

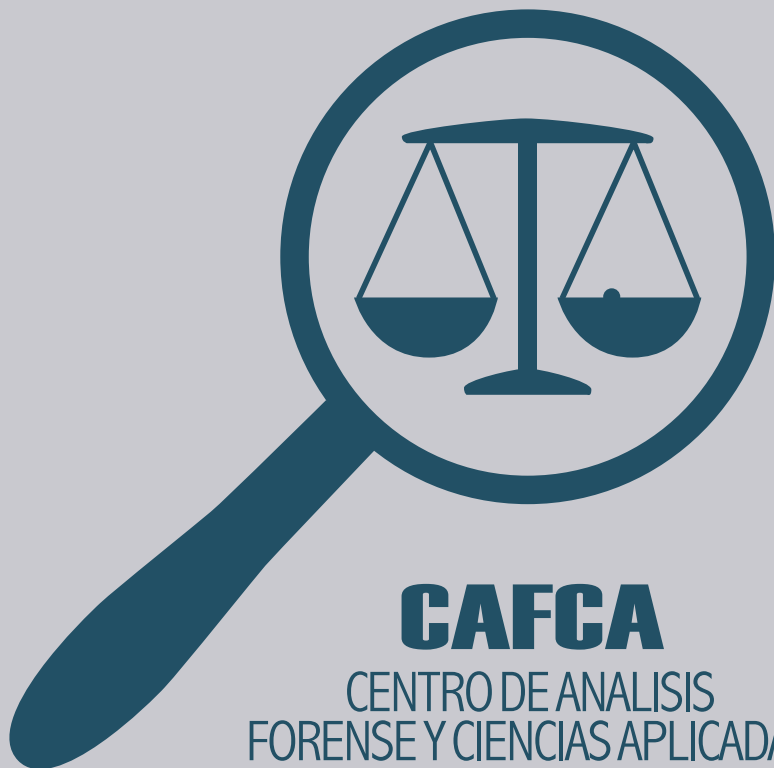
# COMPENDIO DE MÉTODOS ANTROPOLÓGICO FORENSES

PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL  
PERFIL OSTEO-BIOLÓGICO

Udo Krenzer

Tomo III

ESTIMACIÓN DE LA EDAD  
OSTEOLÓGICA EN ADULTOS



**Compendio de métodos antropológico forenses  
para la reconstrucción del perfil osteo-biológico**

Udo Krenzer

**Tomo III  
Estimación de la edad osteológica  
en adultos**



Guatemala  
2006

Elaborado por: Udo Krenzer  
Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas  
CAFCA  
2 calle 6-77, zona 1  
Ciudad, Guatemala  
Teléfono: (502) 2253-2080  
<http://www.cafcaguatemala.org>

Financiado por: DED y EED

Diseño de portada: Rafael Molina

Diagramación de interiores: CIBER NEGOCIOS  
Teléfonos: (502) 2450-4889 (502) 2256-1276  
E-mail: [ventas@cibernegociosguatemala.com](mailto:ventas@cibernegociosguatemala.com)

Primera edición 2006  
Serie de Antropología Forense  
Tomo 3

ISBN: 99922-859-3-1

# Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico

## Tomo III

### Estimación de la edad osteológica en adultos

#### Contenido

1.	Estimación de la edad osteológica en adultos	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Cambios en el cráneo	3
1.2.1.	Obliteración de las suturas craneales	3
1.2.1.1.	Sistemas de la obliteración ectocraneal	4
1.2.1.2.	Obliteración de las suturas palatinas	7
1.2.2.	Cambios en los dientes	7
1.2.2.1.	Observaciones del desgaste dental	8
1.2.2.2.	Translucidez en la raíz	14
1.2.2.3.	Cemento de los dientes	16
1.2.2.4.	Histomorfometría en los dientes	16
1.3.	Cambios en el poscráneo	19
1.3.1.	Osificación del cartílago tiroides	19
1.3.2.	Metamorfosis del fin esternal de la clavícula	21
1.3.2.1.	Observaciones radiográficas en la clavícula	22
1.3.3.	Metamorfosis de los fines esternales de las costillas	24
1.3.3.1.	Observaciones radiográficas en las costillas	30
1.3.4.	Modificación en las vértebras	32
1.3.5.	Cambios en la pelvis	33
1.3.5.1.	Metamorfosis de la faceta auricular	33
1.3.5.2.	Metamorfosis de la sínfisis púbica	38
1.4.	El método complejo	54
1.5.	Cambios de la estructura histológica	59
1.6.	Racemización del ácido aspártico	61
	Bibliografía	63



## 1. Estimación de la edad osteológica en adultos

### 1.1. Introducción

La estimación de la edad basada en restos esqueléticos tiene mucho más probabilidades de ser exacta, cuando se trata de individuos que no han alcanzado la madurez o de adultos jóvenes. Los restos de personas de edades mayores presentan un problema más grande, y cuando se trata de poblaciones no contemporáneas resulta difícil estar seguros de que los cambios producidos por la edad ocurrieron a las mismas edades que en las poblaciones modernas y que presentaban idéntica variabilidad grupal.

De todos modos, la información sobre la edad representa un rasgo fundamental sobre el perfil biológico del individuo analizado. En general, los antropólogos usan sistemas de comparación de distintos indicadores del esqueleto (ver figura 1). Por eso, el investigador puede determinar la edad biológica fundamentado en los huesos, pero este valor no necesariamente refleja la edad cronológica del individuo, pues está influenciada por diferentes factores internos y externos, como la filiación ancestral, la estructura (social) de la población, diferentes velocidades del desarrollo (ontogénesis), influencias genéticas, enfermedades, estrés ocupacional y actividades físicas, medio ambiente, recursos o la alimentación. Por tanto, toda estimación de la edad biológica basado en restos esqueléticos siempre conlleva un cierto margen de error causado por la variabilidad biológica (Acsádi & Nemeskéri 1970, Bass 1986, Brothwell 1987, Cox 2000, Herrmann et al. 1990, Iscan 1989b, Mays 1998, White 2000).

En general, los períodos de osificación y edades de erupción de los dientes se han elaborado sobre la base de muestras norteamericanas y europeas y tal vez no es válido transferir los resultados uno por uno sin graduación o ajustes específicos a otras partes de la población mundial. Es por ello que la eficacia de los métodos o de la estimación de la edad depende directamente de la población de referencia.

El método de la estimación biológica de la edad se realiza de manera analítica, comparativa y complejo, y consiste en el conjunto de operaciones de carácter científico, encaminadas a la reconstrucción más completa posible de las particularidades biológicas de los individuos y de su conjunto, recurriendo a sus restos óseos en calidad de fuente de información.

Se divide la edad en individuos adultos en las siguientes tres etapas:

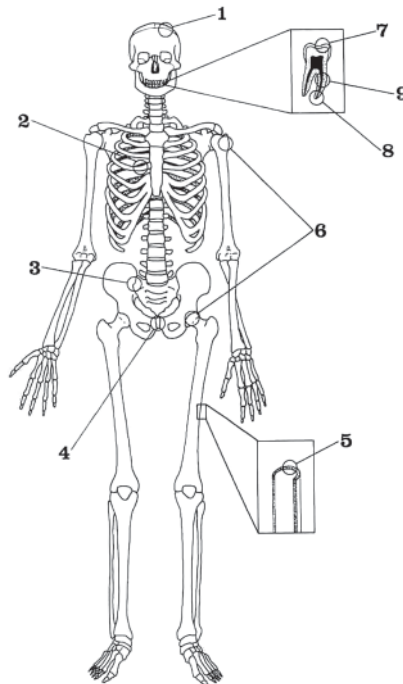
- Adulto menor (20 –26 años)
- Adulto mediano (27 – 33 años)
- Adulto mayor (34 – 40 años)

Para una descripción más detallada de las etapas de la edad óseo-biológica, antropólogos utilizan las distintas categorías presentadas en tabla 1.



**Tabla 1** Categorías de edad utilizadas en estudios antropológicos

categoria	edades correspondientes
embrión	primeros dos meses de gestación
fetos	tercer mes hasta nacimiento
prenatal	antes de nacimiento
perinatal	durante el nacimiento
neonato	nacimiento hasta segundo mes
infans I	tercer mes hasta 6 años (dentición decidua - erupción del primer molar)
infans II	7 hasta 14 años (M1 - erupción del segundo molar)
juvenil	14 hasta 21 años (M2 – fusión epifisial)
adulto	20 hasta 40 años (inicio de la obliteración de las suturas craneales)
maduro	40 hasta 60 años
senil	mas de 60 años



**Fig. 1** Variedad de métodos para la estimación de la edad esquelética: 1) suturas craneales; 2) fines esternales de las costillas; 3) faceta auricular; 4) sínfisis púbica; 5) histomorfometría; 6) método complejo; 7) desgaste dental; 8) anulación de cemento dental; 9) translucidez de la raíz (por Mays 1998)

Como regla general, los investigadores forenses analizan la mayor cantidad de criterios esqueléticos para lograr una estimación de la edad biológica más cercana a la edad cronológica. Dentro de este proceso se debe aplicar los siguientes criterios, la fidelidad, habilidad para proveer un diagnóstico de la variable real aunque de valor desconocido, la precisión, reproducibilidad de la estimación, la accesibilidad, fácil ejecución, la aceptabilidad, ausencia de solapamiento en la medida, la evidencia documentada, presencia de una metodología apropiada y estándares previamente revisados y aceptados, y la totalidad, habilidad de suministrar toda la información necesaria y requerida (Rodríguez Cuenca 2004).

## 1.2. Cambios en el cráneo

En el cráneo, el antropólogo identifica distintos cambios relacionados con la edad de los individuos. Entre estos, los más valiosos son las obliteraciones de las suturas endo y ectocraneales (sutura sagital, coronal y lambda) y el desgaste de los dientes, aunque éste se ve más afectado por factores externos, como la nutrición y el medio ambiente. Se utiliza además los dientes como base para efectuar estudios avanzados genéticos, histomorfométricos o del cemento (ver capítulos 1.2.3 en adelante).

### 1.2.1. Obliteración de las suturas craneales

Ninguna otra parte del esqueleto humano ha sido más analizada para determinar los procesos de madurez como las suturas craneales, que obliteran desde la tabla interna hasta la tabla externa. Por eso se establecieron metodologías para ambas observaciones, tanto endocraneal como ectocraneal. Pero tampoco existen indicadores de la edad biológica de un individuo con más variabilidad que aquellas (Key et al. 1994, Rodríguez Cuenca 1994).

