times \text{VEJEZ} - 0.254056 \times \text{GRISTEST} + 1.88842 \times \text{T}$$

$$R^2 = 0.26768$$

Error estándar de la estimación: 8.3466

Tabla 33.- *Relación de variables en fémur todos 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
VEJEZ	0.130	p=0.013
GRISTEST	0.070	p=0.063
T	0.173	p=0.005

$$12) \text{ Edad} = 52.4928 - 0.0028 \times \text{AREA 2} - 0.2954 \times \text{GRISTEST} + 2.171 \times \text{T}$$

$$R^2 = 0.26138$$

Error estándar de la estimación: 8.8324

Tabla 34.- *Relación de variables en fémur todos 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
ÁREA 2	0.124	p=0.016
GRISTEST	0.096	p=0.032
T	0.196	p=0.003

A continuación reflejaremos en el cuadro I, los distintos valores que adquiere el “error de estimación (E.E)”, para cada uno de los elementos estudiados, en aquellas ecuaciones de regresión sobre las que se ha obtenido mejor coeficiente de correlación al cuadrado (R^2), entre paréntesis figura el número de ecuación a la que corresponde.

	E.E
<i>Húmero mujer (1)</i>	6.9165
<i>Húmero varón (3)</i>	8.3763
<i>Húmero “todos” (5)</i>	7.8554
<i>Fémur mujer (7)</i>	8.2738
<i>Fémur varón (9)</i>	6.4192
<i>Fémur “todos” (11)</i>	8.3466

1.2.2 Modelos de asociación de las diferentes variables (combinada)

Aplicando el procedimiento BMDP 9R-ALL POSSIBLE SUBSETS REGRESSION, sobre una población compuesta por aquellos individuos de los que disponemos el húmero y el fémur, a la que denominaremos “combinada”, se obtienen una serie de ecuaciones de regresión, en función de si consideramos ambos sexos (“todos”), varones y mujeres. Al igual que hiciéramos anteriormente sobre el húmero y el fémur individualmente, se elaboran dos modelos de regresión.

La letra en mayúscula que antecede a la variable, hace referencia al elemento, fémur o húmero al que corresponde, por ejemplo FVEVEZ, sería la variable VEJEZ del fémur o HGRIS, sería el valor de GRIS en húmero. Los resultados fueron los siguientes:

• Todos

$$13) \text{ Edad} = 12.3687 - 34.3915 \times \text{FVEJEZ} + 0.008185 \times \text{FAREA 2} + 49.6308 \times \text{HVEGRIS}$$

$$R^2 = 0.3331$$

Error estándar de la estimación: 9.503383

Tabla 35.- *Relación de variables en combinada todos 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
FVEJEZ	0.045	p=0.202
FÁREA 2	0.076	p=0.102
HVEGRIS	0.254	p=0.005

$$14) \text{ Edad} = 90.2485 - 33.8801 \times \text{FVEJEZ} + 0.00938817 \times \text{FAREA 2} - 34.3353 \times \text{HVEJEZ}$$

$$R^2 = 0.34256$$

Error estándar de la estimación: 9.43727

Tabla 36.- *Relación de variables en combinada todos 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
FVEJEZ	0.044	p=0.206
FÁREA 2	0.097	p=0.066
HVEJEZ	0.263	p=0.005

· *Varones*

$$15) \text{ Edad} = -81.1966 + 44.7449 \times \text{FVEGRIS} + 0.0115742 \times \text{FAREA 2} + 1.18680 \times \text{F(A-P)TM}$$

$$R^2 = 0.72105$$

Error estándar de la estimación: 6.55428

Tabla 37.- *Relación de variables en combinada varones 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
FVEGRIS	0.431	p=0.013
FÁREA 2	0.289	p=0.031
F (A-P)TM	0.106	p=0.146

$$16) \text{ Edad} = -75.6931 + 62.2168 \times \text{FVEGRIS} + 0.0183753 \times \text{FAREA 2}$$

$$R^2 = 0.50662$$

Error estándar de la estimación: 10.668638

Tabla 38.- *Relación de variables en combinada varones 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
FVEGRIS	0.496	p=0.015
FÁREA 2	0.467	p=0.017

· *Mujeres*

$$17) \text{ Edad} = 144.217 - 19.0182 \times \text{FVEGRIS} - 0.0176544 \times \text{FAREA 2} - 14.9712 \times \text{HVEJEZ}$$

$$R^2 = 0.662555$$

Error estándar de la estimación: 5.707462

Tabla 39.- *Relación de variables en combinada mujeres 1, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
FVEGRIS	0.226	p=0.011
FÁREA 2	0.214	p=0.031
HVEJEZ	0.051	p=0.146

$$18) \text{ Edad} = 151.302 - 22.5341 \times \text{FVEGRIS} - 0.229458 \times \text{FAREA 2}$$

$$R^2 = 0.61058$$

Error estándar de la estimación: 5.908205

Tabla 40.- *Relación de variables en combinada mujeres 2, contribución de las mismas al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su significación.*

Variable	Contribución a R^2	Significación
FVEGRIS	0.373	p=0.003
FÁREA 2	0.577	p=0.000

El “error estándar de la estimación (E.E)”, de aquellas que presentan mejor coeficiente de correlación al cuadrado (R^2), viene expresado en el cuadro II.

	E.E
Combinado “todos” (14)	9.4372
Combinado varones (15)	6.5542
Combinado mujeres (17)	5.7074

A modo de resumen, podemos elaborar una tabla en la que queden recogidas las **fórmulas predictivas que han mostrado un mejor comportamiento estadístico**, junto con su coeficiente de determinación corregido (R^2) y el error de estimación.

Tabla 41.- *Relación de fórmulas predictivas que presentan mejor correlación con la edad.*

Fórmulas	R^2	E.E
· Húmero mujer (1) Edad= $234.809-137.34 \times \text{VEJEZ}-46.14 \times \text{VEGRIS}+0.046 \times \text{AREA2}-1.84 \times \text{Ttroq}$	0.39	6.91
· Fémur varón (9) Edad= $-31.34-39.24 \times \text{VEJEZ}-0.64 \times \text{GRISTEST}+6.96 \times \text{T}$	0.668	6.41
· Combinada varón (15) Edad= $-81.19 \times 44.74 \times \text{FVEGRIS}+0.01 \times \text{FAREA2}+1.18 \times \text{F(A-P)Tm}$	0.721	6.55

Ttroq= diámetro transversal a nivel del troquíter.

T= diámetro transversal a nivel del cuello.

F(A-P)Tm= diámetro anteroposterior a nivel trocánter menor del fémur.

R^2 = coeficiente de determinación corregido.

E.E= error en la estimación.

De forma previa a lo expuesto, tal y como se señala en Material y Métodos (método de medición 1.2), sobre los húmeros de la población femenina y masculina, así como el fémur en varones, se desarrolla el procedimiento estadístico BMDP 9R-ALL POSSIBLE SUBSETS REGRESSION, descrito anteriormente con la salvedad de que no se adopta la medición de diámetros, es decir no se introduce entre las variables a analizar las micrométricas. Los resultados obtenidos quedan recogidos en la siguiente tabla; como comprobaremos fueron netamente inferiores a los conseguidos con su incorporación.

Tabla 42.- Coeficientes de determinación corregidos (R^2) y errores estándar (E.E) logrados sin introducir variables micrométricas en la ecuación de regresión.

	R^2	E.E
<i>Húmero mujer</i>	<i>0.35</i>	<i>9.8</i>
<i>Húmero varón</i>	<i>0.45</i>	<i>6.7</i>
<i>Fémur varón</i>	<i>0.37</i>	<i>13.2</i>

1.3 Morfometría por análisis de imágenes

Se obtuvieron el rango y los valores medios de todas las variables estudiadas por análisis de imagen, presentándose en las tablas 42 a 59.

Tabla 43.- Valores medios y rango de las variables del húmero todos 1.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
ÁREA 1	2200.9	334.7	1740.5	2938.02
ÁREA 2	1404.4	763.2	78.21	2925.7
Ttroq	46.7	4.49	38	56

Tabla 44.- Valores medios y rango de las variables del húmero todos 2.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
VEJEZ	0.6	0.2	0.04	1
ÁREA 1	1404.4	763.2	78.21	2925.7
Ttroq	46.7	4.49	38	56

Tabla 45.- Valores medios y rango de las variables del húmero varones 1 .

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
GRISTEST	161.5	8.7	148.6	173.5

Tabla 46.- Valores medios y rango de las variables del húmero varones 2 .

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
VEJEZ	0.8	0.1	0.4	1

Tabla 47.- Valores medios y rango de las variables del húmero mujeres 1.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
VEJEZ	0.4	0.2	0.04	0.9
VEGRIS	1.2	0.1	1.04	1.7
ÁREA2	900.2	443.4	78.2	1936.4
Ttroq	43.6	2.6	38	50

Tabla 48.- Valores medios y rango de las variables del húmero mujeres 2.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
VEJEZ	0.4	0.2	0.04	0.9
VEGRIS	1.2	0.1	1.04	1.7
ÁREA 1	1962.3	170.2	1740.5	2523.8
Ttroq	43.6	2.6	38	50

Tabla 49.- Valores medios y rango de las variables del fémur todos 1.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
VEJEZ	0.5	0.2	0.1	0.9
GRISTEST	90.5	10.5	63.4	107.06
T	26.04	2.3	22	31

Tabla 50.- Valores medios y rango de las variables del fémur todos 2.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
ÁREA 2	2313.1	1366.7	414.7	4948.4
GRISTEST	90.5	10.5	63.4	107.06
T	26.04	2.3	22	31

Tabla 51.- Valores medios y rango de las variables del fémur varones 1.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
VEJEZ	0.6	0.2	0.2	0.9
GRITEST	91.1	12.4	67.1	107.06
T	27.6	1.6	24	30

Tabla 52.- Valores medios y rango de las variables del fémur varones 2.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
ÁREA 2	3612.5	1169.2	1062.1	4948.4
GRISTEST	91.1	12.4	67.1	107.06
T	27.6	1.6	24	30

Tabla 53.- Valores medios y rango de las variables del fémur mujeres 1.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
VEGRIS	1.8	0.5	1.1	3.2
ÁREA 2	1614.1	867.1	414.7	4231.2

Tabla 54.- Valores medios y rango de las variables del fémur mujeres 2.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
ÁREA 2	1513.4	705.3	414.7	3213.4
T	25.07	2.2	22	31

Tabla 55.- Valores medios y rango de las variables de la forma combinada todos 1.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
FVEJEZ	0.4	0.2	0.1	0.9
FÁREA 2	2254.3	1352.3	414.7	4802.1
HVEGRIS	1.1	0.1	1	1.5

Tabla 56.- Valores medios y rango de las variables de la forma combinada todos 2.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
FVEJEZ	0.4	0.2	0.1	0.9
FÁREA 2	2254.3	1352.3	414.7	4802.1
HVEJEZ	0.6	0.2	0.2	1

Tabla 57.- Valores medios y rango de las variables de la forma combinada varones 1.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
FVEGRIS	1.3	0.3	1.07	2.3
FÁREA 2	3467.2	1278.3	1062.1	4802.1
F (A-P)TM	46.09	3.04	40	50

Tabla 58.- Valores medios y rango de las variables de la forma combinada varones 2.

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
FVEGRIS	1.3	0.3	1.07	2.3
FÁREA 2	3391.9	1246.5	1062.1	4802.1

Tabla 59.- *Valores medios y rango de las variables de la forma combinada mujeres 1.*

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
FVEGRIS	1.9	0.5	1.2	3.2
FÁREA 2	1451.3	690.2	414.7	2581.8
HVEJEZ	0.4	0.1	0.2	0.9

Tabla 60.- *Valores medios y rango de las variables de la forma combinada mujeres 2.*

Variable	Media	D.S.	Min.	Max.
FVEGRIS	1.9	0.5	1.2	3.2
FÁREA 2	1451.3	690.2	414.7	2581.8

2. ESTUDIO DE LOS RESIDUALES

Un residual es la diferencia entre el valor observado y el predicho. Debe tenerse en cuenta que un valor positivo indica un valor inferior al observado, mientras que un valor negativo sería superior.