En el estado infantil y juvenil, las suturas se aprecian completamente abiertas; en la edad adulta se van obliterando paulatinamente hasta su completa sinostosis en la vejez. Además de este proceso natural, el material óseo enterrado bajo tierra puede sufrir modificaciones en virtud del grado de acidez o salinidad del suelo (Genovés 1967). Algunos autores (McKern & Stewart 1957, Singer 1953, Brooks 1955, citados por Meindl & Lovejoy 1985) han desestimado el uso del grado de obliteración sutural como un indicativo de edad, por considerar errático el proceso de sinostosis. No obstante, Meindl & Lovejoy han considerado su utilidad en calidad de indicador independiente de edad, siempre y cuando se le combine sistemáticamente con otros elementos del diagnóstico. Igualmente continua la discusión sobre el grado de incidencia del sexo y filiación racial en el proceso de sinostosis. En este sentido Genoves & Maessmacher (1959) han analizado 101 cráneos mexicanos (indígenas y mestizos), pero no encontraron ningún indicio de muestras de vejez diferentes a causa de variabilidad poblacional (Rodríguez Cuenca 1994). Como observación se puede añadir, que ninguna de las metodologías toma en cuenta los cambios causados por el estrés ocupacional, por ejemplo el uso extenso de mecapales, que se utiliza frecuentemente en la población rural guatemalteca.





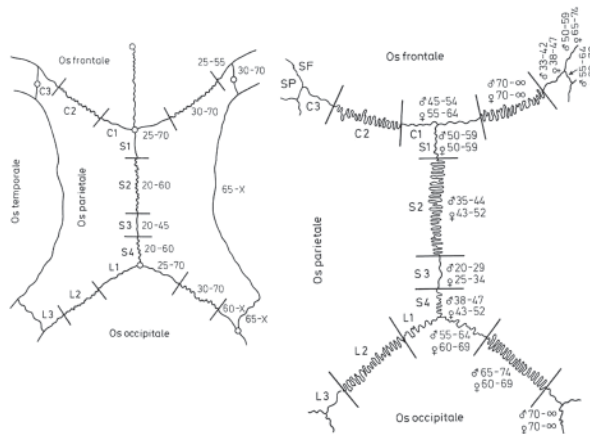
### 1.2.1.1. Sistemas de la obliteración ectocraneal

#### I. Obliteración de las suturas ectocraneales por Olivier

El sistema elaborado por Olivier (1960) divide la sutura sagital, coronal y lambda en total en 16 áreas con rangos amplios establecidos para la estimación de la edad con base en la obliteración ectocraneal (ver figura 2). Para la investigación, se observa cada uno de los 16 segmentos para establecer un rango de la edad (Szilvassy 1988).

#### II. Obliteración de las suturas ectocraneales por Vallois

En el sistema ectocraneal por Vallois (1937) se observa las mismas 16 regiones de las tres suturas como en el método mencionado anterior por Olivier. Generalmente se observa, que los rangos aplicados por Vallois son más estrechos; además este autor estableció una división entre los sexos (Szilvassy 1988).



**Fig. 2** Sistemas de la estimación de la edad con base en suturas ectocraneales por Olivier (izquierda) y Vallois (derecha) (por Szilvassy 1988)

#### III. Obliteración de las suturas ectocraneales por Meindl & Lovejoy

La metodología para la determinación de la edad fundamentada en las suturas craneales por Meindl & Lovejoy (1985) parece rápida, replicable y fiable. Se observa la región alrededor de un centímetro de los puntos definidos (ver a continuación), apreciando el grado de cierre sutural a trasluz, prefiriendo la tabla externa (ectocraneal) por cuanto la actividad de la obliteración es más rápida a nivel interna (endocraneal). El sistema funciona solamente con cráneos enteramente conservados, donde se puede determinar todos los puntos de referencia para calcular el valor de composición. En cráneos dañados no se aplica esta metodología por falta de dichos valores para la computación.

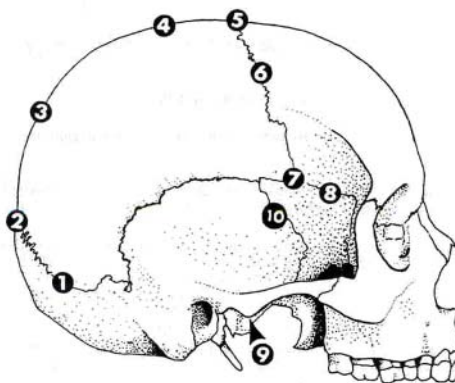
### Puntos del sistema de la caja craneal

- 1) **Midlambdoideo:** punto medio de cada mitad de la sutura lambdoidea en la porción intermedia
- 2) **Lambda:** porción lámbdica en la intersección de la sutura sagital y lambdoidea
- 3) **Obelion:** intersección de la línea transversal, que une los dos agujeros parietales con la sutura sagital
- 4) **Sagital anterior:** punto en la intersección del tercio anterior y dos tercios posteriores de la sutura sagital
- 5) **Bregma:** intersección de las suturas sagital y coronal
- 6) **Midcoronal:** punto medio en cada mitad de la sutura coronal
- 7) **Pterion:** intersección de la sutura parietoesfenoidal con la coronal; región en la porción superior del ala mayor del esfenoides

### Puntos del sistema lateral anterior

(incluye también los puntos midcoronal y pterion del sistema de la caja craneal)

- 6) **Midcoronal:** punto medio en cada mitad de la sutura coronal
- 7) **Pterion:** intersección de la sutura parietoesfenoidal con la coronal; región en la porción superior del ala mayor del esfenoides
- 8) **Esfenofrontal:** punto medio en la sutura esfenofrontal
- 9) **Esfenotemporal inferior:** punto de la sutura esfenotemporal, que se forma en la intersección con la línea que une ambos tubérculos articulares de la unión temporomandibular
- 10) **Esfenotemporal superior:** punto en la sutura esfenotemporal ubicado a 2 cm debajo de su articulación con el hueso parietal



**Fig. 3** Puntos ectocraneales para la observación de la obliteración (por Meindl & Lovejoy 1985)



Para la observación de la obliteración ectocraneal se aplican los siguientes grados de la sinostosis:

**Grado 0:** Abierto. No se presenta evidencia de cierre ectocraneal (tabla externa)

**Grado 1:** Sinostosis mínima. Formación de un puente óseo mínimo alrededor de la sutura que puede alcanzar hasta el 50% de sinostosis del sitio

**Grado 2:** Sinostosis significativa. Grado marcado de obliteración, aunque sin alcanzar el cierre completo, más de 50% obliterado

**Grado 3:** Obliteración completa. Fusión completa en la región analizada

Según los coeficientes de correlación, los puntos pterion, esfenofrontal, midlambdoideo y lambda son los que más se relacionan con el incremento de la edad. El punto pterion parece ser el mejor indicador del advenimiento de la década de los 40 años; el esfenotemporal refleja procesos característicos de las edades superiores a esta década; el obelion exhibe una actividad temprana en la mayoría de los casos; el punto esfenofrontal inicia su obliteración después del midcoronal.

En general, el sistema lateral anterior es supuestamente el mejor indicador de la edad biológica (Meindl & Lovejoy 1985). Cuando un espécimen presenta obliteración completa de sus suturas, se debe verificar su edad, utilizando otros indicadores del esqueleto como los dientes o el poscráneo. El sexo y la filiación ancestral dan sesgos poco significativos en el diagnóstico de la edad. La tabla 2 da la información sobre las edades correspondientes con el grado de la obliteración.

**Tabla 2** Estimación de la edad por el sistema de la obliteración ectocraneal (según Meindl & Lovejoy 1985, White 2000)

caja craneal (1-7)							
0 (abierta)	1, 2	3-6	7-11	12-15	16-18	19, 20	21 (cerrado)
	20,9-40,1	26,9-42,5	30,3-48,5	32,6-57,8	38,3-59,3	38,9-64,1	
35-49	18-45	22-48	24-60	24-75	30-71	23-76	40-
sistema lateral / anterior (6-10)							
0, 1	2	3-5	6	7, 8	9, 10	11-14	15 (cerrado)
23,7-40,3	30-42,4	31,1-51,1	32,7-54,1	36,3-54,4	39,4-64,4	47,7-64,7	
19-48	25-49	23-68	23-63	32-65	33-76	34-68	

Para concluir cabe subrayar, que ningún criterio de edad aplicado de manera independiente o aislado al conjunto del organismo, es tan preciso para reflejar los distintos procesos que se acumulan con la edad. El criterio ectocraneal, según Meindl & Lovejoy, es superior al componente del sistema púbico (sífnisis) tradicional (ver capítulo 1.3.5.2.); de igual valor informativo al criterio radiográfico del fémur (comparar capítulo 1.4.); inferior al sistema de la superficie auricular del ilion (ver capítulo 1.3.5.1.), al sistema funcional de la atrición dental (ver capítulo 1.2.3.1.) y al sistema revisado del pubis (ver capítulo 1.3.5.2.) (Rodríguez Cuenca 2004).

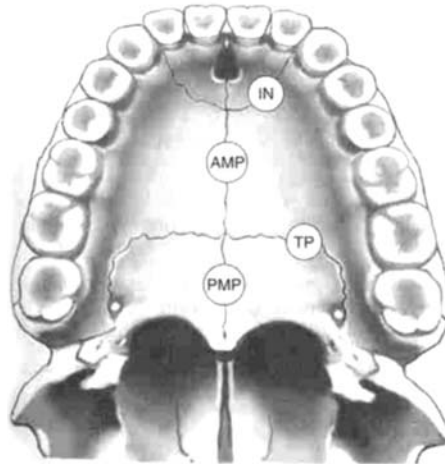
### 1.2.1.2. Obliteración de las suturas palatinas

Mann et al. (1987) sugirieron, que las cuatro suturas palatinas (incisiva, interpalatina, intermaxilar y palatomaxilar) son indicadores generales para la estimación de la edad; sin embargo se utiliza el método no exclusivamente en casos de individuos adultos, sino también en las etapas anteriores. Observando las suturas incisivas e interpalatinas se distinguen los estados siguientes (ver también Gruspier & Mullen 1991):

**Subadultos:** poca o ninguna obliteración de la sutura incisiva (tampoco de las otras), suturas ásperas

**Adultos menores:** (18 en adelante) alguna obliteración de la sutura interpalatina, más de ½ sutura incisiva obliterada, superficie de apariencias más lisa

**Ancianos:** (50 en adelante) obliteración por partes de tres o más suturas, superficie del maxilar es lisa; cuando todas las suturas son obliteradas, el individuo tenía supuestamente más de 50 años.