Los residuales que van a ser objeto del estudio, corresponden a aquellas ecuaciones de regresión con las que se han obtenido mejores resultados estadísticos en el húmero y en el fémur de ambos sexos, y en la forma combinada.

Los valores estadísticos que mejor explican la distribución de estos valores son la media y la mediana. En la tabla 60, se recogen dichos valores según la ecuación de regresión considerada, y que en cualquier caso, corresponde a la que mejor comportamiento estadístico ha mostrado.

Tabla 61.- *Valores de la media y mediana, según la ecuación de regresión.*

	Media	Mediana
Húmero mujer (1)	5.07	0.04
Húmero varón (3)	6.307	5.46
Húmero todos (5)	5.97	5.01
Fémur mujer (7)	6.54	5.89
Fémur varón (9)	3.78	2.40
Fémur todos (11)	6.54	5.89
Combinada todos (14)	6.56	4.15
Combinada varones (15)	4.36	4.15
Combinada mujeres (17)	4.57	5.06

Los valores del residual frente a la edad conocida, es posible representarlos en forma de diagramas de dispersión. Éstos quedan recogidos en el *Apéndice I*.

V. DISCUSIÓN

En primer lugar debemos plantearnos si la selección de la muestra ha sido adecuada o no para nuestros fines.

1. JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA Y METODOLOGÍA.

1.1 Sobre la muestra

Si bien en un primer momento la intención era la recolección de húmeros y fémures, cuyas edades cubrieran un amplio abanico desde los 0 a los 100 años, bien pronto nos apercebimos de una serie de limitaciones.

El muestreo realizado sobre la colección disponible en el Departamento de Medicina Legal de la facultad de medicina de la Universidad Complutense de Madrid, dentro de que se trata de una población discreta en cuanto a su número, si la comparamos con las propias americanas, plantea una serie de limitaciones. La primera es el rango de edades en que se sitúa la muestra, disponiéndose entre 34 y 92 años, con una media de edad, en mujeres, de 70 y 66 años según consideremos el fémur o el húmero, respectivamente. La media de edad en varones es de 75 años en fémures, y de 73 años en húmeros. Por lo que la selección de los individuos se hizo por encima de 53 años, debido a la posibilidad de la distorsión de los resultados; y entre otros imperativos por la disponibilidad de muestra. No obstante, los descartados, han sido pocos.

Más al contrario, su edad al ser tan elevada, se registra un alto porcentaje de osteoporosis, de manera que la labor de selección de las piezas óseas resulta ardua, ya que existía gran cantidad de huesos en los que había destrucción parcial de la epífisis, pérdida de cortical que permitía visualizar la esponjosa, llegando incluso a la ausencia de la extremidad proximal.

De esta manera sobre un total de 81 individuos, fueron seleccionados 44 húmeros y 42 fémures, tal y como se recoge en *Material y Métodos* (apartado uno).

Se pretende escoger una muestra en la que figuren individuos de ambos sexos, a fin de determinar si existe un comportamiento distinto entre mujeres y hombres.

Los estudios realizados hasta el momento, relativos a la epífisis proximal del húmero y el fémur, se basaban en el proceso de reabsorción de sus estructuras, cortical y trabecular (Neméskery y Acsádi, 1960; Bergot, 1976; Szilvássy y Kritscher, 1990; Macchiarelli y Bondoli, 1994). La selección de estos huesos se realiza pues, por dos motivos. Por un lado, permite estudiar la existencia de diferencias en su proceso de involución: cuál de los dos tiene una mejor correlación con la edad. Y su estudio comparativo con aquellos métodos que utilizaron los mismos elementos que en nuestro trabajo.

1.2. Sobre la metodología

Si bien en un primer momento se persigue lograr un método simplificado y de fácil manejo, es obligado reconocer que la utilización del analizador de imágenes requiere cierto adiestramiento y mínimos conocimientos informáticos.

No obstante una vez adquiridos, la sistemática es de fácil aplicación, de manera que los sucesivos pasos del programa se ejecutan de forma progresiva.

No añade subjetividad alguna, ya que el analizador de imágenes es el que determina los niveles de densidad de gris, y por tanto las variables que forman parte de la ecuación de regresión, mediante la que calculamos la edad del sujeto.

La medición mediante un calibre o pie de rey de los diámetros del húmero y del fémur se realizan con facilidad, y una vez aleccionado el investigador sobre las medidas a determinar, no entraña mayor dificultad.

El hecho de introducir en el procedimiento, la medición de diámetros, queda justificada por la inferioridad de resultados obtenidos, como se expone en la tabla 42.

Sobre la metodología seguida cabría una objeción, a falta de estudio de la fiabilidad de la misma, que es el análisis de si existe una variabilidad entre observadores diferentes y por el mismo observador en distintos instantes.

No obstante sobre la segunda cuestión habría que realizar una puntualización, cuando menos parcialmente. En un primer momento, tal y como se describe en *Métodos* (apartado 2.2), se realizó un estudio de idénticas características al presente. Siendo los resultados en aquella ocasión fueron muy inferiores a los obtenidos con posterioridad. Aunque con la diferencia de que el instrumental fue distinto, por lo que en realidad no sería valorable.

2. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES ANALIZADAS EN FUNCIÓN DEL SEXO Y LA PIEZA ÓSEA

Aunque la finalidad del presente trabajo, como ya hemos expresado en numerosas ocasiones, es la determinación de la edad del individuo, se aprecia una clara diferenciación en el comportamiento de las variables en función del sexo y del hueso considerado.

2.1 En función del sexo

Si estudiamos los *Resultados*, vemos como en aquellas variables con una correlación significativa, se obtienen distintos valores; aunque también variará en función de la pieza ósea considerada.

Al igual que Bergot (1976), y Macchiarelli y Bondioli (1994), comprobamos que existe diferencia de resultados según se trate del húmero o del fémur, en función del sexo. Bergot (1976) obtiene una r igual a -0.592 en mujeres, y de -0.585 en varones ($p=0.05$).

Macchiarelli y Bondioli (1994) revelan en sus trabajos un mejor comportamiento en hombres ($R^2 = 0.58$; $p=0.05$), que en mujeres ($R^2 = 0.45$; $p=0.05$), si consideramos la mejor variable.

En nuestro caso, los varones presenten una mayor correlación con la edad ($R^2 = 0.72$; $p \leq 0.05$). Siendo, por tanto, inferior en mujeres ($R^2 = 0.66$; $p \leq 0.05$).

2.2 Diferencias según la pieza ósea considerada.

Como vemos existe un distinto comportamiento respecto a la edad según se valore el húmero o el fémur.

Ya Bergot (1976) halla diferentes resultados según se trate de uno u otro. La mejor correlación la obtiene para el húmero ($r = -0.592$), superando incluso a la combinación de húmero y fémur.

No es posible comparar nuestros resultados con los de Macchiarelli y Bondioli (1994), al centrar estos autores su estudio sobre la epífisis proximal del fémur, de forma exclusiva, sin tener en cuenta al húmero.

En el presente trabajo se hallaron diferencias, en las que el fémur muestra una mejor correlación con la edad. De tal manera que, si analizamos los *Resultados* obtenidos en “fémur todos” (tabla 34) y “húmero todos” (tabla 28), muestra en la que se recogen ambos sexos, el coeficiente de determinación corregido (R^2) es superior en el fémur, mostrando así una mayor correlación.

Tabla 62.- *Diferencias en la correlación con la edad, según la pieza ósea.*

	R^2	<i>Significación</i>
Fémur todos	0.26	$p \leq 0.001$
Húmero todos	0.18	$p \leq 0.05$

Como comprobaremos más adelante, no obstante, las correlaciones más significativas se obtuvieron en las formas combinadas.

3. PREDICCIÓN DE LA EDAD EN FUNCIÓN DE LAS DISTINTAS VARIABLES

Al hablar en los epígrafes anteriores del comportamiento de las variables en función del sexo y de la pieza anatómica escogida, hemos descrito en parte esa capacidad de predicción de la edad, basándose en la extremidad proximal del húmero y del fémur.

A la hora de realizar el análisis de los resultados, para simplificar su manejo, y por tanto para una mayor comodidad, agruparemos los mismos en tres modelos. El modelo I comprende los valores obtenidos para el húmero. El modelo II los propios del fémur. Y el modelo III expresa la forma combinada.

En el modelo I es patente una mejor predictividad en el sexo femenino, ya que su R^2 explicaría el 39.04 % de la variabilidad, frente el 19% en varones. Por otro lado, se observa como si desconocemos el sexo del húmero, sólo seremos capaces de explicar el 18.68% ($R^2=0.1868$), con un error estándar en la estimación de 7.85 años ($p \leq 0.05$). la fórmula correspondiente a húmero mujer es:

$$\text{Edad} = 234.809 - 137.348 \times \text{VEJEZ} - 46.1469 \times \text{VEGRIS} + 0.046 \times \text{ÁREA 2} - 1.84 \times \text{Ttroq}$$

Tabla 63.- *Relación de variables, coeficientes determinación corregidos (R^2) y error de estimación (E.E) en húmero.*

	Variable	R^2	E.E
Húmero todos	ÁREA 1	0.186	7.85
	ÁREA 2		
	Ttroq		
Húmero mujer	VEJEZ	0.39	6.91
	ÁREA 2		
	Ttroq		
Húmero varón	VEJEZ	0.131	8.67

$p \leq 0.05$

El modelo II, de entre aquellos que utilizan un único elemento para predecir la edad (fémur), sería el que mejor comportamiento muestra. Sin considerar el sexo, explicaría el 26.7% de la variabilidad. En la población masculina se muestra claramente superior, ya que su R^2 explicaría el 66.8% de la variabilidad de la edad, con un error estándar de 6.41 años ($p \leq 0.05$). La ecuación de regresión, en fémur varón, sería la siguiente:

$$\text{Edad} = - 31.34 - 39.24 \times \text{VEJEZ} - 0.64 \times \text{GRISTEST} + 6.96 \times \text{T}$$

Tabla 64.- Relación de variables, coeficientes determinación corregidos (R^2) y error de estimación (E.E) en fémur.

	Variable	R^2	E.E
Fémur todos	VEJEZ	0.267	8.34
	GRISTEST		
	T		
Fémur mujer	VEGRIS	0.288	8.27
	ÁREA 2		
Fémur varón	VEJEZ	0.668	6.41
	GRISTEST		
	T		

Finalmente, en el modelo III, consideradas aquellas variables que muestran una correlación más significativa, y por tanto eliminadas las que no consiguen una mejora en la predictibilidad, se obtienen tres fórmulas (combinada). De nuevo, es entre la población masculina donde se logran los mejores resultados, ya que su R^2 explica un 72.10% de la variabilidad, con un error estándar de 6.55 años ($p \leq 0.05$). No obstante en mujeres, mejora notablemente respecto a modelos anteriores ($R^2 = 0.66$), ya que si recordamos en el húmero la R^2 explicaría el 39.04% de la variabilidad, y en fémur el 28.8%. La ecuación de regresión para la determinación de la edad, en la forma combinada varón es:

$$\text{Edad} = -81.19 \times 44.74 \times \text{FVEGRIS} + 0.01 \times \text{FÁREA 2} + 1.18 \times \text{F(A-P)Tm}$$

Tabla 65.- Relación de variables, coeficientes determinación corregidos (R^2) y error de estimación (E.E) en “combinada”.

	Variables	R^2	E.E
Combinada todos	FVEJEZ	0.342	9.43
	FÁREA 2		
	HVEJEZ		
Combinada mujer	FVEGRIS	0.662	5.7
	FÁREA 2		
	HVEJEZ		
Combinada varón	FVEGRIS	0.721	6.55
	FÁREA 2		
	F(A-P) Tm		

Al analizar la tabla 37 (*Resultados*) vemos cómo la variable que contribuye más a la R^2 FVEGRIS con un 0.43, mientras que FÁREA 2 lo hace en un 0.28 y el F(A-P) Tm en un 0.106.

Si continuamos con el estudio de la ecuación de regresión, vemos que sus variables del análisis de imagen y de la medición, depende exclusivamente el fémur, sin que entre el húmero a formar parte de la misma.