**Fig. 4** Ubicación de las suturas palatinas IN= incisiva; AMP= intermaxilar; PMP= interpalatina; TP= palatomaxilar (por Byers 2001)

### 1.2.2. Cambios en los dientes

Por su presencia en el contexto arqueológico, los dientes proporcionan una manera excelente para estimar la edad en adultos. Al lado de los métodos tradicionales como la observación del desgaste, que tiene la tendencia de subestimar la edad cronológica, se puede aplicar fácilmente la translucidez de la raíz dentaria, o en investigaciones más complejas el depósito del cemento o métodos histomorfológicos.



### 1.2.2.1 Observaciones del desgaste dental

El desgaste de los dientes depende fuertemente de la dieta y la forma de preparación de los alimentos de la población analizada. Además, reflejan formas típicas e individuales de masticación y dureza diferentes del esmalte en el perfil del desgaste.

Normalmente, los dientes se desgastan por su uso, conduciendo a una reducción paulatina de la superficie oclusal, inicialmente del esmalte y posteriormente de la dentina, abarcando la cavidad pulpar en casos severos, hasta la destrucción total de la corona. El proceso de desgaste dental contiene dos componentes: atrición, que es el resultado del contacto directo - diente contra diente - y depende en gran medida del grado de robusticidad del aparato masticatorio y de la intensidad y duración del contacto; por otra parte, la abrasión es producto del contacto con materiales extraños y depende por ejemplo del grado de abrasividad de alimentos. Así, el maíz u otros granos molidos en metates de piedra contienen pequeñas partículas desprendidas durante el proceso de molienda, con alto componente silíceo, que genera un desgaste fuerte de la superficie oclusal de forma cóncava, cavitando las fosas hasta destruir las cúspides. Además de los factores genéticos, que condicionan el grado de dureza del esmalte, inciden por ejemplo el pulido durante el sueño (bruxismo), los hábitos alimenticios y las costumbres culturales (mascar tabaco, fumar pipa, destapar botellas con los dientes, preparar materiales como pieles o sostener objetos mientras se pesca, caza o trabaja). El desgaste también se produce en las superficies mesial y distal (interproximales) por el contacto entre dientes adyacentes, por el movimiento durante su uso (Herrmann et al. 1990, Rodríguez Cuenca 1994).

A pesar de que el desgaste dental ocurre durante la vida del individuo, la naturaleza de su variación ha dificultado la medición y correlación con la edad de la persona. Desde la escala de cinco grados propuesta por Paul Broca a finales del siglo antepasado, diferentes autores han tratado de medir el desgaste, correlacionándolo con patrones de cambio (Murphy 1959, Brothwell 1989), la función y variabilidad cultural (Molnar 1971), técnicas de medición (Guerasimov 1955, Zoubov 1968, Alexeev & Debetz 1964, Scott 1979, Lovejoy 1985), la enumeración de anillos en el cemento (Charles et al. 1989, Naylor et al. 1985) y el gradiente del grosor del esmalte (Macho & Berner 1994).

Generalmente, se toma como punto de referencia la variación intraindividual en las tasas de desgaste, teniendo en cuenta la diferencia de aproximadamente seis años entre la erupción del M1 y M2, y entre M2 y M3 (Miles 1963a, b, Mays 1998). Para comparar las muestras en relación a la tasa de desgaste, se computa el rango medio de diferencia o área entre generalmente los molares inferiores M1 y M2, M2 y M3 y también M1 y M3, calculando su correlación dentro de la misma población que se va a evaluar (Scott & Turner, 1988). Por tal razón, se recomienda medir el grado de desgaste de individuos juveniles dentro de la misma población, calculando el gradiente de destrucción de la corona entre los 6 años cuando erupcionan los primeros molares, hasta los 12 años cuando erupcionan los segundos molares, y entre esas edades y el tiempo transcurrido hasta la aparición de los terceros molares (Rodríguez Cuenca 1994).

De la revisión de las propuestas metodológicas para la evaluación del desgaste dental y su aplicación en la estimación de la edad de un individuo o de una población, cabe subrayar que su diagnóstico constituye solamente una aproximación, y requiere el conocimiento del contexto poblacional del grupo en cuestión con el fin de evitar el sesgo producido por distintas dietas alimenticias, prácticas culturales, diferencias a nivel de sexo y factores genéticos (comparar capítulo 1.1.).

Con el fin de obtener un diagnóstico de edad biológica más aproximado a la realidad, se recomienda aplicar la seriación y el método complejo (ver capítulo 1.4.), es decir, utilizar todas las fuentes de información de edad del individuo, promediando los resultados.

### I. Sistema de observación del desgaste por Miles

Este sistema fue publicado en el año 1962 con base en una población de referencia premedieval de Inglaterra y enfoca las facetas de oclusión en los molares, que aparecen a un ritmo definido: el M1 con 6 años, el M2 con 12,5 años y el M3 con 19 años, aunque la erupción de la muela de juicio es variable. Este esquema sirve especialmente para poblaciones cuya dieta que incluye en gran parte tejidos o materiales duros y por eso abrasivos.

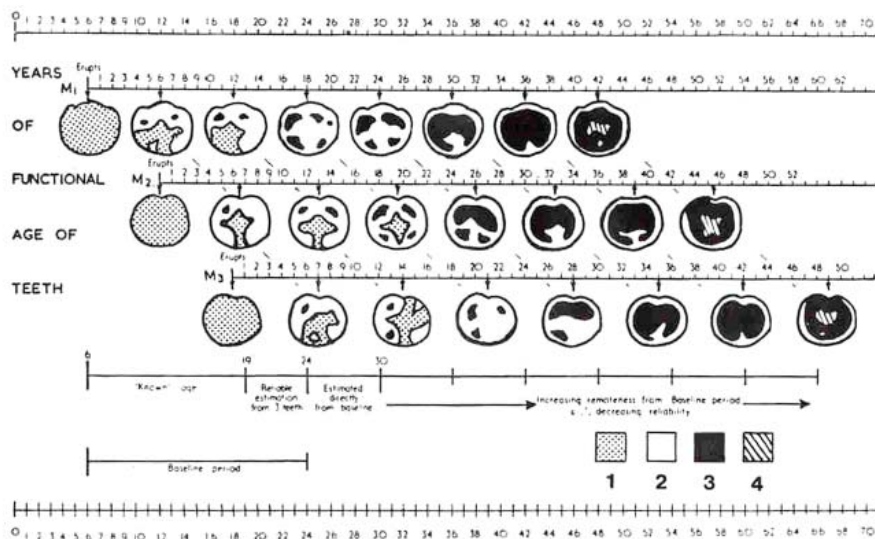


Fig. 5 Sistema del desgaste en molares por Miles 1963 (según Brothwell 1989)

En un estudio evaluativo, Kieser et al. (1983) encontraron correlaciones significativas entre el esquema de desgaste dental por Miles y las edades cronológicas de una población indígena de Paraguay (Lengua, ver tabla 3). También Nowell presentó una evaluación al respecto.



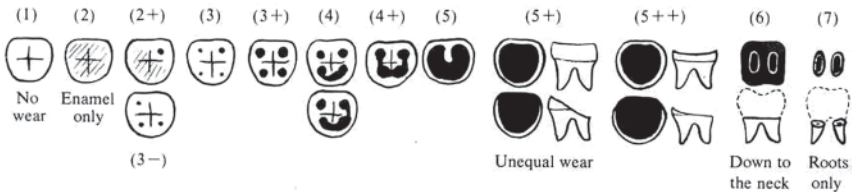
**Tabla 3** Comparación de valores reales y estimados en base del desgaste dental (según Mays 1998)

rango de edad real	cantidad	promedio de edad cronológica	estimación a través del esquema
20 – 22	18	20,38	20,55
23 – 24	9	23,50	23,70
25 – 26	19	25,10	24,89
27 – 30	11	28,72	29,00
31 – 36	24	33,60	33,50
37 – 46	23	40,78	41,56
47 – 56	23	50,82	53,17

## II. Sistema de observación del desgaste por Brothwell

Se define el desgaste dental como la pérdida de sustancia de los dientes durante la masticación, debido a la fricción de una superficie dentaria con otra, así como el efecto abrasivo de las sustancias duras que pueda contener el alimento. En los puntos de contacto se producen facetas superficiales, como consecuencia del ligero movimiento que se da. El sistema del desgaste dental de los molares elaborado por Brothwell (1965) fue establecido con base en poblaciones premedievales de Inglaterra.

Age period (years)	About 17–25			25–35			33–45			About 45+		
Molar number	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Wear pattern			Dentine not exposed. There may be slight enamel polishing.							Any greater degree of wear than in the previous columns.		
Or												
Or												
										SB. Very unequal wear sometimes occurs in the later stages.		



**Fig. 6** Sistema del desgaste en los molares (por Brothwell 1981)



Brothwell (1981) mencionó, que el grado de desgaste debería cotejarse, siempre que fuese posible, con los márgenes de edad, que proporciona la sínfisis púbica, específicamente en varones.

### III. Sistema de observación del desgaste por Guerasimov

Guerasimov (1955, citado por Alexeev & Debetz 1964) sugirió la siguiente escala de desgaste que se aplica en la observación en los dientes maxilares:

**Grado 0:** Desgaste ausente

**Grado 1:** Desgaste del esmalte

**Grado 2:** Cúspides de la corona; en incisivos y caninos se aprecia desgaste de la superficie incisa

**Grado 3:** Aparecen puntos aislados de la dentina expuesta

**Grado 4:** Desgaste afecta la cavidad pulpar

**Grado 5:** Corona está completamente expuesta

**Grado 6:** Corona se aprecia completamente desgastada

Para la determinación de la edad, se utiliza igual como en el método de Zoubov tabla 4.