A lo largo de los tres modelos de predicción de la edad expuestos han aparecido distintos tipos de variables, algunas proceden del análisis de imagen, mientras que otras son de origen métrico, en el cuadro que reproducimos seguidamente reflejamos, aquellas métricas que forman parte de las mejores ecuaciones de regresión, para cada tipo de pieza ósea estudiada y sus posibles combinaciones, así como su contribución a la R^2 .

Tabla 66.- *Variables métricas y su contribución al coeficiente de determinación corregida, en los modelos con mejor predictibilidad.*

Modelo	Aportación a la R^2	Significación
· Húmero mujer (1)		
Ttroq	0.201	p<0.016
· Fémur varón (9)		
T	0.566	p<0.001
· Combinada varón (15)		
F(A-P)Tm	0.106	p<0.146

4. ESTUDIO COMPARATIVO CON OTRAS METODOLOGÍAS

Al igual que hiciéramos a lo largo de la *Introducción*, a continuación desgranaremos el presente epígrafe en distintos apartados, desde los estudios más antiguos hasta la actualidad, a fin de apreciar el desarrollo de nuestro método y sus ventajas.

4.1 Estudios morfológicos

4.1.1 Suturas craneales

Siguiendo a *Stewart y McKern* (1957) vemos como no precisan la edad del individuo más allá de los cincuenta años.

Perizonius (1984) obtiene una alta correlación entre la edad y el cierre sutural endocraneal, en menores de 50 años, con una $p < 0.001$. En el intervalo de edad entre 50 y 99 años, el coeficiente de correlación de Spearman es de 0.26 años ($p < 0.001$) (tabla 1), siendo sus resultados inferiores a los nuestros. Por otro lado en sujetos mayores de 74 años, los resultados hablan de una desviación estándar de nueve años.

Como vimos el cierre de las suturas se evalúa junto con otros parámetros, en modelos de asociación, como *Neméskery y Acsádi* (1960), *Miendl y Lovejoy* (1985, 1990), y *Bedford y col.* (1993). El trabajo de *Neméskery y Acsádi* (1960) ha sido criticado de forma profusa, en cuanto a su método, por lo que no entraremos en su valoración.

Meindl y Lovejoy (1985,1990), sobre las suturas ectocraneales, logran una desviación media de 7.5 ± 14.2 años, según se trate del sistema lateral-anterior o de a bóveda. En suturas endocraneales, la desviación media variaba entre 13.08 y 16.6 años, respectivamente. Sin embargo, en aquellos casos en los que las suturas están cerradas, es decir mayores de 68 años, habría que calcular la edad con la ayuda de otros parámetros (pelvis, radiología y atrición dental). En definitiva, sus resultados en esta población serían peores que los nuestros (fémur varón, y combinada mujer y varón).

En este mismo sentido, *Bedford y col.*(1993) no proporcionan resultados en sujetos mayores de 56 años (edad media). En la población inmediata inferior (34-68 años), la desviación estándar es de 8.5 años.

Sahni (1998) sobre la sincondrosis esfenoides-occipital, establece una técnica muy sensible y específica, aunque se centra entre los 15 y los 17 años de edad.

A pesar de estos estudios, los más recientes (*Hershkovitz y col.* 1997) desprecian su valor como método para determinar la edad, ya que consideran que su cierre no es progresivo, además de establecer que existirían diferencias debidas al sexo y la raza, en contra de lo establecido hasta el momento.

4.1.2 Cartílago tiroides

Respecto a dicho cartílago, sólo podemos referirnos al trabajo de *Cerny* (1983). Del estudio de sus fases de osificación, comprobamos cómo la última (fase nueve) abarca desde los 56 hasta los 68 años, por lo que no establecería la edad entre aquella población que se sitúe por encima de la misma. No obstante, el propio autor no publica los posibles resultados estadísticos en su investigación.

4.1.3 Radiografía de tórax y mineralización del cartílago costal

Barrés, Durignon y Paraire (1989) mediante el cálculo de su ecuación de regresión, logran establecer la edad con un error de estimación de 17 años (intervalo de confianza de 95%). Sus resultados serían claramente inferiores a los nuestros.

McCormick (1980) desarrolla un método interesante de estudio, en el que destaca el sometimiento de los restos óseos a la acción de los fenómenos meteorológicos. Sin embargo, el autor, al tratarse de un trabajo preliminar, no publica los resultados estadísticos, aunque sí refiere que éstos se correlacionan pobremente con la edad.

4.1.4 Costilla

Iscan y col.(1984) intentan tomar una muestra amplia cuya edad se sitúa por encima de los 50 años, en varones. Expresan sus resultados en forma de desviación estándar respecto de la edad media, en un intervalo de confianza del 95%, en lugar de calcular un valor del R^2 . Aún tratándose de conceptos distintos, vemos como en las fases 7 y 8, en población masculina y femenina, cuyas edades medias se sitúan por encima de los 60 años, presentan unos valores superiores a los “errores de estimación” calculados por nosotros.

Igualmente, si valoramos los resultados de *Dudar y col.* (1993) que estudiaron comparativamente el método histológico de *Stout* y el morfológico de *Iscan*, obtienen un valor de la r^2 de 0.58, con un error en la estimación de 11.4 años, al aplicar el método histológico. En el morfológico, la r^2 es de 0.56, con un error de estimación de 10.4 años. dichos resultados son claramente inferiores a los nuestros.

Kunos y col. (1999) distinguen una categoría entre 60 y 70 años, en la que la inexactitud se sería de ± 10 años.

4.1.5 Escápula

Stewart (1968) correlaciona los cambios que sufre la escápula (osificación y atrofia postmadurez) con la edad, estableciendo diversas categorías. No obstante, las últimas modificaciones se agruparían en un intervalo de edad “de 50 años o más”, sin que haga mayores concreciones.

4.1.6 Columna vertebral

Los primeros estudios se orientaban a vincular los cambios que experimentaban los cuerpos vertebrales a consecuencia de la osteoartritis con la edad (*Stewart*, 1958). Uno de los inconvenientes radicaba en que no eran capaces de precisar la edad de unos restos cuando ésta se situaba por encima de 40 años, pudiendo únicamente decir que su edad era superior a ésta.

Brooks (1956) basándose en lo anteriormente expuesto (tabla 6) obtuvo una serie de resultados que, aún a pesar de requerir un mayor tratamiento estadístico, no serían susceptibles de ser equiparados a los nuestros, al basarse en un grupo de población cuyas edades se situaban entre 20 y 45 años.

Albert (1995,1998) halla buenos resultados al estudiar el estado de la unión de las epífisis en vértebras torácicas y lumbares ($R=0.78$, E.E=2.5 años, $p<0.001$) para la población entre 11 y 32 años de edad.

4.1.7 Cresta ilíaca

Siguiendo a *McKern* y *Stewart* (1957) es posible determinar la edad de un sujeto estudiando el estado de osificación de la epífisis del íleon, aunque ésta se produce entre los 17 y los 24-25 años, por lo que no serían comparables a nuestros resultados.

4.1.8 Superficie auricular

Lovejoy y col (1985) al observar los cambios morfológicos en la superficie auricular y relacionarlos con la edad del sujeto, obtienen buenas correlaciones, que oscilan entre 0.55 y 0.75. Ahora bien no realizan una diferenciación entre el sexo femenino y el masculino, cuestión criticada con posterioridad de forma profusa por distintos autores al existir un claro dimorfismo sexual. Por otro lado dentro de las fases que establecen, la número ocho, determina los cambios que se producen en mayores de 60 años, sin mayores especificaciones.

4.1.9 Sínfisis púbica

En los trabajos realizados por *Todd* (1921), si bien realiza una descripción detallada de los cambios de la sínfisis púbica, éstos no se acompañan de un estudio estadístico, que permita su comparativa con nuestro trabajo.

Brooks (1955) modifica las fases de *Todd* (1921) en la sínfisis púbica. Sus resultados fueron notables, con una correlación alta ($R=0.87$ en hombres. $R=0.72$ en mujeres), aunque se refieren a una población cuya se sitúa por debajo de los cincuenta años.

McKern y Stewart (1957) disponen los cambios en la sínfisis púbica en función del sexo. En hombres se correlacionan con la edad, hasta un máximo de 36 años (edad media de 41 años);

mientras que en las mujeres se sitúa en 59 años, con una desviación estándar de 3.24 años (tabla 11 y 12), por lo que sus intervalos de edad se disponen en un rango inferior a los nuestros.

Gilbert (1973) aplica sus trabajos sobre población femenina. La edad de la muestra se situaba entre 20 y 50 años.

Suchey (1979) establece seis fases, para valorar las modificaciones que sufre la sínfisis. La población tiene sus edades comprendidas entre los 16 y los 87 años. Sin embargo su última fase abarca los cambios acaecidos en el pubis desde los 36 hasta los 87 años.

Brooks y Suchey (1990) empleando la técnica de Todd modificada. Distingue seis fases en la sínfisis púbica, conforme avanza la edad del sujeto. En mujeres, si nos centramos en la fase VI, cuya edad media es de 60 años, la desviación estándar es de 12.4 años (intervalo de confianza 95%). En varones, esta misma fase, la edad media se sitúa en 61.2 años y la desviación estándar en 12.2 años (intervalo de confianza 95%). En nuestro trabajo, los “errores de estimación” calculados, en cualquier caso, son inferiores a los obtenidos por estos autores, con un valor de la $p < 0.05$.

4.1.10 Otros métodos morfológicos

Kanur y col. (1990) estudian los cambios experimentados por el espesor de la cortical y el área de esponjosa de la clavícula. No realiza un estudio estadístico sobre la fiabilidad e intervalos de confianza de su método.

4.2 Métodos histológicos

Kerley (1965,1978) en el análisis microscópico de la cortical de los huesos largos, logra buenos resultados, aunque serían criticados con posterioridad por numerosos autores. Por ello, más tarde, elabora un estudio junto con *Ubelaker* (1978), en el que mejoraría la técnica. Según estos autores, su método determina la edad con un error estándar de 5.27 años en fragmentos de peroné ($p=0.974$) y de 13.85 años en canales no-haversianos del fémur ($p=0.815$). Si desglosamos estos resultados por edades, el error de estimación sería de 8.05 años entre 46 y 90 años. Dichos resultados son comparativamente inferiores a los nuestros (cuadro I).

Bouvier y Ubelaker (1977) compararon los trabajos de *Kerley* y *Ahlqvist y Damsted* (1969). Los resultados fueron similares a los publicados por Kerley. Sin embargo no coinciden con los del segundo autor, aduciendo que podrían ser debidos a que emplearan (Ahlqvist y Damsted), un tamaño de la muestra inferior a la Bouvier y Ubelaker. No obstante, los valores del error de estimación obtenidos fueron superiores a los nuestros.

Stout y col. (1992) aplicando el estudio morfométrico sobre la costilla y la clavícula (tabla 14), consiguen valores del coeficiente de determinación corregido, superiores a los nuestros, al combinar la costilla y la clavícula, aunque inferiores al considerar sólo la clavícula.

4.3 Métodos radiológicos

Salvo el trabajo de *Semine y Damon* (1975) los estudios previos no se pueden tener en cuenta, ya que no realizaron estudios estadísticos.

Semine y Damon (1975) alcanzan buenas correlaciones entre la edad y los cambios experimentados por el cartílago costal ($p<0.05$). En varones, la correlación llega a ser de 0.77, con resultados inferiores en mujeres, donde la mejor correlación es de 0.73. No obstante, la edad media

de la población se sitúa entre 40 y 45 años, sin que se haga referencia a sujetos mayores de 70 años. Nuestra mejor correlación (R^2) sería la resultante en “combinada varones”, siendo 0.72.

Bergot (1976) mediante el estudio combinado de Tomografía axial computerizada y radiografía de húmero y fémur, elabora un índice I.C.D. (pág 49). Sus resultados en “húmero mujeres” son superiores a los nuestros, con una r igual a -0.592 ($p=0.05$), si bien nosotros los referimos al coeficiente de determinación corregido (R^2) y su muestra se sitúa entre los 23 y 49 años, en húmero mujeres. Por otro lado, combina los valores fémur I.C.D. y húmero I.C.D. en mujeres, con una r de 0.585. Los valores de R^2 que obtenemos al combinar dos elementos es de 0.662.