### IV. Sistema de observación del desgaste por Zoubov

A. A. Zoubov (1968) modificó ligeramente la secuencia de desgaste dental propuesta por Guerasimov, sugiriendo algunas variantes en el proceso de aparición de los componentes principales de la corona, aunque mantuvo la misma escala de edad. Zoubov especificó los cambios al respecto de los tipos de dientes maxilares analizados.

#### Premolares y molares:

**Grado 0:** Ausencia completa de huellas de desgaste, los dientes erupcionaron recientemente

**Grado 1:** Se observan facetas de desgaste en algunas partes de la superficie de la corona, las puntas de las cúspides se han aplanado y redondeado

**Grado 2:** Aparecen puntos aislados de la dentina en las puntas de las cúspides

**Grado 3:** Desgaste de todas las partes sobresalientes de la corona y formación de grandes espacios de dentina expuesta; el esmalte se conserva solamente en surcos y fosas

**Grado 4:** Desgaste de todo el esmalte; toda la superficie oclusal está compuesta de dentina expuesta

**Grado 5:** Desgaste de la corona hasta la mitad de su altura

**Grado 6:** Desgaste de la corona hasta el cuello





## Incisivos y caninos:

**Grado 0:** Ausencia completa de desgaste; en los incisivos se aprecian muy bien los mamelones de la superficie incisal

**Grado 1:** Desgaste de los mamelones en incisivos; en los caninos se observa ligero aplanamiento y redondeo de la punta cuspídea

**Grado 2:** Aparece una franja delgada de dentina en los incisivos; en los caninos surge un punto de dentina en la punta cuspídea

**Grado 3:** Aparece una amplia superficie de dentina, de forma alargada en los incisivos y redondeada en los caninos

**Grado 4:** Desgaste de la corona hasta la mitad de su altura

**Grado 5:** Desgaste total de la corona hasta el cuello

Tabla 4 contiene las edades en correlación al desgaste dental según los sistemas de Guerasimov y Zoubov.

**Tabla 4** Correlación entre la edad y el desgaste dental maxilar (por Rodríguez Cuenca 1994, 2003)

edad	10-13	13-14	14-16	16-18	18-20	20-25	25-30	30-35	35-40	45-50	50-60	60-70
I	0	0-1	1	1-2	2-3	2-3	3	3	3	3-4	4-5	5-6
C	0	0	0	1	2	2	2	2-3	3	3-4	4	5
P	0	0	1	1	2	2	2-3	2-3	3	3-4	4	5-6
M <sup>1</sup>	0	0	0	1	2	2	2-3	3	3-4	4	5	5-6
M <sup>2</sup>	0	0	0	0	1	2	2	2-3	3	3-4	4-5	6

Se aplicó los valores de esta tabla en una evaluación de edad en material óseo prehispanico de Colombia, correlacionando los distintos gradientes con la metamorfosis de la sínfisis púbica, la superficie auricular del ilion y la terminación esternal de la cuarta costilla (ver capítulo 1.3.3.), además con la formación y erupción dental y la sinostosis de los centros secundarios de osificación (para ambos comparar tomo IV), arrojando buenos resultados hasta los 35-40 años de edad. Después de este intervalo, como consecuencia del intenso desgaste producido por el tipo de dieta alimenticia, los parámetros de edad sobrestiman considerablemente, asignándose una edad superior a la real. Por el contrario, en material forense contemporáneo la edad se subestima, pues la dieta alimenticia es más blanda y produce menos abrasión, pero excluyendo los grupos indígenas, por ejemplo los guajiros colombianos, en donde además de continuarse moliendo el maíz en metates, la arena levantada por los vientos de la península de la Guajira se introduce en la boca, produciendo un desgaste adicional (Rodríguez Cuenca 1994).

## V. Sistema de observación del desgaste por Lovejoy

C. O. Lovejoy (1985) describió el gradiente de desgaste de una población de 332 individuos, cazadores y recolectores procedente del yacimiento arqueológico del sitio Libben, Ottawa County, Ohio, Estados Unidos. El patrón de desgaste de esta

población es muy regular en forma y gradiente, además de pertenecer a un grupo homogéneo en el aspecto demográfico. Inicialmente cada dentición fue seriada dentro de su grupo (dientes anteriores, premolares y molares); posteriormente, se midió la tasa de desgaste funcional en los molares de 132 especímenes con un gradiente de edad, basado en la metodología de Miles, de 6,0; 6,5; 7,0 en individuos subadultos entre 6 a 18 años de edad.

Lovejoy encontró una serie de regularidades en el patrón modal de desgaste de la población de Libben:

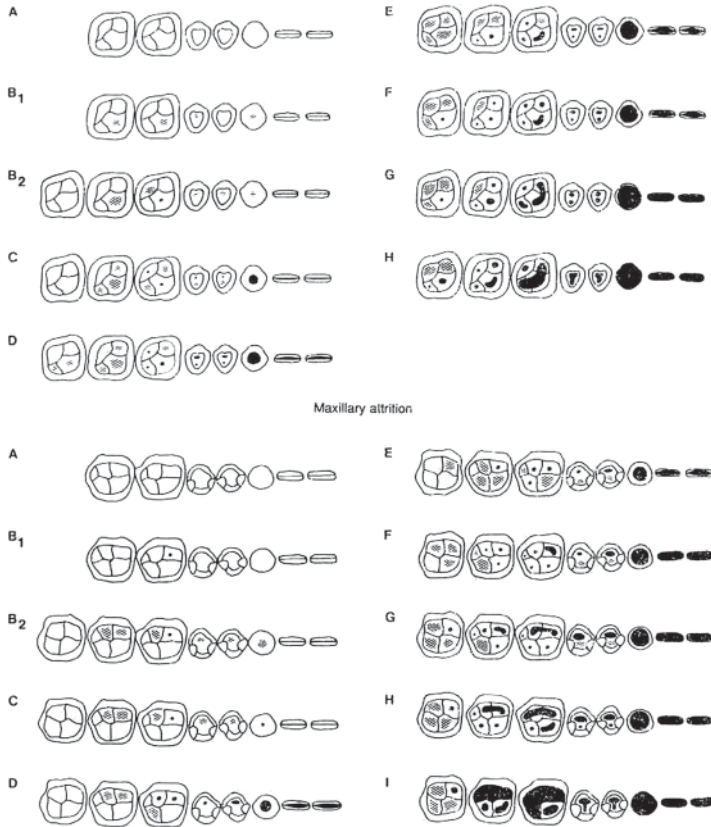
- 1) El desgaste en los dientes anteriores se acelera después de la exposición total de la dentina, con una tasa de pérdida de corona superior después de los 30 años
- 2) La tasa de desgaste es ligeramente superior en la mandíbula que en el maxilar
- 3) Predomina el desgaste bucal en premolares, tanto mandibulares como maxilares, hasta el aplanamiento de las coronas; después de esta situación no se aprecian diferencias
- 4) El desgaste lingual es más rápido en los molares maxilares mientras que el bucal predomina en los mandibulares
- 5) El desgaste es simétrico y generalmente uniforme con relación a los lados, excepto cuando existe enfermedad temporomandibular, pérdida unilateral de dientes o enfermedad periodontal, etc
- 6) La exposición secuencial de las cúspides de los molares mandibulares es protoconónido – hypoconónido – metaconónido - (hypoconúlido) - entocónido. El hypoconúlido es una cúspide variable en su desgaste
- 7) La secuencia de exposición de las cúspides de los molares maxilares es protocono – hypocono – paracono - metacono
- 8) El desgaste molar es más variable en el maxilar que en la mandíbula
- 9) El desgaste es regular y simétrico y refleja claramente el incremento de la edad cronológica en la población. La mayor predominancia en el desgaste es consecuencia del proceso masticatorio de los alimentos

Con base en estas observaciones se estableció una correlación entre el patrón de desgaste (figura 7) con la edad biológica que contiene la tabla 5.

**Tabla 5** Etapas del desgaste y edades correspondientes Lovejoy (según White 2000)

etapa	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I
maxilar d	12-18	16-20	16-20	18-22	20-24	24-30	30-35	35-40	40-50	-
mandíbula i	12-18	16-20	16-20	18-22	20-24	24-30	30-35	35-40	40-45	45-55

Además de este, existen varios esquemas de atrición dental que fueron elaborados en base de poblaciones de Australia (Aborígenes) por Murphy 1959, Richards & Miller 1991), los Inuits del Polo Norte (Tomenchuk & Mayhall 1979) o Japón (Hojo 1954) citado por Brothwell (1989) y Mays (1998).



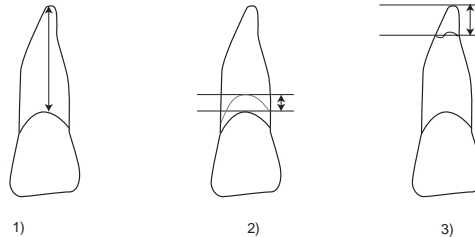
**Fig. 7** Sistema del desgaste dental por Lovejoy; exposición de dentina en negro. Las edades correspondientes maxilares son A) 12-18; B1) 16-20, B2) 16-20, C) 18-22; D) 20-24; E) 24-30; F) 30-35; G) 35-40; H) 40-50; y mandibulares H) 40-45; I) 45-55 (según White 2000)

### 1.2.2.2. Translucidez en la raíz

#### I. Sistema de la translucidez en la raíz por Lamendin et al.

El método elaborado por Lamendin (1988) se basa en una prueba francesa, de 306 dientes de 208 pacientes (135 masculinos y 73 femeninos) – de ellos 198 caucásicos y 10 negros de edad conocida entre 22 y 90 años, que fue verificado a través de una muestra forense de 45 dientes de 20 varones y 4 mujeres (Lamendin et al. 1992). Para el análisis se extrae dientes de una sola raíz como incisivo, premolar o canino del maxilar o de la mandíbula, tomando en cuenta solamente dientes sin afección de caries. Con base en ellos se mide las siguientes distancias (ver figura 8):

- 1) Altura de la raíz (HR): Distancia directa desde el ápex hasta la unión del cemento-esmalte (CEJ) en la superficie vestibular (labial) y lingual
- 2) Altura de la periodontitis (HPAR): Distancia directa entre la unión del cemento-esmalte (CEJ) y el nivel de la colocación del periodonto en las superficies vestibular y lingual
- 3) Altura de la translucidez de la raíz (HTRAN). Distancia directa desde el ápex de la raíz hasta el punto de división entre la parte translucida y no-translucida. Estas mediciones también se toman en las superficies vestibular y lingual