Macchiarelli y Bondioli (1994) siguiendo esta línea de estudio mediante técnicas radiológicas (densitometría lineal y análisis de imagen) inciden en el distinto proceso de involución ósea que existe entre hombres y mujeres en el fémur. En mujeres obtiene mejores resultados, con un valor de la R^2 de 0.45, en nuestro caso es de 0.28. En varones la R^2 es de 0.58, inferior al conseguido por nosotros ($R^2=0.66$) (tabla 64).

4.4 Análisis dental

Gustafson (1950) a partir de una muestra, cuyas edades oscilaban entre 11 y 69 años, elabora una ecuación de regresión que le permite calcular la edad de un sujeto con una desviación estándar de 3.68 años. Estos resultados fueron criticados por varios autores que no pudieron reproducirlos, entre otros *Maples y col.* (1979), los cuales desarrollaron una nueva ecuación, con una desviación estándar de ± 7.03 años. Estos resultados no son comparables a los nuestros.

Huda y col. (1995) realizaron un estudio del esmalte de los dientes, obteniendo una alta correlación con la edad, si bien la población escogida poseía una edad que oscilaba entre unos meses y los cuatro años (tabla 17).

Lamendin y col. (1992) valorando la periodontosis, la transparencia de la raíz y su altura, logra buenos resultados en la población cuya edad se sitúa entre 40 y 80 años (tabla 18), con un valor de la r de 0.33. No establecen una distinción entre el sexo masculino y el femenino. Su valor de r es superior al nuestro, si no preestablecemos la edad, salvo en la forma combinada ($R^2 = 0.34$). Por otro lado, desglosa el error medio en décadas, de manera que su valor es inferior en la década de 60-69 (6.3 años), mientras que en las décadas de 70-79 y 80-89 años es superior, con respecto a la combinada mujer (E.E.=5.70 años) y combinada varón (E.E.=6.55 años).

Morse y col. (1994) practican un estudio radiológico de los dientes. Crean una doble metodología, clínica y de regresión múltiple. Si analizamos los residuales (tabla 19) vemos como el valor de la media es superior a los resultados obtenidos por nosotros, tanto en el “fémur varón”, como en el “húmero mujer” y las formas combinadas; teniendo en cuenta que en nuestro caso el intervalo de confianza es mayor (tabla 61). Además estos autores expresan que, dado el escaso tamaño de la muestra, para el intervalo de edad superior a los 70 años, sus resultados no serían extrapolables a esta población.

Drusini y col. (1997) crean un método radiológico dental, aplicable sobre sujetos vivos y restos cadavéricos (“restos históricos”), con unos resultados excelentes, ante los que no es posible oponer objeción alguna, salvo que la edad media de la muestra utilizada se sitúa en 34 años. Por otro lado, en nuestro caso si comparamos con la forma “combinada varón” ($R^2 = 0.72$), al referirnos a los “restos históricos” obtendríamos mejor coeficiente de correlación corregido.

Solheim (1993) mediante la creación de varias ecuaciones de regresión basadas en los cambios experimentados en las piezas dentales, logra buenos valores de la R^2 , algunos de ellos superiores a

los obtenidos por nosotros. No obstante no especifica las características de la muestra de referencia, es decir el tamaño de la misma y distribución de las edades.

Ohtani y col. (1995,1998) desarrollan una gran actividad en torno a la investigación de cómo la racemización del ácido aspártico se puede correlacionar con la edad. Si bien los primeros estudios revelan una alta correlación ($r=0.99$), éstos han sido, posteriormente, criticados por otros autores, que también han aplicado sus esfuerzos sobre este tipo de análisis, como *Ritz y col.*, sobre todo derivados del escaso tamaño de la muestra ($n=5$), por lo que se establece que los mismos no son extrapolables, aunque reconocen que su valor orientativo para posteriores trabajos.

Ritz y col. (1993,1996) siguiendo esta técnica pero aplicada en el hueso parietal, llegan a conseguir un valor de r igual a 0.98 (intervalo de confianza 95%), para sujetos mayores de 30 años hasta 90, siendo éstos claramente superiores a los nuestros. Sin embargo, en trabajos realizados con posterioridad por otros investigadores, como *Carolan y col.* (1997), no logran reproducir estos resultados, obteniendo un error de estimación de 15 años, siendo superior al nuestro (tabla 61,62 y 63).

Martínez de Mandojana (1999), su trabajo mediante análisis de imagen y mediación con lupa binocular en restos esqueletizados, se muestran inferiores a los nuestros ($R^2=0.648$), quizá debido, entre otras causas, al pequeño tamaño de la muestra, apuntado por el propio autor.

4.5 Métodos combinados

Baccino y col. (1999) realizaron un análisis de los diferentes métodos desarrollados hasta el momento, seleccionando aquellos con los que obtuvieron las mejores correlaciones con la edad. Su estudio ha sido ya realizado en su apartado correspondiente.

5. ANÁLISIS DE FACTORES METABÓLICOS QUE PUDIERAN INFLUIR EN LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD.

A continuación analizaremos la posible incidencia, que pudiera tener en la determinación de la edad, la osteoporosis, como factor modificador del metabolismo óseo y por tanto de los elementos que lo integran, es decir las trabéculas óseas y la cortical del hueso largo. Esta posibilidad, ha sido planteada anteriormente por varios autores, entre otros los ya citados en la *Introducción*, como Bergot (1976), Macchiarelli y Bondioli (1994).

A tal fin, emplearemos los datos que figuran en las tablas 19 (fémur todos), 20 (húmero todos), 21 y 22 de los *Resultados*.

La osteoporosis se caracteriza por una reducción de la masa ósea por unidad de volumen. La forma de osteoporosis más frecuente, el tipo II, se da en mujeres y hombres mayores de 75 años. Dentro de este grupo clínico, se produce una mayor incidencia de fracturas en cuello femoral, húmero proximal, tibia y pelvis (Holick, 1989).

No obstante, existe un proceso de involución fisiológica del hueso, conocido como osteopenia, ligado a la edad y que consiste en un simple envejecimiento del esqueleto. Este fenómeno tiene un carácter individual, es decir para cada persona, de tal manera que cuando es intenso se puede considerar como patológico.

Podríamos concluir pues que hay una pérdida de hueso progresiva que acompaña a la edad, y otra excesiva o anormal, que constituye la verdadera patología u osteoporosis. Los datos clínicos que suelen reiterarse en la enfermedad son un aumento de la radiotransparencia de los huesos, aparición destacada de las trabéculas verticales y de los platillos vertebrales, acúñamientos vertebrales y fracturas por compresión y adelgazamiento de la cortical en los huesos largos (Durán, 1996)

Por todo ello, podríamos plantearnos que al manejar una población con esa media de edad, el factor de la osteoporosis quedaría asumido y no interferiría, salvo casos graves de gran pérdida de masa ósea.

Finalmente, el distinto valor de la media y desviación estándar en GRIS 2, en mujeres y hombres (tablas 21 y 22), se vería justificada por la mayor densidad ósea de los varones.

VI. CONCLUSIONES

Primera: De los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que el estudio de los cambios morfológicos que sufren las estructuras de la epífisis proximal del húmero y el fémur con el envejecimiento son de utilidad en la estimación de la edad.

Segunda: Hemos elaborado un método, en que el análisis de imágenes correspondientes a radiografías de húmeros y fémures, obvia la subjetividad del investigador.

Tercera: Los resultados son aplicables a sujetos mayores de 55 años. Al comparar nuestra metodología con las desarrolladas hasta el momento, se aprecia una clara mejoría en los resultados, en el rango de edades dispuesto por encima de los 55 años. Sólo superada por la racemización de aminoácidos, si bien los resultados obtenidos mediante esta técnica son discutidos por varios autores, al no lograr reproducir los mismos.

Cuarta: El procedimiento diseñado muestra mejor comportamiento en varones, suponiendo un avance a las propuestas existentes hasta el momento. Ya se trate de mujeres o de hombres, los mejores procedimientos han sido las formas combinadas, es decir asociando el húmero y el fémur. Si sólo se dispone de uno de ellos, es decir un húmero o un fémur el que mejor se correlaciona con la edad es el segundo.

Quinta: El estudio ha sido desarrollado sobre húmeros y fémures pertenecientes a miembros derechos y sobre muestras de hueso seco, procedentes de enterramientos en nicho, por lo que sería necesaria la experimentación sobre restos expuestos a la acción de los agentes climatológicos y la extremidad contralateral para determinar si existe o no un diferente comportamiento.

VII. APÉNDICE I

Diagrama de dispersión de los valores de los residuales del número en varones respecto a la edad

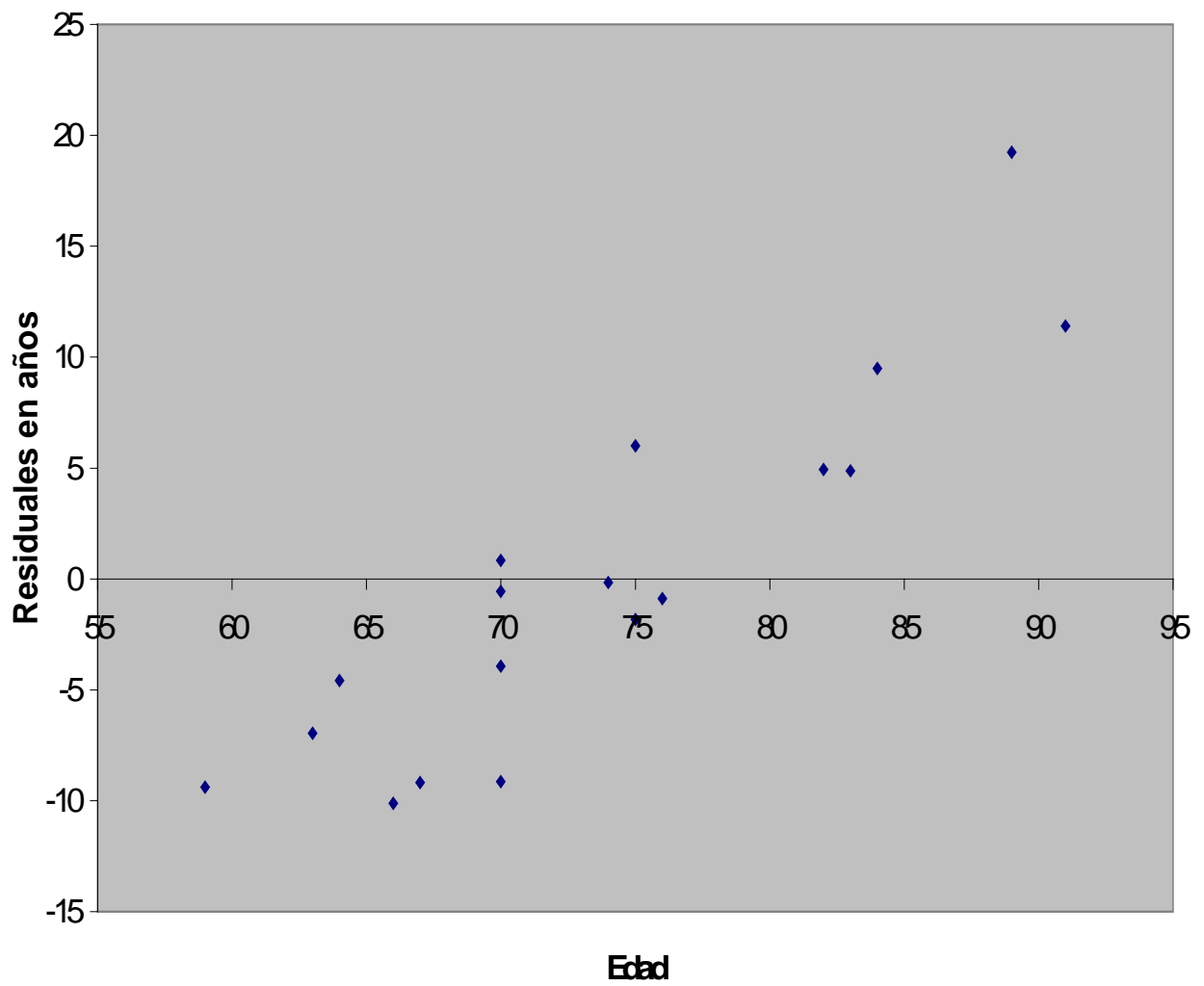


Diagrama de dispersión de los residuales de número "todos"

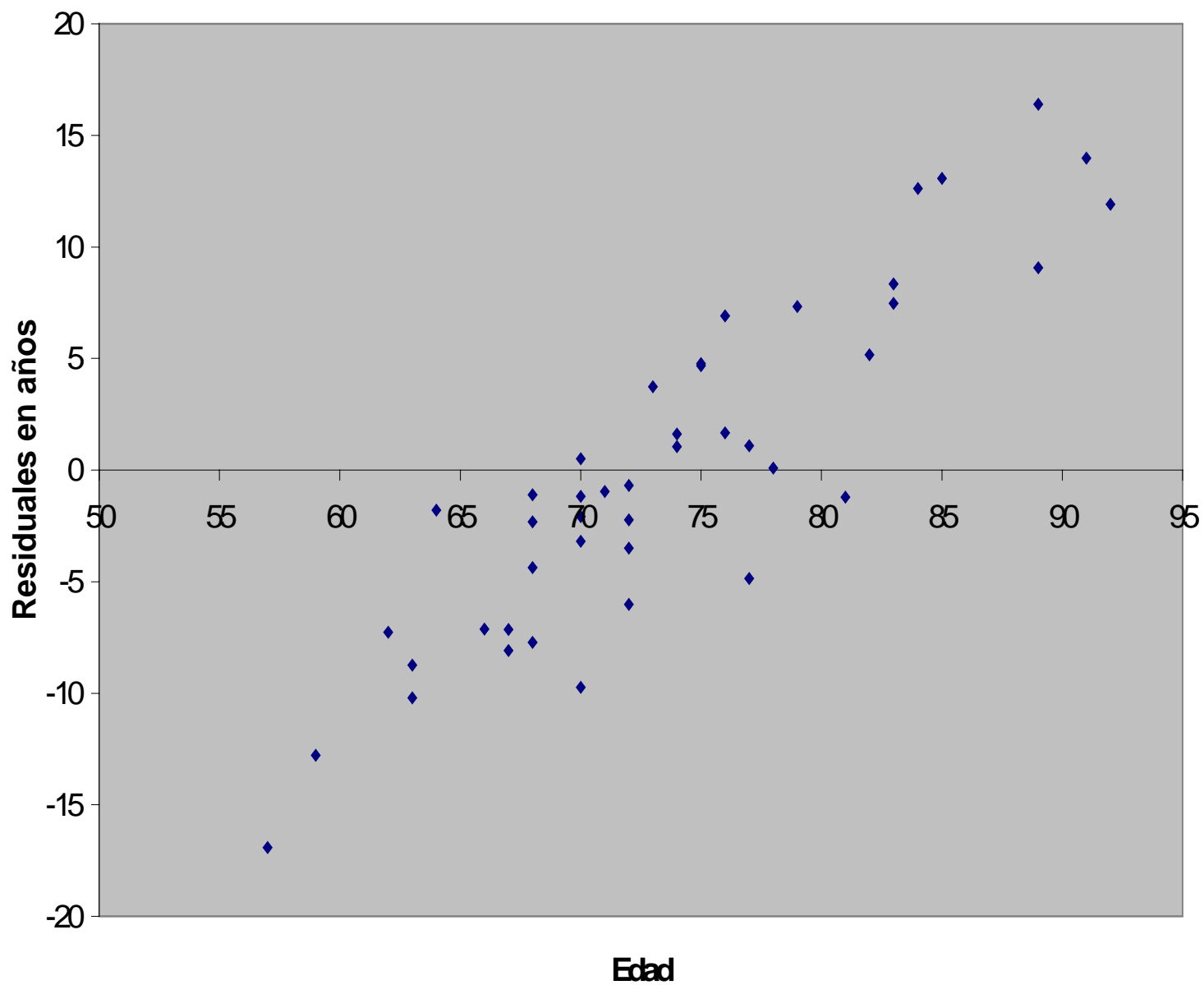


Diagrama de dispersión de los valores del residual en "fémur mujer" respecto a la edad en años

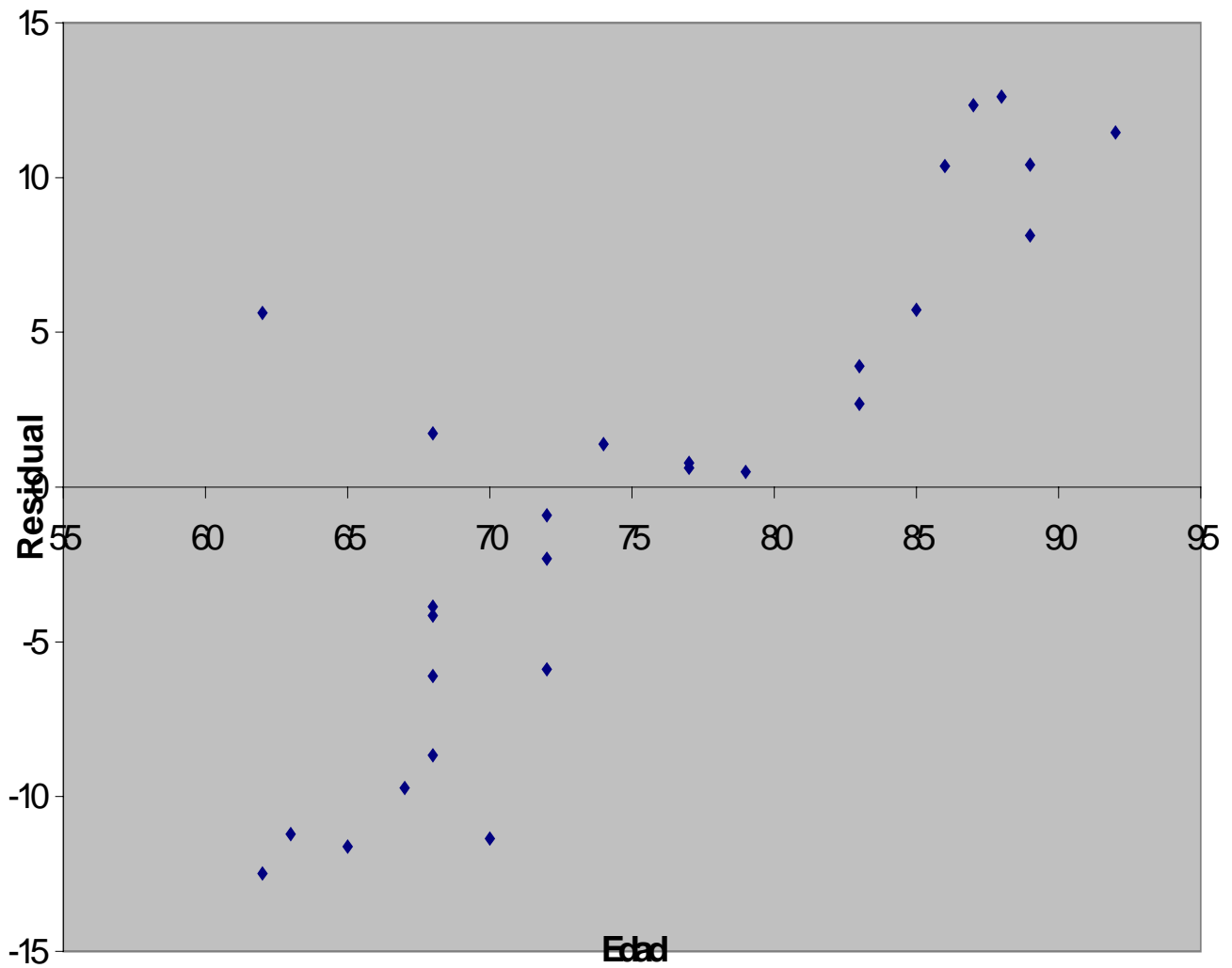
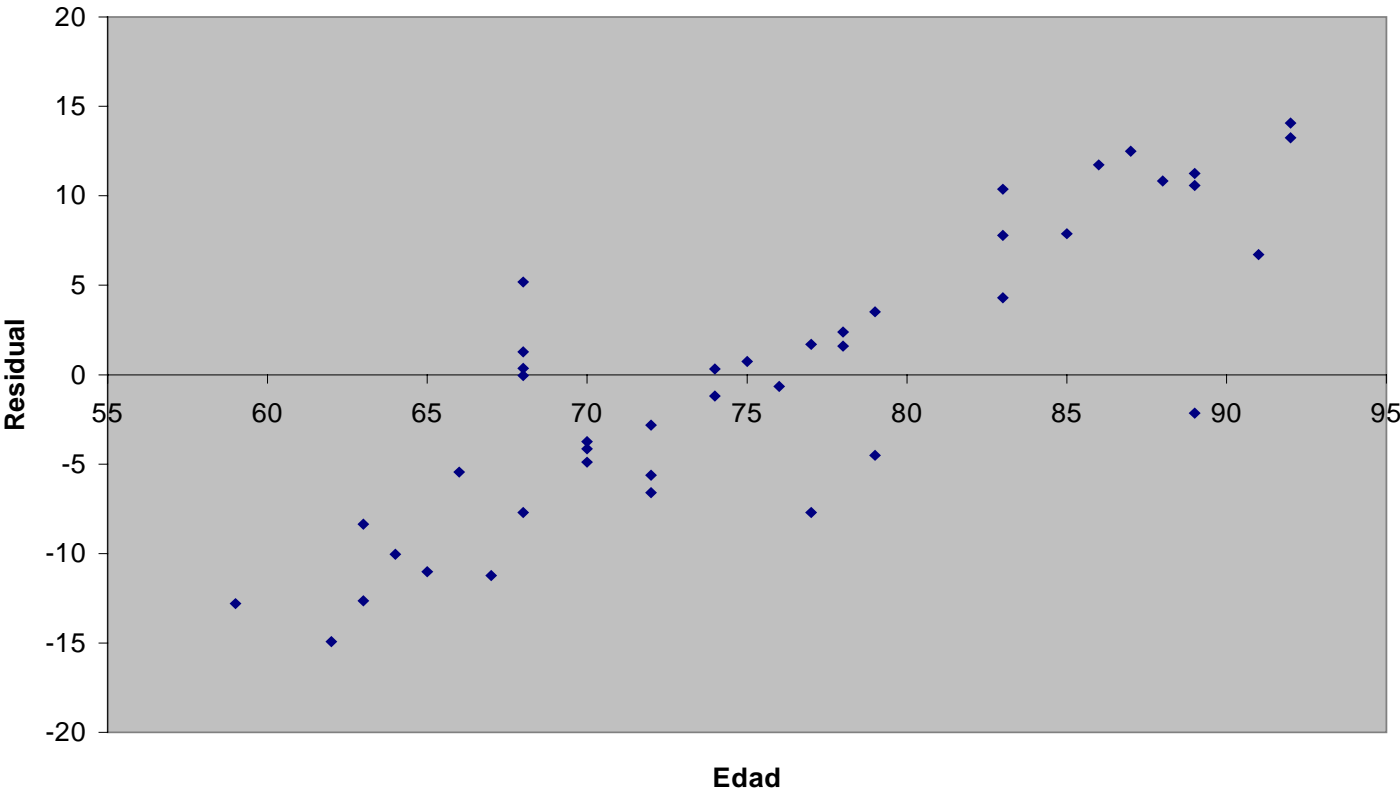
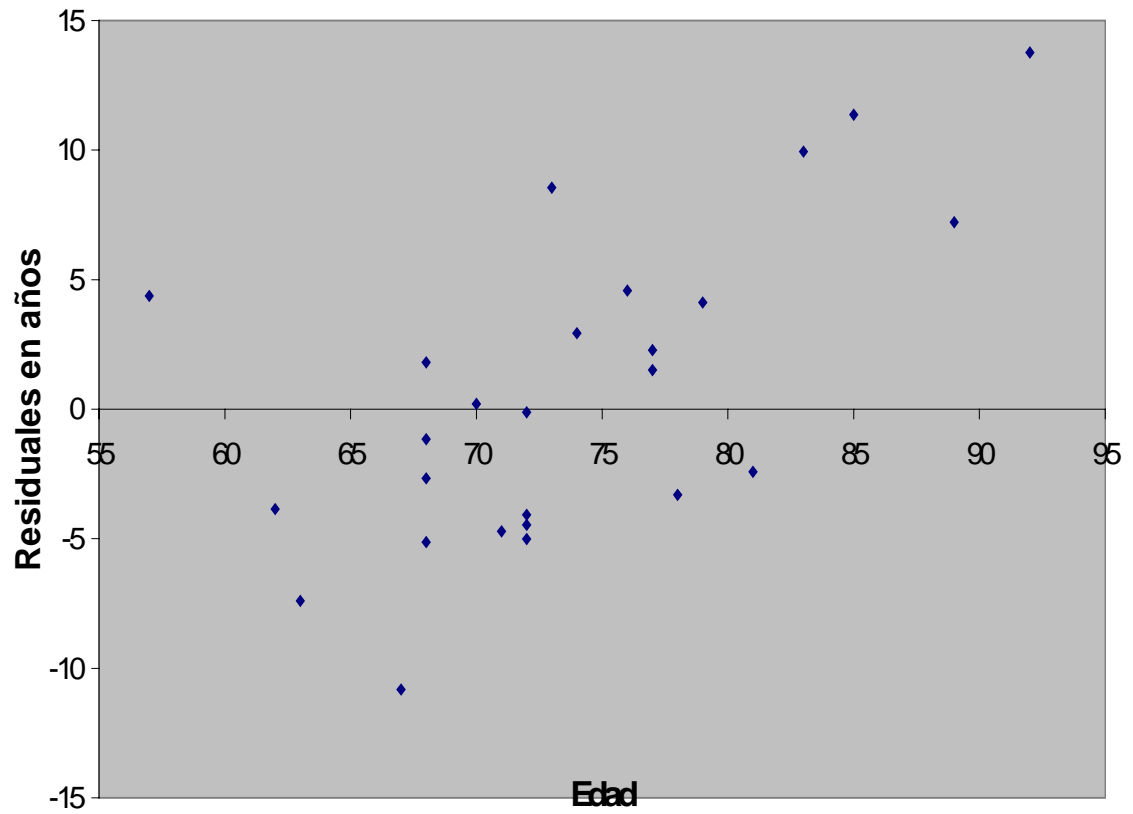