**Fig. 8** Mediciones vestibulares en dientes anteriores

Se utiliza las mediciones vestibulares para los siguientes cálculos que determinan la altura del peridonto (P) y de la translucidez (T):

$$P = \text{Altura del peridonto} / \text{Altura de la raíz} * 100 \quad (\text{HPAR} / \text{HR} * 100)$$

$$T = \text{Altura de la translucidez} / \text{Altura de la raíz} * 100 \quad (\text{HTRAN} / \text{HR} * 100)$$

Para la estimación de la edad se utiliza los valores obtenidos de los cálculos anteriores en la siguiente formula:

$$\text{edad dental} = (0,18 * P) + (0,42 * T) + 25,23$$

La estimación final se logra por la aplicación de los rangos de edad y la desviación correspondiente, que son documentados en tabla 6:

**Tabla 6** Rangos y errores para la determinación de edad en base de translucidez (según Lamendin et al. 1992)

edad	26-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89
error +/-	24,8	15,5	9,9	7,3	6,3	11,6	18,9

En estudios evaluativos se verificaron la eficaz y fiabilidad de este método. Se logró los resultados más confiables para hombres entre 26 y 60 años y para mujeres entre 26 y 70 años, tomando en cuenta que el método se restringe a individuos adultos, con una edad mínima de 26 años, debido a la metamorfosis de la translucidez. Por otro lado Prince & Ubelaker (1999) realizaron una prueba del método con base en la colección de Terry (Estados Unidos) compuesta por 400 dientes de 98 hombres negroides, 95 hombres caucasoides, 94 mujeres negroides y 72 mujeres caucasoides de edades



conocidas. Fundamentado en este los autores concluyeron que se debe que tomar en cuenta el sexo y el patrón ancestral en la aplicación del método. Este tiene el inconveniente, que la medición de la altura gingival es imprecisa en dientes secos, la resección puede ocurrir de manera variable de diente a diente y puede inclusive estar presente o ausente en todas piezas dentarias (Rodríguez Cuenca 2003).

### 1.2.2.3. Cemento de los dientes (“tooth cement annulation”)

Aún no existe una prueba positiva para la causa de la construcción del cemento en los dientes al respecto del tiempo, pero bien se observa correlaciones entre la edad cronológica con los estratos del cemento dental porque la sedimentación del cemento se realiza por temporadas. En análisis detalladas se cuenta las líneas del cemento en preparaciones de dientes en resina de epoxi (Biodur E 1) con sola una raíz, en cuales se hace cuatro cortes en cuales se realiza el conteo computerizado (Milnar et al 1997). Charles et al. (1989) encontraron una correlación alta entre los estratos de cemento y la edad cronológica, aunque ellos observaron un alto error de estimación en individuos mayores. Definitivamente, esta metodología no es capaz de sustituir completamente los métodos morfognósticos, pero se cuenta como una adición valiosa en el inventario de métodos a aplicar en la estimación de la edad. Tabla 7 presenta las características del cemento dentario.

**Tabla 7** Características del cemento (según Charles et al. 1989)

estrato	luz reflectada	luz transmitida	
	no colorante	no colorante	colorante
estrecho	oscuro	más transparente	fuerte
ancho	claro	menos transparente	débil

### 1.2.2.4. Histomorfometría en los dientes

En la antropología forense se le conoce gracias a los estudios de Gustafson (1950). El análisis de la periodontosis, la aposición de dentina secundaria, la formación del cemento, la reabsorción y transparencia radicular de los dientes, se emplean en calidad de indicadores de edad. Para el análisis histomorfométrico dentaria, Kilian y Vlcek (1989) recomendaron el siguiente procedimiento (citado por Rodríguez Cuenca 1994, 2003).

1. Antes de extraer el diente, examinar en lo posible el tipo de oclusión porque las siguientes circunstancias pueden afectar la edad dental:
  - a) Una mordida abierta puede producir menos abrasión en los dientes anteriores
  - b) El número de piezas conservadas incide en el grado de abrasión; si los premolares y molares no se encuentran, el resto de dientes tendrá mayor abrasión, que si todos estuvieran presentes

- c) El grado de abrasión puede estar influenciado por los hábitos individuales. Por tanto, en la medida de lo posible hay que revisar la oclusión y detectar los signos de esos hábitos
  - d) La malposición de los dientes individuales o maloclusión puede tener efectos negativos en la altura gingival, por tanto hay que examinarla antes de extraer el diente
2. Obtener preferiblemente dientes anteriores intactos, sin caries, lesiones traumáticas y tratamientos odontológicos. Si existe caries, tratar que esta no tenga una profundidad superior a 1 o 1,5 mm; si hay obturaciones, que no sobrepasen la misma profundidad, y el diámetro no sea superior a los 2 mm
  3. Extraer en lo posible varios dientes del maxilar o mandíbula, o de ambas
  4. Extraer el diente con cuidado, utilizando fórceps dental protegido con un cauchito
  5. Colocar el diente en una solución de formaldehído al 10%
  6. Determinar y marcar la altura de la inserción gingival; también del grado de desgaste
  7. Examinar el diente a través de lupa para establecer si se perdió el ápice o si la superficie del diente se ha dañado
  8. En la medida de las posibilidades, hacer una copia de la pieza a estudiar
  9. Hacer un corte sagital de 0,1 mm a 0,25 mm, mediante pulido de sus superficies mesial y distal
  10. Al efectuar el corte, examinar la extensión de la zona de transparencia de la dentina radicular cuando el grosor alcance 1 mm, o menos
  11. Después de finalizado el pulido por desgaste de la sección, se deshidrata en alcohol y se pega con bálsamo canadiense en la laminilla
  12. En lo posible, fotografiar la sección delgada
  13. Examinar en microscopio los criterios a evaluar: abrasión, dentina secundaria, cemento secundario, resorción y transparencia radicular. Finalmente, obtenga el promedio de todos los valores
  14. Compare los valores con la tabla 8 (para hombres) y tabla 9 (para mujeres)
  15. Después de un intervalo de tiempo dado, efectuar una segunda observación y promedie los valores obtenidos en las dos observaciones



**Tabla 8** Predicción de las edades en hombres (según Kilian & Vlcek 1989)

puntos total	edad	puntos total	edad	puntos total	edad	puntos total	edad
3,2	15,0	6,6	37,4	10,0	48,5	13,4	65,6
3,4	15,9	6,8	38,1	10,2	49,4	13,6	66,7
3,6	16,9	7,0	38,8	10,4	50,3	13,8	67,9
3,8	17,8	7,2	39,3	10,6	51,2	14,0	69,1
4,0	18,7	7,4	39,6	10,8	52,1	14,2	70,3
4,2	20,8	7,6	39,9	11,0	53,1	14,4	71,5
4,4	22,8	7,8	40,1	11,2	54,0	14,6	72,7
4,6	24,6	8,0	40,7	11,4	55,0	14,8	74,0
4,8	26,4	8,2	41,4	11,6	56,0	15,0	75,2
5,0	28,0	8,4	42,1	11,8	57,0	15,2	76,5
5,2	29,6	8,6	42,9	12,0	58,0	15,4	77,8
5,4	31,0	8,8	43,6	12,2	59,0	15,6	79,1
5,6	32,3	9,0	44,4	12,4	60,1	15,8	80,5
5,8	33,6	9,2	45,2	12,6	61,2	16,0	81,8
6,0	34,7	9,4	46,0	12,8	62,2	16,2	83,2
6,2	35,7	9,6	46,8	13,0	63,3	16,4	84,5
6,4	36,6	9,8	47,7	13,2	64,5		

**Tabla 9** Predicción de las edades en mujeres (según Kilian & Vlcek 1989)

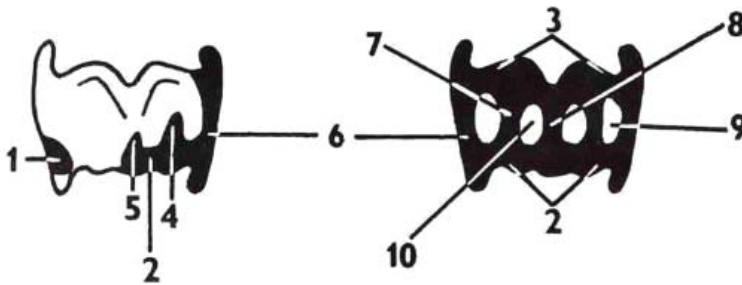
puntos total	edad	puntos total	edad	puntos total	edad	puntos total	edad
2,4	15,2	5,6	34,4	8,8	53,2	12,0	71,4
2,6	16,5	5,8	35,6	9,0	54,3	12,2	72,5
2,8	17,7	6,0	36,8	9,2	55,5	12,4	73,6
3,0	18,9	6,2	38,0	9,4	56,6	12,6	74,7
3,2	20,1	6,4	39,2	9,6	57,8	12,8	75,9
3,4	21,3	6,6	40,3	9,8	58,9	13,0	77,0
3,6	22,5	6,8	41,5	10,0	60,0	13,2	78,1
3,8	23,7	7,0	42,7	10,2	61,2	13,4	79,2
4,0	24,9	7,2	43,9	10,4	62,3	13,6	80,3
4,2	26,1	7,4	45,0	10,6	63,5	13,8	81,4
4,4	27,3	7,6	46,2	10,8	64,6	14,0	82,5
4,6	28,5	7,8	47,4	11,0	65,7	14,2	83,6
4,8	29,7	8,0	48,5	11,2	66,9	14,4	84,7
5,0	30,9	8,2	49,7	11,4	68,0		
5,2	32,1	8,4	50,8	11,6	69,1		
5,4	33,3	8,6	52,0	11,8	70,2		

### 1.3. Cambios en el poscráneo

La determinación de la edad con base en huesos poscraneales sin el apoyo, que supone la información procedente de las suturas craneales o los cambios dentales, no resulta siempre fácil. Pero la mayoría de las partes torácicas contiene indicadores para la estimación de la edad, además las características de innominado brindan aportes más valiosos.