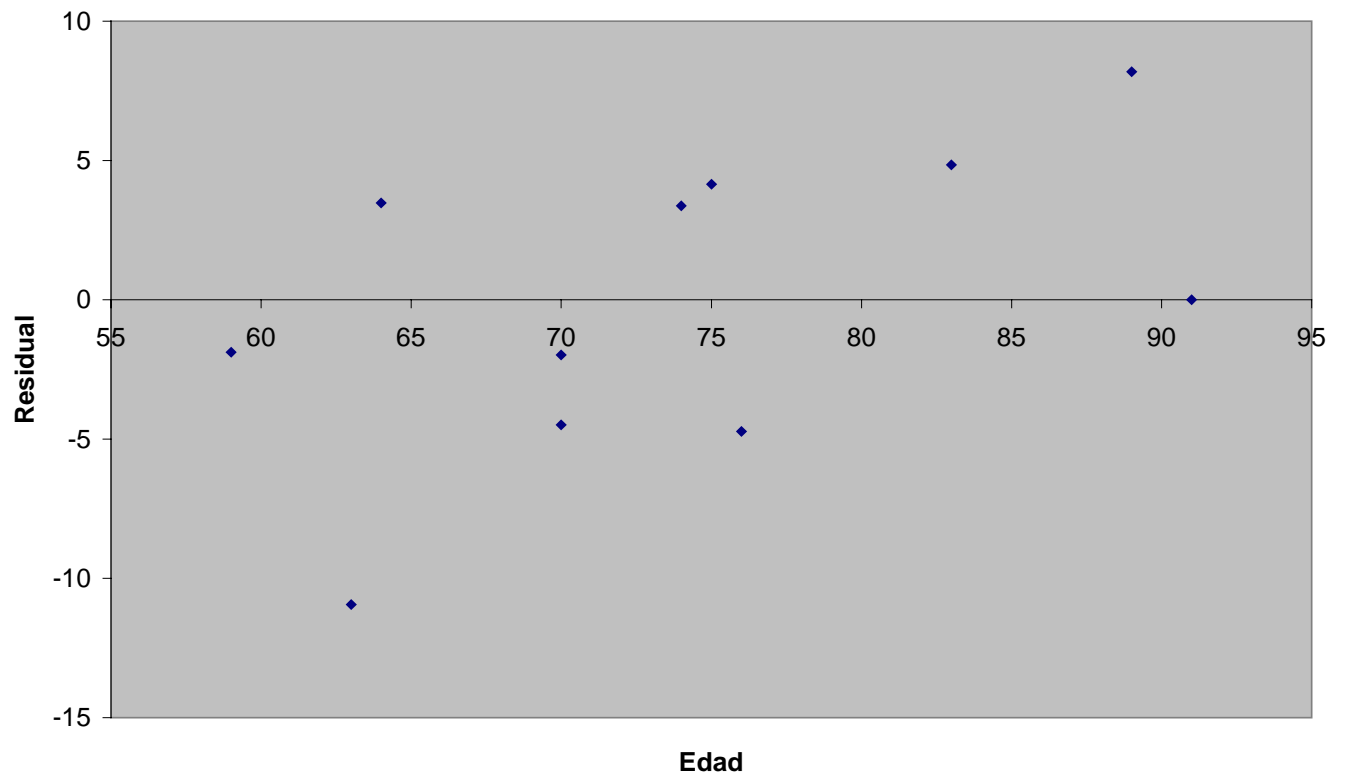
Diagrama de dispersión de los valores del residual en "fémur todos" respecto a la edad en años



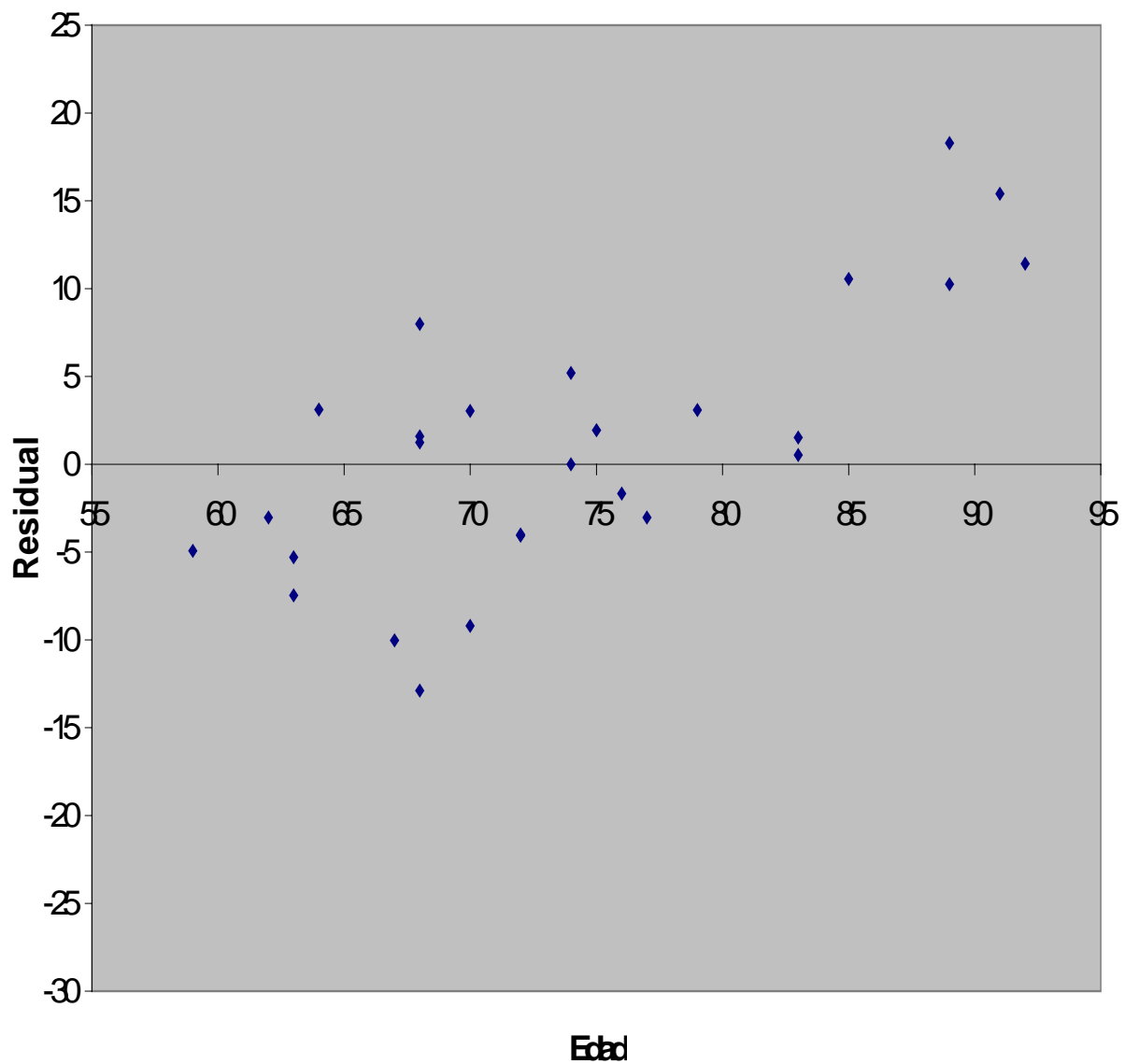
**Diagrama de dispersión de los valores de los residuales del
húmero en mujeres respecto a la edad**



**Diagrama de dispersión de los valores del residual en
"combinación de varones"**



Valores del residual en combinación de húmero y fémur "todos"



Representación de los valores del residual en "combinada mujeres" respecto a la edad

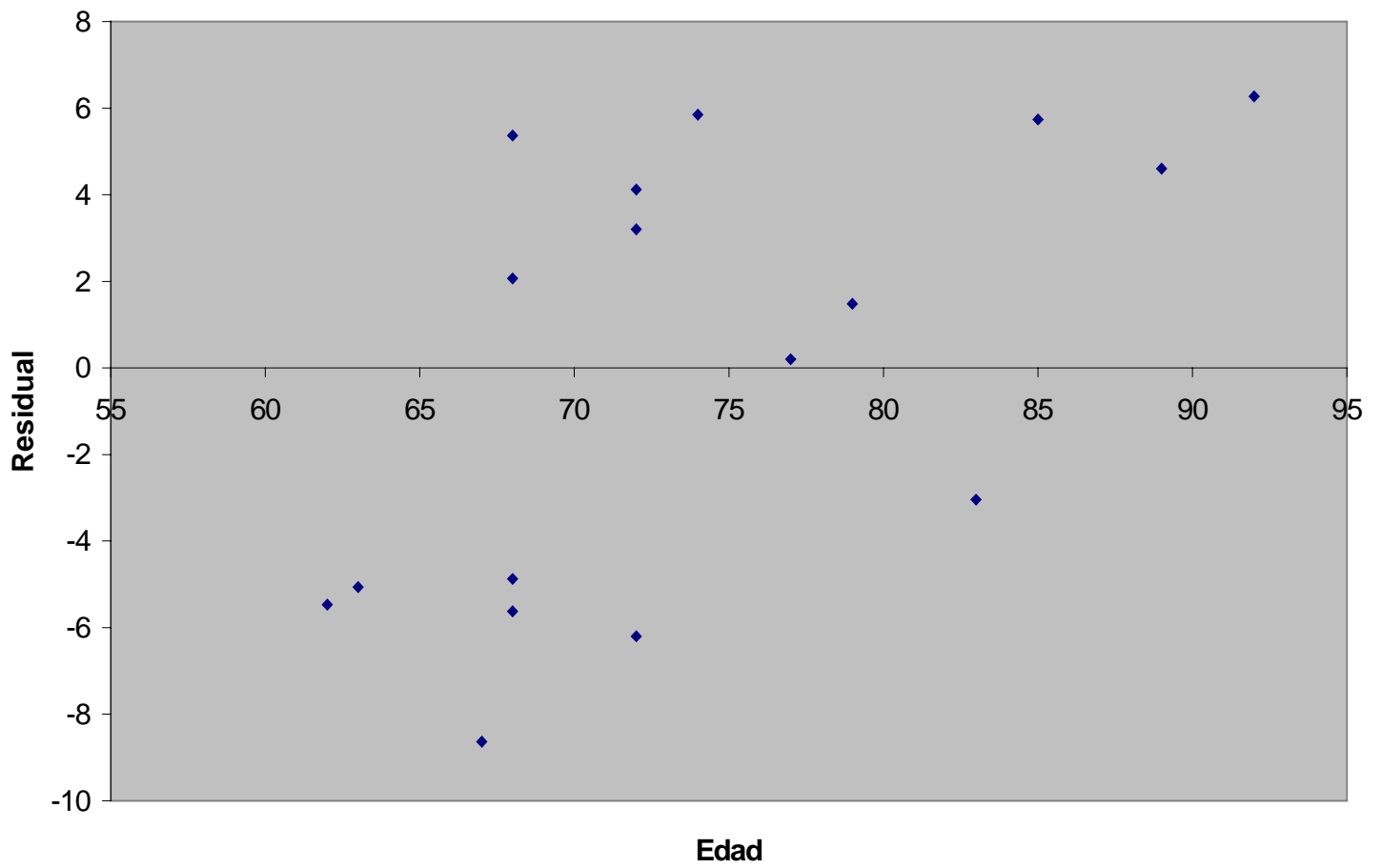
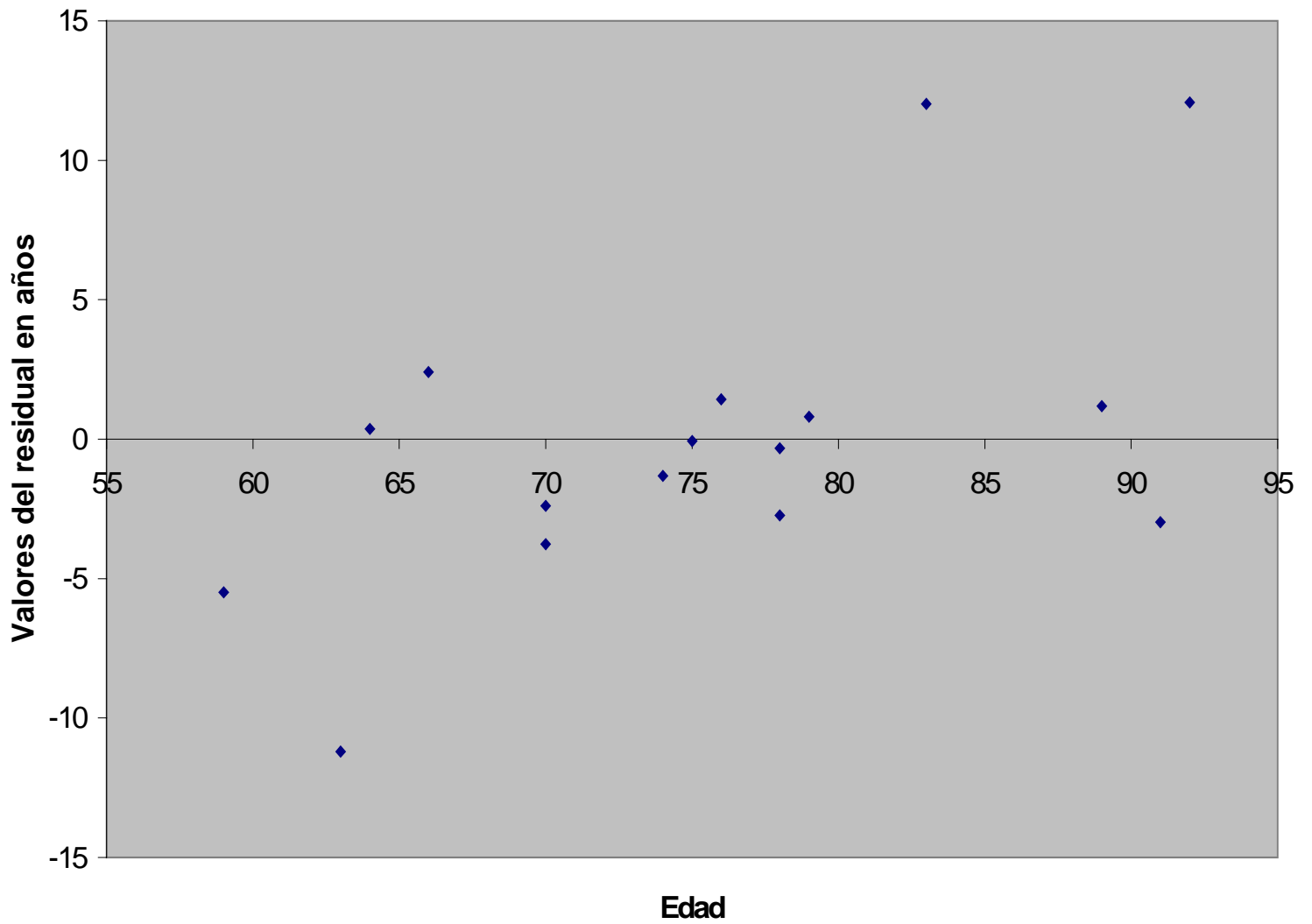


Diagrama de dispersión de los residuales del fémur en varones



VIII. BIBLIOGRAFÍA

ALBERT, A.M. y MAPLES, W.R. (1995) Stages of Epiphyseal Union for Thoracic and Lumbar Vertebral Centra as a Method of Age Determination for Teenage and Young Adult Skeletons. *J. Forensic Sci.* 40(4): 623-633.

ALBERT, A.M. (1998) The use of vertebral ring epiphyseal union for age estimation in two cases of unknown identity. *Forensic Sci Int.* 97:1, 11-20.

ALHLQVIST J., DAMSTEN O., (1969) A Modification of Kerley's Method for the Microscopic Determination of Age in Human Bone. *J. Forensic Sci.* 14(2): 205-212.

ALBROOK, D.B. (1956) Changes in lumbar vertebral body height with age. *Am. J. Phys. Anthrop.* 14: 35-39.

BACCINO E., UBELAKER D., HAYEK L., ZERILLI A. (1999) Evaluation of seven Methods of Estimating Age at Death from Mature Human Skeletal Remains. *J Forensic Sci*, 44(5): 931-936.

BARCILON V., HERSHKOVITZ I., ROTHSCHILD B.M., WISH-BARATZ S., LATIMER B., JELLEMA L.M., HALLEL T., ARENSBURG B. (1996) Factors Affecting the Rate and Pattern of the First Costal Cartilage Ossification. *Am. J. Phys. Anthrop.* 17: 239-247.

BARRÉS, D. R. , DURIGON, M. y PARAIRE, F. (1989) Age estimation from quantition of features of "Chest plate X-Rays". *J. Forensic Sci.* 34(1): 228- 233.

BEDFORD, M.E., LOVEJOY, R.C.O., MEINDL, R.S., SIMPSON, S.W. y STUART-MACADAM, P.L. (1993) Test of the Multifactorial Aging Method Using Skeletons With Known Ages-at-Death From the Grant Collection. *Am. J. Phys. Anthrop.* 91: 287-297.

BERGOT, C. y BOCQUET, J-P. (1976) Étude systematique en fonction de l'age de l'os spongieux et de l'os cortical de l'humérus et du fémur. Bull et Mém. Soc. D'Anthropol de Paris, 3(serie 13): 215-242.

BOCQUET-APPEL, J. y BACRO, J.N. (1997) Brief Communication: Estimates of Some Demographic Parameters in a Neolithic Rock-Cut Chamber (Aproximately 2000 BC) Using Iterative Techniques for Aging and Demographic Estimators. Am. J. Phys. Anthropol. 102: 569-575.

BOUVIER, M. y UBELAKER, D. H. (1977) A comparison of Two Methods for the Microscopic Determination of Age at Death. Am. J. Phys. Anthropol. 46: 391-394.

BROOKS, S.T. (1955) Skeletal age at death reability of cranial and pubid age indicators. Am. J. Phys. Anthropol. 13: 567-597.

BROOKS, S. y SUCHEY, J.M. (1990) Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey- Brooks methods. Human Evol., 5(3): 227-238.

CAROLAN VA, GARDNER ML, LUCY D, POLLARD AM. (1997) Some considerations Regarding the use of Amino Acid Racemization in Human Dentine as an Indicator of Age Death. 42(1): 10-6.

CERNY, M. (1983) Our experience with estimation of an individual's age from skeletal remains of the degree of thyroid cartilage ossification. En: The human skeleton in Forensic Medicine. 2^a Ed. Charles C. Thomas Publiser. USA.

DEMIRJIAN, A., GOLDSTEIN, H. y TANNER, J.M. (1973) A New System of Dental Age Assessment. En: MINCER, H.H., HARRIS, E.F. y BERRYMAN, H.E. (1993) The A.B.F.O.

Study of Third Molar Development and Its Use As an Estimator of Chronological Age. J. Forensic Sci. 38(2): 379-390.

DRUSINI, A.G., TOSO, O. y RANZATO, C. (1997) The coronal pulp cavity index: a marker for age determination in human adults. Am. J. Phys. Anthrop. 103: 3, 353-63.

DUDAR, J.C., PFEIFFER, S. y SAUNDERS, S.R. (1993) Evaluation of Morphological and Histological Adult Skeletal Age-at-Death Estimation Techniques Using Ribs. J. Forensic Sci. 38(3): 677-685.

DURÁN, H. (1996) Osteoporosis. En: Tratado de patología y clínica quirúrgicas. 2ª Ed. Interamericana. McGraw-Hill. Madrid.

GARCÍA-SANCHO, L. (1996) Fisiopatología ósea. En: Tratado de patología y clínica quirúrgicas. 2ª Ed. Interamericana. McGraw-Hill. Madrid.

GILBERT, B.M. y McKERN, T. W. (1973) A Method for Aging the Female Os pubis. Am. J. Phys. Anthrop. 38: 31-38.

GISBERT, J. A. (1998) Medicina Legal y Toxicología. 5ª Ed. Masson S.A. Barcelona.

GUSTAFSON, G. (1950) Age determination on teeth. J Am Dent Assoc. 4: 45-54.

HANIHARA, K. y SUZUKY, T. (1978) Estimation of age from the pubic symphysis by means of multiple regression analysis. Am. J. Phys. Anthrop. 48: 233-240.

HERSHKOVITZ, I.; LATIMER B.; DUTOUR, O.; JELLEMA, L. M.; ROTHSCHILD, C. y ROTHSCHILD, B. (1997) Why Do We Fail in Aging the Skull From the Sittal Suture. Am. J. Phys. Anthrop. 103: 393-399.

HERSHKOVITZ, I.; LATIMER B.; DUTOUR, O.; JELLEMA, L. M.; ROTHSCHILD, C. y ROTHSCHILD, B. (1997) The Elusive Petroexoccipital Articulation. *Am. J. Phys. Anthrop.* 103: 365-373.

HOLICK, F., KRANE, S. y POTTS, J. (1996) Metabolismo óseo del calcio y del fósforo: Hormonas reguladoras del calcio. En: *Principios de Medicina Interna*. 13ª Ed. Interamericana. McGraw-Hill. Madrid.

HUDA, T. F. y BOWMAN, J. E. (1995) Age Determination From Dental Microstructure in Juveniles. *Am. J. Phys. Anthrop.* 97: 135-150.

ISÇAN, M. Y. y WRIGHT, R. K. (1984) Age Estimation from the Rib by Phase Analysis: White Males. *J. For. Sciences*, 29(4): 1094-1104.

ISÇAN, M.Y. , LOTH, S.R. y WRIGHT, R.K. (1984) Age Estimation from the Rib by Phase: White Females. *J. For. Sciences*, 30(3): 853-863.

ISÇAN, M. , LOTH, S. R. y WRIGHT, R. K. (1984) Metamorphosis at the sternal rib end: A new Method to Estimate Age at Death in White Males. *Am. J. Phys. Anthrop.* 65: 147-156.