#### 1.3.1. Osificación del cartílago tiroides

Aunque el cartílago tiroides es poco reconocido para restos óseos de exhumaciones forenses o arqueológicas, es considerado un apropiado segmento para el estudio de la metamorfosis de la edad a partir de su osificación. Vlcek (1980) reconoce 10 elementos en su observación (ver figura 9, comparar Loth & Iscan 1989):



**Fig. 9** Elementos observados en el cartílago tiroides 1) triángulo posteroinferior; 2) rama inferior (caudal); 3) rama superior (craneal); 4) proceso paramediano 5) proceso medio; 6) barra lateral; 7) barra paramediana; 8) barra media; 9) ventana posterior; 10) ventana anterior (por Loth & Iscan 1989).

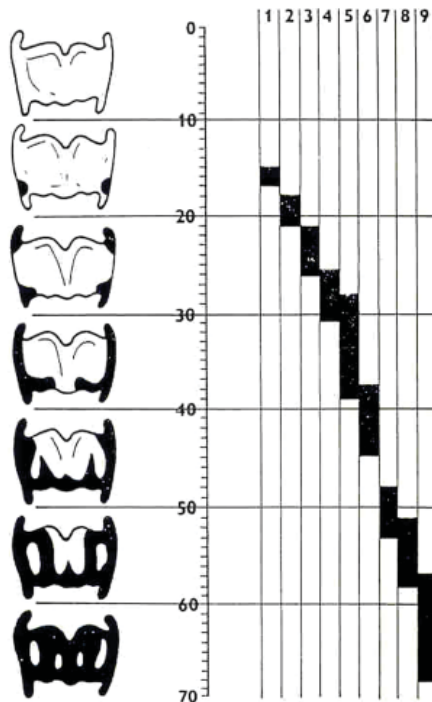
Basado en estos diez elementos se estableció las siguientes fases de osificación (ver figura 10):

- Fase 1:** (15-17 años) aparecen los primeros centros de osificación en la porción inferior de la futura barra lateral
- Fase 2:** (18-21 años) se fusionan los centros de osificación de la base del cuerno inferior o de sus puntas y los del tubérculo tiroides inferior, para conformar el denominado triángulo posteroinferior
- Fase 3:** (21-26 años) osificación del cuerno inferior
- Fase 4:** (25,5-31 años) osificación del cuerno superior
- Fase 5:** (28-39 años) osificación de la rama inferior; en la cuarta década ambos lados de la rama inferior se fusionan en la línea media





- Fase 6:** (37,5-45 años) osificación del proceso paramediano y desarrollo de la barra paramediana
- Fase 7:** (48-53,5 años) desarrollo de la ventana posterior y formación del proceso medio
- Fase 8:** (51-58 años) osificación de la rama superior y crecimiento del proceso medio en una barra que se fusiona con la rama superior
- Fase 9:** (57-68 años) formación de la ventana anterior y finalización de la osificación de ambas láminas



**Fig. 10** Cronograma de la osificación de cartílago tiroides por Vlcek (por Leopold & Schaefer 1998)

A pesar de que Vlcek describió esta metamorfosis del cartílago tiroides solamente para el sexo masculino, Cerny (1983) aconseja aplicar a ambos sexos en las dos fases iniciales; después de los 50 años, la estimación de la edad se dificulta y se hace necesario sustraer un factor de corrección equivalente al error medio para cada intervalo de edad (Loth & Iscan 1989). O'Halloran & Lundy (1987) presentaron otra evaluación de este método.

### 1.3.2. Metamorfosis del fin esternal de la clavícula

Este método observa las modificaciones, que se dan en los fines esternales de la clavícula, es decir en la faceta articular esternal. En 1977 el europeo Szilvassy propuso una metodología para investigar la osificación que tiene lugar en adultos menores entre los 18 y 30 años. Según el autor se puede determinar las siguientes etapas de la metamorfosis en la faceta articular esternal (ver figura 11):

- Etapas:**
- Etapas 1:** (18 – 20 años) granulación significativa con grietas hasta 2 mm del borde
  - Etapas 2:** (21 – 25 años) desaparece la estructura granulada, la superficie está más lisa y muestra una cresta marcada de 1 - 2 mm en el borde
  - Etapas 3:** (26 – 30 años) la superficie está totalmente lisa y la cresta del borde desaparece



**Fig. 11** Etapas del cambio en la clavícula (por Szilvassy 1988)

Otros autores sugirieron diferentes edades para la osificación esternal de la clavícula; por ejemplo Todd & D'Errico (1928) señalaron el inicio de la osificación con 21-22 años y la fusión completa con 25 años con un rango de dos años. Krogman (1962) y Tanner (1962) informaron sobre el fin de la osificación a los 25 – 28 años de edad mientras Knussmann (1968) publicó para la misma etapa la edad de solamente 24 años. Según los estudios de McKern & Stewart (1957) en base de 374 personas fallecidas en la guerra en Corea, la osificación inicia con 23 años y termina con 31 años. Mismos autores publicaron adicionalmente las etapas de la fusión para mujeres (ver tabla 10).

**Tabla 10** Etapas de fusión en la clavícula de mujeres por McKern & Stewart 1985 (según Loth & Iscan 1989)

etapa de fusión	latinas y caucasoides	negroides
no fusionado sin epífisis	< 19	< 19
no fusionado con partes de epífisis	18 - 21	18 – 19
fusión parcial	17 – 27	16 – 33
fusión completa (100%)	22 - 28	20 – 34



En sus estudios sobre la clavícula, Webb & Suchey (1985) analizaron 605 individuos masculinos y 254 femeninos, señalando que la fusión completa de las mujeres en el grupo de las negroides se retrasa por 3 años (34 años). Al final ellas determinaron las mismas edades para la fusión completa (31 años) en varones como McKern & Stewart (ver arriba).

**Tabla 11** Estimación de la edad basada en la osificación de los fines esternales de la clavícula (según Bass 1987)

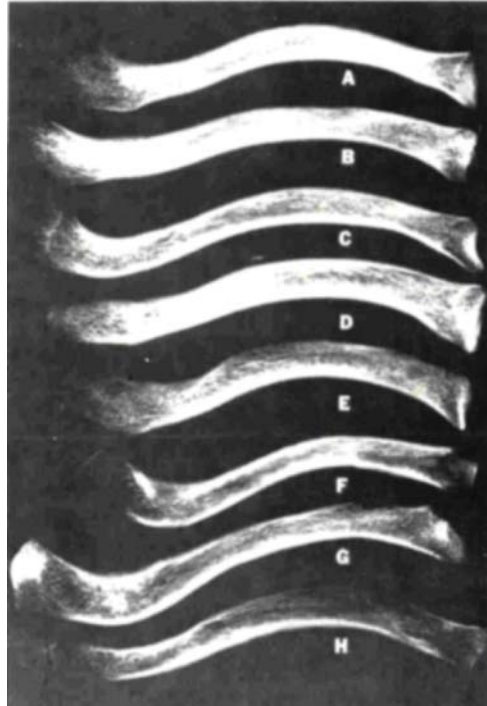
fusión	varones	mujeres
no fusionado	< 25	< 23
fusión parcial	17 – 30	16 – 33
fusión completa	> 21	> 20

### 1.3.2.1. Observaciones radiográficas en la clavícula

A pesar de su utilización práctica desde la introducción de aparatos radiográficos y de existir excelentes estudios auxológicos, el radiografiado se usa con menos frecuencia en la determinación de la edad, pues requiere de un entrenamiento especializado para interpretar las placas radiográficas. Además, existen dificultades en la estandarización de los filmes y los costos que implica la obtención y utilización del equipo técnico (comparar Krogman & Iscan 1986, Sorg et al 1989, Walker & Lovejoy 1985). Walker & Lovejoy (1985) encontraron en un estudio comparativo de varios huesos de 103 individuos analizados, que la clavícula representa el mejor hueso para la estimación de la edad, sin importar el sexo. Sobre eso, el método es aplicable en casos en que los restos se encuentren fragmentados e incompletos. Los autores determinaron las siguientes fases (comparar Rodríguez Cuenca 1994, ver figura 12):

- Fase I:** (18-24 años) la capa posterior es prominente y gruesa; la cavidad medular está completamente llena de trabéculas densas que se caracterizan por una granulosidad fina, densamente empacadas y que tienden a alinearse en capas paralelas. La capa posterior es de grano fino, pero no necesariamente denso. Las metáfisis esternal y lateral están llenas de trabéculas finamente granuladas
- Fase II:** (25-29 años) esta fase es similar a la anterior, pero con leve evacuación de metáfisis. La capa posterior muestra poco cambio. Hay una ligera tosquedad en las trabéculas medulares. La capa anterior muestra ligero incremento de la trabeculación. No se observa incremento de la traslucidez
- Fase III:** (30-34 años) continua la evacuación de metáfisis, la cual contiene menos trabéculas y menos granulosas. Hay un ligero adelgazamiento de la capa posterior, aunque sin ondulación. La cavidad medular continua rellena aunque con aspecto denso; el patrón laminar es menos evidente (ver fase I)

- 
- Fase IV:** (35-39 años) existe una significativa reducción de la capa posterior, especialmente en las extremidades esternal y lateral. Continúa la evacuación de la metáfisis; las trabéculas adquieren un aspecto tosco. Se observa poco o ningún patrón laminar en el hueso. Hay un incremento significativo en traslucidez
- Fase V:** (40-44 años) la metáfisis esternal y lateral puede contener solamente trabéculas toscas; las trabéculas de la cavidad medular tienen un aspecto definido tosco. Es evidente el adelgazamiento de la capa posterior de las epífisis esternal y lateral y un significativo adelgazamiento de la capa anterior con evidente trabeculación. En general, se aprecia un ensanchamiento del lumen medular
- Fase VI:** (45-49 años) fase VI es una continuación de las tendencias de la fase V, pero ligeramente aceleradas. Es posible un sobrevejecimiento; un incremento general en la traslucidez indica pérdida sistemática de tejido óseo
- Fase VII:** (50-54 años) el rasgo distintivo lo constituyen las trabéculas muy toscas; hay una pérdida significativa de hueso pero sin evacuación del lumen central medular; la corteza se reduce en todos los puntos
- Fase VIII:** (> 55 años) es difícil distinguir la fase VIII de la fase anterior (VII) a causa de la variación biológica en la tasa individual de pérdida ósea. La seriación sigue los mismos criterios anteriores; a mayor edad mayor traslucidez y trabeculación. Generalmente existe una gran reducción tanto a nivel cortical como trabecular, que son muy toscas o ausentes. Puede faltar una significativa trabeculación en la metáfisis esternal y lateral. La trabeculación cortical de la capa anterior puede ser extrema. Hay una marcada ondulación cortical a lo largo de la cavidad medular



**Fig. 12** Estándares de la seriación de la clavícula; A) fase I; B) fase II; C) fase III; D) fase IV; E) fase V; F) fase VI; G) fase VII; H) fase VIII (por Sorg et al. 1989)

Reisinger et al. (2001) presentaron evaluaciones de la aplicación de métodos radiográficos.