KABUR H. y JIT I. (1990) Age Estimation From Cortical Index of the Human Clavicle in Northwest Indians. *Am. J. Phys. Anthrop.* 83: 297-305.

KATZ, D. y MIERS SUCHEY, J. Age determination of the Male Os Pubis. *Am. J. Phys. Anthrop.* 69: 425-435.

KERLEY, E. R. (1965) The microscopic determination of age in human bone. *Am. J. Phys. Anthrop.* 23: 149-163.

KERLEY ER, UBELAKER DH. (1978) Revisions in the Microscopic Method of Estimating Age at Death in Human Cortical Bone. *Am J Phys Anthrop.* 49: 545-546.

KONTRON BIDALANALISE GMBH (1988) VIDEOPLAN User's Manual. Release 2.1, Oct. 1988. Eching (Alemania) KONTRON BIDALANALISE GMBH.

KRANE, S.M. y HOLICK, M.F. (1989) Enfermedad ósea metabólica. En: Harrison: principios de medicina interna. 11ª Ed (7ª en español). McGraw-Hill. Interamericana de España. Madrid.

KROGMAN, W. M. e ISÇAN M. Y. (1986) The human skeleton in the Forensic Medicine. 2ª Ed. Charles C. Thomas Publiser. USA.

KS 300 (1997) Imaging System Release 3.0. Carl Zeiss Vision GmbH. Munich. Alemania.

KUNOS C.A., SIMPSON S.W., RUSSELL K. F. y HERSHKOVITZ I. (1999) First Rib Metamorphosis: Its Possible Utility for Human Age-at-Death Estimation. *Am J Phys Anthrop.* 110: 303-323.

LAMENDIN, H., BACCINO, E., HUMBERT, J.F., TAVERNIER, J.C., NOSSINTCHOUK, R.M. y ZERILLI, A. (1992) A Simple Technique for Age Estimation in Adult Corpses: The Two Criteria Dental Method. *J. Forensic Sci.* 37(5): 1373-1379.

LATARJET, M. y RUIZ, A. (1983) Anatomía Humana. Ed. Panamericana. Buenos Aires.

LOVEJOY, C. O., MEINDL, S. R., PRYZBECK, T. R. y MENSFORTH, R. P. (1985) Chronological Methamorphosis of the Auricular Surface of the Ilium: A new Method for the Determination of Adult Skeletal Age at Death. *Am. J. Phys. Anthrop.* 68: 15-28.

LOVEJOY; C. O., MEINDL, S. R., MENSFORTH, R. P. y BARTON, T.J. (1985) Multifactorial Determination of Skeletal Age at Death: A Method and Blind est of its Accuracy. Am. J. Phys. Anthrop. 68: 1-14.

MACCHIARELI, R. y BONDIOLI, L. (1994) Linear and Digital Image Processing of Proximal Femur Radiographs: Implications for Archeological and Forensic Anthropology. Am. J. Phys. Anthrop. 109-120.

MAPLES, W.R. y RICE, P.M. (1979) Some Difficulties in the Gustafson Dental Age Estimations. J Forensic Sci. 24(1): 168-172.

MARTÍNEZ DE MANDOJANA, J.M. Aplicación del análisis morfométrico del diente humano a la estimación de la edad. *Tesis Doctoral*, Universidad de Granada, 1999.

MC CORMICK, W. F. (1980) Mineralization of the costal cartilages as and indicator of age: preliminary observations. J. Forensic Sci. 25(4): 736- 741.

MCKERN, T.W. y STEWARD, T.D. (1957) Skeletal age changes in young American males, analized from the standpoint of identification. Headqu QM Res and Dev Command Tech Rep EP-45, Natick, Mass.

MEINDL, R. S., LOVEJOY, C.O. y MENSFORTH, R. P. (1983) Skeletal age at death: accuracy of determination and implications for human demography. Hum. Biol. 55(1): 73-87.

MEINDL, R. S., LOVEJOY, C. O., MENSFORTH, R. P. y WALKER, R. A. A (1985) Revised Method of Age Determination Using the Os Pubis with a Review and Test of Accuracy of other Current Methods of Pubic Symphyseal Aging. Am. J. Phys. Anthrop. 68: 29-45.

MEINDL, R. S. y LOVEJOY, C. O. (1985) Ectocranial Suture Closure: A Revised Method for the Determinations of Skeletal Age at Death Based on the Lateral-Anterior Sutures. *Am. J. Phys. Anthropol.* 68: 57-66.

MEINDL, R. S.; RUSSELL, K.F. y LOVEJOY, C.O. (1990) Reliability of Age at Death in the Hamann-Todd Collection: Validity of Subselection Procedures Used in Blind Test of the Summary Age Technique. *Am. J. Phys. Anthropol.* 83: 349-357.

MICHELSON, N. (1934) The calcification of the first costal cartilage among Whites and Negroes. En: *The human skeleton in forensic medicine*. 2ª Ed. Charles C. Thomas Publisher. USA.

MINCER, H.H., HARRIS, E.F. y BERRYMAN, H.E. (1993) The A.B.F.O. Study of Third Molar Development and Its Use As an Estimator of Chronological Age. *J. Forensic Sci.* 38(2): 379-390.

MORSE, D. R. , ESPOSITO, J. V. , KESSLER, H.P. y GORIN, R. (1994) Age Estimation Using Dental Periapical Radiographic Parameters. *Am. J. Phys. Anthropol.* 15(4): 303-318.

NEMESKÉRY, J., HARSÁNYI, L. y ACSÁDI, G. (1960) Methoden zur diagnose des lebensalters von skelettfunden. En: *The human skeleton in forensic medicine*. 2ª Ed. Charles C. Thomas Publisher. USA.

OHTANI, S. (1995) Estimation of Age from Dentin by Using the Racemization Reaction of Aspartic Acid. *Am. J. Phys. Anthropol.* 16(2): 158-161.

OHTANI, S. (1995) Estimation of Age from the Teeth of Unidentified Corpses Using the Amino Acid Racemization Method with Reference to Actual Cases. *Am. J. Phys. Anthropol.* 16(3): 238-242.

OHTANI, S. (1998) Rate of Aspartic Acid Racemization in Bone. *Am. J. Phys. Anthropol.* 19(3): 284- 287.

PEREA, B., ROLDÁN, B. y SÁNCHEZ, J. A. Metodología para la valoración del daño bucodental. Editorial Mapfre.S.A. España.

PERIZONIUS W RK. (1984) Closing and Non-closing sutures in 256 Crania of Known Age and Sex from Amsterdam (A.D. 1883-1909) *J Human Evol.* 13: 201-216.

PRIETO, J.L. Parámetros histomorfométricos óseos normales en una población infantojuvenil española. *Tesis Doctoral*, Universidad Complutense de Madrid, 1993.

QUESADA V., ISIDORO A. y LÓPEZ L.A. (1984) Curso y ejercicios de estadística. 2ª Edición. Editorial Alhambra. España.

REAL DECRETO 2.263/1974, de 20 de julio. Reglamento de la Policía Sanitaria Mortuoria.

REVERTE, J. M. (1991) Antropología Forense. Ministerio de Justicia. Secretaría Técnica General. Centro de Publicaciones. España.

RITZ S., TURZYNSKI A., SCHUTZ H.W. (1994) Estimation of age at death based on aspartic acid racemization in noncollagenous bone proteins. *Forensic Sci Int.* 69: 149-59.

RITZ S., TURZYNSKI A, SCHUTZ H.W., HOLLMANN A, ROCHHOLZ G. (1996) Identification of osteocalcin as a permanent aging constituent of bone matrix: basis for an accurate age at death determination. *Forensic Sci Int.* 77: 13-26.

RITZ-TIMME, S., WERNER, H., WAITE, E. R. y COLLINS, M.J. (1999) "Improvement" of Age Estimation Using Amino Acid Racemization in a Case of Pink Teeth. *Am J Forensic Med Pathol.* 20: 216-217.

RUSSELL, K. F., SCOTT, S. W., GENOVESE, J., KINKEL, M. D., MEINDL, R. S. y LOVEJOY, C. O. (1993) Independent Test of the Forth Rib Aging Technique. *Am. J. Phys. Anthrop.* 92: 53-62.

SAHNI, D., JIT, I., NEELAM y SURI, S. (1998) Time of fusion of the basisphenoid with the basilar part of the occipital bone in northwest Indian subjects. *Forensic Sci. Int.* 98: 41-45.

SÁNCHEZ, J.A. y SANZ, C. (1991) Antropología Forense. Revisión Histórica y sus relaciones con la Antropología Biológica. Nuevas perspectivas en Antropología. Granada. 893-896.

SANTINI A, LAND M, RAAB GM. (1990) The accuracy of simple ordinal scoring of tooth attrition in age assessment. *Forensic Sci Int.* 48(2): 175-84.

SEMINE AA, DAMON A. (1975) Costocondrol Ossification and Aging in Five Populations. *Human Biol.* 47(1): 101-116.

SINGH, I. J. y GUNBERG, D. L. (1970) Equation of Age at Death in Human Males from Quantitative Histology of Bone Fragments. *Am. J. Phys. Anthrop.* 33: 373-382.

SNOW, C. C. (1983) Equations for Estimating Age at Death from the Pubic Symphysis: A Modification of McKern- Stewart Method. *J. For. Sciences*, 28(4): 864-870.

SOBOTTA, J. (1983) Atlas de Anatomía Humana. 18ª Ed. Panamericana. Buenos Aires.

SPALTEHOLZ, W. (1965) Atlas de Anatomía Humana. 2ª Ed. Editorial Labor S.A. Barcelona.

SPIEGEL, M.R. (1995) Estadística. 2ª Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España. Barcelona.

SPITZ, W. (1993) Medicolegal investigation of death. 3ª Ed. Charles C. Thomas Publisher. USA.

STEWART, T. D. (1957) Distorsion of the pubic symphyseal surface in females and its effect on age determination. Am. J. Phys. Anthrop. 15: 9-18.

STEWART, T.D. (1958) The rate of development of vertebral osteoarthritis in American Whites and its significance in skeletal age identification. En: The human skeleton in Forensic Medicine. 2ª Ed. Charles C. Thomas Publisher. USA.

STEWART, T.D. (1968) Identification by the skeletal structures. En: The human skeleton in Forensic Medicine. 2ª Ed. Charles C. Thomas Publisher. USA.

STOUT, S. D. (1988) The Use of Histomorphology to Estimate Age. J. For. Sciences. 38(1): 121-125.

STOUT, S.D. y PAINE R.R. (1992) Brief Communication: Histological Age Estimation Using Rib and Clavicle. Am J Phys Anthrop. 87: 111-115.

STOUT S. D. y STANLEY S. C. (1991) Percent Osteonal Bone Versus Osteon Counts: The Variable of Choice for Estimating Age at Death. Am. J. Phys. Anthropol., 86: 515-519.

SUCHEY JM. (1979) Problems in the aging of Females Using the Os pubis. Am J Phys Anthrop. 51: 467-470.

SZILVÁSSY, J. y KRITSCHER, H. (1990) Estimation of Chronological age in man based on the spongy structure of long bones. Anthrop. Anz. 48(3): 289-298.

TODD, T.W. (1921) Age changes in the pubic bone: II. The pubis of the male Negro-White hybrid; III. The pubis of the White female; IV. The pubis of the female Negro-White hybrid. Am J Phys Anthropol, 4: 1-70.

TODD, T.W. (1921) Age changes in the pubic bone:V. Mammalian pubic metamorphosis. Am J Phys Anthropol, 4: 333-406.

TODD, T.W. (1921) Age changes in the pubic bone: VI. The interpretation of variations in the sympheseal area. Am J Phys Anthropol, 4: 407-424.

WALKER, R. A. y LOVEJOY, C. O. (1985) Radiographic Changes in the clavicle and proximal Femur and their Use in the Determination of Skeletal Age at Death. Am. J. Phys. Anthropol. 68: 67-78.

YAVUZ MF, ISCAN MY, COLOGLU AS (1998). Age assessment by rib phase analysis in Turks. 98(1-2): 47-54.

ZIMMERMAN, M y ANGEL, L. (1986) Dating and age determination of biological materials. Croom Helm. Australia.