### 1.3.3. Metamorfosis de los fines esternales de las costillas

Estudios osteológicos, histológicos y también radiográficos han demostrado, que los extremos esternales de las costillas muestran cambios relacionados al proceso de envejecimiento. En los métodos macroscópicos, las costillas esternales por su posición y función constituyen un sitio particular excelente para la observación de la metamorfosis durante la vida del individuo. La unión costocondral se localiza en un lugar relativamente estable, poco sujeto a efectos de locomoción, embarazo, parto o peso de una persona. Iscan et al. (1984, 1985a, b) establecieron un sistema de la evaluación de la cuarta costilla para la estimación de la edad con base en autopsias de 118 individuos masculinos caucosoides entre 17 y más que 70 años de edad.

Para la determinación de los cambios se observa en la cuarta costilla el extremo esternal, enfocando en los tres componentes:

- Profundidad de la hondonada
- Forma de la hondonada y
- Configuración del borde y de las paredes

En lo sucesivo se describe cada componente al respecto de su metamorfosis (Steele & Bramblett 2000):

### Componente 1: Profundidad de la hondonada

**Fase 0:** Plana hasta poco convexa, ninguna profundidad

**Fase 1:** Formación de la hondonada con profundidades de 1,1 – 2,5 mm

**Fase 2:** Profundidades de 2,5 – 4,5 mm

**Fase 3:** Profundidades de 4,6 – 7,0 mm

**Fase 4:** Profundidades de 7,1 – 10,0 mm

**Fase 5:** Profundidades > 10,1 mm

Tabla 12 Fases y edades correspondientes al componente 1 (según Steele & Bramblett 2000)

profundidad de la hondonada		
fase	promedio	rango
1	20,3	17 – 25
2	30,7	18 - 64
3	40,9	21 – 67
4	55,0	32 – 36
5	57,5	44 – 70

### Componente 2: Forma de la hondonada

**Fase 0:** No formación de la hondonada, superficie plana u ondulada

**Fase 1:** Hondonada baja y amorfa presente

**Fase 2:** Hondonada en forma de una V con paredes gruesas

**Fase 3:** Hondonada en forma de una U con paredes menos gruesas

**Fase 4:** Hondonada en forma de una U ancha con paredes delgadas

**Fase 5:** Hondonada en forma de una U ancha, débil con poca textura



**Tabla 13** Fases y edades correspondientes al componente 2 (según Steele & Bramblett 2000)

forma de la hondonada		
fase	promedio	rango
1	17,3	17 – 18
2	22,8	18 – 30
3	30,5	19 – 66
4	47,1	26 – 67
5	61,6	44 – 85

### Componente 3: Configuración del borde y de las paredes

**Fase 0:** Ninguna formación de paredes

**Fase 1:** Inicio de las paredes con borde grueso, liso y regular

**Fase 2:** Paredes gruesas y lisas visibles con bordes ondulados

**Fase 3:** Transición al estado más irregular. Las paredes son más delgadas y los bordes perdieron su carácter ondulado

**Fase 4:** Borde afilado e irregular con proyecciones óseas frecuentes en los márgenes caudales y craneales. Las paredes están más delgadas y muestran deterioros

**Fase 5:** La textura de la pared es muy débil y porosa, a veces con ventanas. El margen está afilado, muy irregular y con proyecciones óseas

**Tabla 14** Fases y edades correspondientes al componente 3 (según Steele & Bramblett 2000)

configuración del borde y paredes		
fase	promedio	rango
1	17,8	17 – 20
2	24,1	18 – 31
3	34,3	21 – 66
4	49,5	32 – 71
5	58,2	43 – 76

**Tabla 15** Sumario de los componentes de los fines esternales de la cuarta costilla (según Steele & Bramblett 2000)

sumario de los componentes		
fase	promedio	rango
3	17,0	17 – 17
4	19,0	18 – 20
5	22,5	18 – 25
6	23,1	18 – 30
7	24,9	19 – 31
8	27,0	21 – 36
9	37,8	24 – 66
10	47,1	30 – 64
11	48,5	41 – 67
12	47,6	32 – 67
13	56,0	44 – 71
14	63,5	52 – 76
15	57,5	44 - 70

Adicionalmente Loth & Iscan (1989) publicaron un esquema descriptivo de los cambios de la cuarta costilla. Según la metamorfosis observada, en la profundidad de la articulación costal, la forma, la configuración del borde y paredes y la condición total de la misma, Iscan et al. propusieron nueve fases diferentes desde 0 hasta 8 en los dos sexos (ver figura 13).

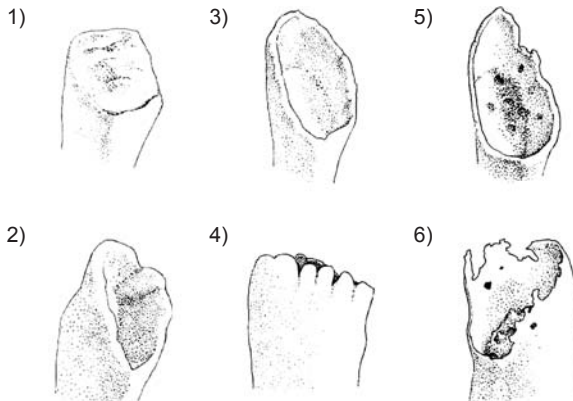
### Observaciones de la metamorfosis de las costillas en varones

- Fase 0:** La superficie articular está plana y prominente con bordes simétricos alrededor. El hueso mismo está liso y sólido
- Fase 1:** Todavía el hueso está liso y sólido; la superficie está prominente, aunque se puede encontrar muescas en la faceta articular. El borde está redondeado y simétrico. A veces aparecen modificaciones en forma de arcos en los bordes
- Fase 2:** La hondonada está más profunda y parece como una V por los bordes anterior y posterior. Las paredes están gruesas y lisas con grietas onduladas o en forma de arcos con bordes redondeados
- Fase 3:** La hondonada ya está profundizada y tiene una forma estrecha a moderada de una U. Las paredes están gruesas con bordes redondeados. Unas formas de arcos permanecen pero en general las grietas parecen más irregulares. Todavía el hueso parece liso y sólido
- Fase 4:** La profundidad de la hondonada crece mientras la forma queda estrecha hasta moderada ancha, como una U. Las paredes están más delgadas con bordes redondeados. El borde está irregular sin muestra de arcos persistentes. El hueso pierde peso y estabilidad, aunque la calidad general no cambia





- Fase 5:** Poca profundización en la hondonada que tiene una forma de una U moderada y ancha. Las paredes están más delgadas mientras los bordes están afilados. En el borde hay más irregularidad con proyecciones óseas irregulares. La consistencia del hueso todavía esta buena, aunque son observables algunos signos de deterioro, como porosidades o disminución de la densidad
- Fase 6:** La hondonada está muy profunda con forma de una U ancha. Las paredes están delgadas con bordes afilados. El borde está irregular con proyecciones óseas largas, frecuentemente más pronunciadas en los bordes inferior y superior. El hueso aparece ligero, más delgado y poroso, especialmente dentro de la hondonada
- Fase 7:** La hondonada está bastante profunda con forma de una U muy ancha. Las paredes están débiles con bordes con proyecciones óseas afiladas e irregulares. El hueso está ligero y débil con significativo deterioro de la calidad y porosidad
- Fase 8:** La hondonada en este fase final está muy profunda y en forma de U muy ancha. A veces falta el suelo de la hondonada. Las paredes están muy delgadas y débiles, con bordes irregulares afilados y con proyecciones óseas. El hueso esta demasiado débil, poroso, ligero y delgado. A veces se observan ventanas en las paredes



**Fig.13** Esquema de los cambios en tercera hasta quinta costilla; 1) fase 0; 2) fase 2-3; 3) fase 4; 4) fase 5; 5) fase 6-7; 6) fase 8 (por Schwartz 1995)

### Observaciones de la metamorfosis de las costillas en mujeres

**Fase 0:** La superficie articular está casi plana u ondulada con grietas. En los bordes existe un exceso de estructura ósea. El borde está regular y redondeado el hueso mismo está liso y muy sólido

- Fase 1:** Se observa una muesca amorfa en la superficie articular donde persisten olas y grietas. El borde está redondeado. Solamente pocas veces el borde parece ondulado. El hueso está liso y sólido
- Fase 2:** La hondonada está más profunda y aparece como una V entre las paredes anterior y posterior. Las paredes están gruesas y lisas. Unas grietas o convexidades persisten dentro de la hondonada. El borde está ondulado e inicia su redondeado
- Fase 3:** La hondonada se profundiza un poco, pero la forma de una V está más ancha, a veces formando una U estrecha. Las paredes están más delgadas con bordes redondeados que muestran una ondulación pronunciada. En esta etapa los bordes anterior y posterior posiblemente inician de un arco semicircular central. La costilla parece sólida
- Fase 4:** La profundidad de la hondonada crece y la forma se modifica hasta verse como una V ancha o una U estrecha. Las paredes están más delgadas con bordes redondeados. Todavía persisten olas bajas y no pronunciadas en la superficie a lo largo del arco central. La calidad del hueso es buena pero la densidad y dureza disminuyen
- Fase 5:** La hondonada queda en el mismo nivel pero las paredes están más delgadas y la forma de la profundidad es más una U o V ancha. Frecuentemente hay una deposición lisa, dura (como plaqué) dentro de la hondonada. Los bordes parecen más afilados, más irregulares, pero en el arco central está la proyección más prominente. El hueso parece mucho más ligero y la textura está débil
- Fase 6:** La hondonada se profundiza más y su forma de una V o U esta más ancha porque sus extremos se extienden. La deposición probablemente aparece en forma más áspera y porosa. Las paredes están delgadas con bordes afilados e irregulares. El arco central está menos prominente y frecuentemente puntos afilados proyectan del borde de la extremidad esternal. El hueso mismo está débil y delgado con signos de deterioro
- Fase 7:** En esta etapa la hondonada con forma de una U ancha no muestra profundización sino disminución, porque dentro de la profundidad crece hueso irregularmente. El arco central todavía está presente, acompañado por proyecciones en los bordes superior e interior. Las paredes están muy delgadas y los bordes irregulares están afilados. El hueso parece muy ligero, delgado y débil con deterioro dentro de la hondonada
- Fase 8:** El suelo de la hondonada, que tiene una forma de una U ancha, está delgado, erosionado o completamente destruido. A veces la profundidad se llena por crecimiento de hueso. El arco central casi no está presente. Las paredes están muy frágiles y delgadas y tienen bordes irregulares y afilados. También se pueden encontrar proyecciones óseas en los bordes inferior y superior. A veces se forman ventanas en las paredes. El hueso está en mala condición, delgado, ligero y débil



Tabla 16 contiene las correlaciones entre el estado de la metamorfosis de los fines esternales de la cuarta costilla con la edad, y tabla 17 resume la descripción de la superficie, contorno de la superficie, canto del borde y contorno del borde al respecto de las etapas.

**Tabla 16** Correlación entre edad y metamorfosis de los fines esternales de las costillas (según Iscan et al. 1985)

estado	0a-c	1a-c	2a-c	3a-c	4a-c	5a-c	6a-c	7a-c	8a-c
varones	<16	17-19	20-23	24-28	26-32	33-42	43-55	54-64	65 +
mujeres	< 13	14-15	16-19	20-24	24-32	33-46	43-58	59-71	70 +

**Tabla 17** Metamorfosis de los fines esternales de las costillas (según Byers 2001)

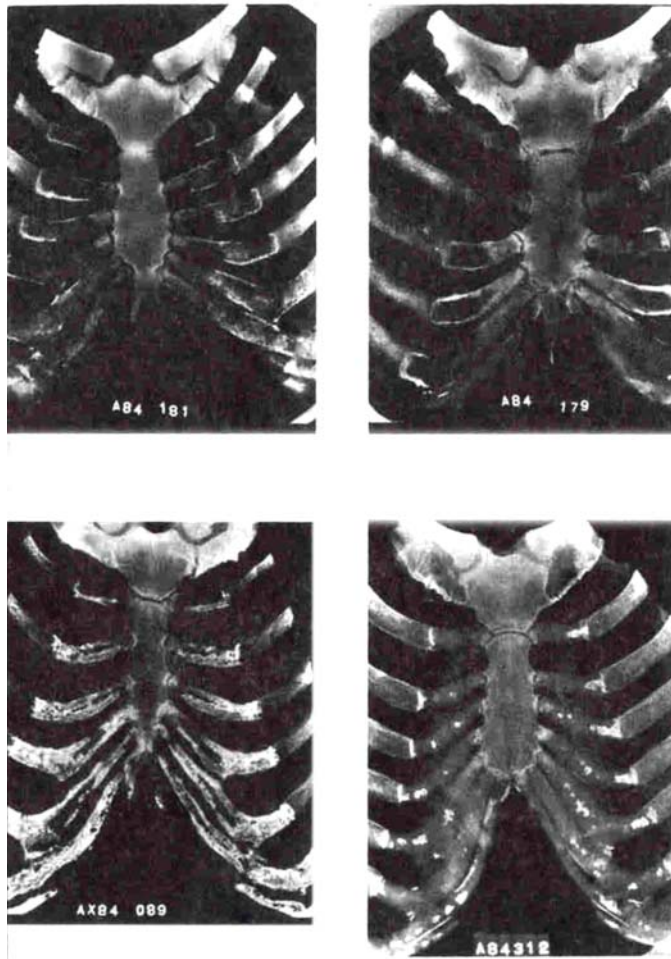
rango	superficie	contorno de la superficie	canto del borde	contorno del borde
< 19	lisa	plano / profundo con ondulación	redondeado	regular a poco ondulado
20 – 29	lisa	profundo, forma de V o U	redondeado	ondulado a irregular
30 – 39	más porosa	forma de V o U	afilado	irregular
40 – 49	más porosa	forma de U ancha	afilado	irregular con proyecciones
50 – 59	débil y más porosa	más profundo, forma de U	afilado	irregular con proyecciones
60 – 69	más débil y más porosa	más profundo, forma de U	afilado	irregular con proyecciones
> 70	deterioración	forma de U	afilado con paredes finas	irregular con proyecciones, a veces ventanas

Indudablemente la metamorfosis de la cuarta costilla brinda aportes significativos para la determinación de la edad, pero a causa de la preservación precaria del área específica de la costilla, sea la tercera, cuarta o quinta en restos óseos enterrados, su aplicación en los casos forenses o históricos se manifiesta definitivamente limitada.

### 1.3.3.1. Observaciones radiográficas en las costillas

McCormick (1980) reportó, que la mineralización del cartílago costal sirve como indicador de edad biológica. El autor dividió los grados de mineralización en cinco etapas, desde invisible (0) hasta muy fuerte (4+) en base de radiografías (ver figura 14). Es rara una mineralización de los cartílagos en edades menores de 20 años. Además, la mineralización progresa más rápido en hombres que en mujeres, e inicia

en las costillas 6, 7, y 8. Con la edad de 25 años todos los pacientes analizados mostraron un cierto grado de mineralización. Antes de la edad de 40 años es rara una mineralización moderada descritas por las etapas 2+ y 3+; y es inusual después de los 60 años. La mineralización densa (etapas 3 y 4+) es común a partir de los 55 años. El autor también encontró formas de mineralización moderada (1-2, 5+) en individuos de 50 años y raramente en edades mayores (80 años).



**Fig. 14** Placas radiográficas de pacientes masculinos (arriba) de 31 años (A84-181) y 64 años (A84 179) y femeninas (abajo) de 64 años (AX84 089) y de 69 años (A84 312) (por Bass 1986)



### 1.3.4. Modificación en las vértebras

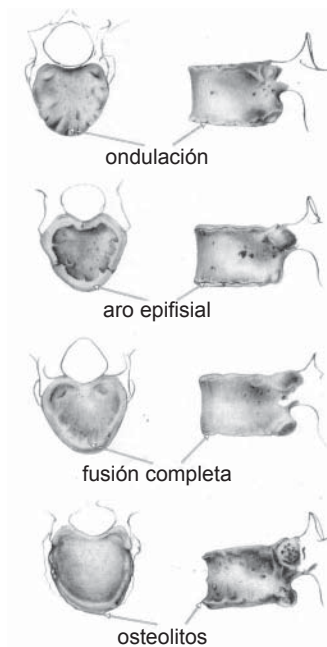
Tal como ocurre con todas las partes del esqueleto, las vértebras también se modifican con el tiempo. En este sentido Albert & Maples (1995) analizaron la fusión del aro epifisial del cuerpo de las vértebras (ver figura 15). Además ellos observaron las modificaciones causadas por cambios óseo-artríticos en los bordes de las vértebras (osteofitosis) que ocurren a partir de los 30 años. A continuación se presenta la descripción de las etapas correspondientes:

**Etapla 1:** (<16 años) aro epifisial ausente. Los bordes del cuerpo vertebral tienen ondulaciones homogéneas

**Etapla 2:** (16 – 20 años) aro epifisial fusionando. Se puede observar una línea de fusión en vista lateral

**Etapla 3:** (20 – 29 años) fusión del aro epifisial está completa y procesos degenerativos de la osteoartritis son visibles. El hueso parece liso y sólido

**Etapla 4:** (>30 años) en los cuerpos de las vértebras aparecen procesos de osteoartritis. El hueso parece con más porosidad y en los bordes se presentan osteofitos



**Fig. 15** Cambios en los cuerpos vertebrales; desde etapa 1 (arriba) hasta etapa 4 (abajo) (modificado, por Burns 1999)

Aunque la metamorfosis de las vértebras solamente da una aproximación a la edad biológica, éste método tiene sus ventajas; primero en la presentación dentro del inventario óseo del material a analizar, y segundo en su aplicación sencilla.

### 1.3.5. Cambios en la pelvis

La pelvis, coxal o innominado (siguiendo la terminología anglo-americana) es compuesta por el ilion en su parte superior, el isquion postero-inferior o dorsal y el pubis anterior o ventral. Es un excelente foco para la estimación de la edad debido a las siguientes cualidades (Rodríguez Cuenca 1994):

- 1) La aparición de los centros ilíaco e isquiático está correlacionada con la pubertad y la adolescencia temprana
- 2) La fusión de los centros está correlacionada con la edad adulta temprana
- 3) La sínfisis púbica se correlaciona con el vigor alcanzado en las décadas tercera, cuarta y quinta de la vida de los individuos

Además, esos períodos corresponden aproximadamente con la metamorfosis en otras partes del cuerpo

- 4) Con el codo y posiblemente la obliteración de la sutura esfeno-basilar
- 5) Con la muñeca, el hombro, la rodilla y la terminación esternal de la clavícula
- 6) Está también correlacionada, aunque en menor medida con el cierre sutural.

A continuación se describen los métodos para la estimación de la edad, basados en el análisis de la faceta auricular del ilion (capítulo 1.3.5.1.) y de la sínfisis púbica (capítulo 1.3.5.2.).

#### 1.3.5.1. Metamorfosis de la faceta auricular

La región sacroilíaca en su superficie articular del ilion y sacro evidencia pocas diferencias sexuales hasta la pubertad, a partir de la cual se acentúa el proceso de anquilosamiento en las mujeres por la acción de embarazos, partos y la locomoción, más que en otras regiones del cuerpo. La mayoría de criterios existentes para el diagnóstico de la edad en adultos tiene sus limitaciones y son casi inaplicables en individuos mayores de 50 años. Los estudios realizados por Lovejoy y colaboradores (1985) en las colecciones óseas de Todd (Cleveland Museum of Natural History) y Libben (Kent State University), como también en varios casos forenses concretos del Cuyahoga County Coroners's Office, evidencian que existe una fuerte correlación entre la edad y la metamorfosis de la superficie auricular del ilion, con la gran ventaja que la conservación de esta articulación es mayor que otras partes del cuerpo por estar bien protegida y por tanto, se puede apreciar en especímenes incinerados y mayores de 50 años de edad (Buikstra & Ubelaker 1994, Ubelaker 1999, Rodríguez Cuenca 1994).



Exceptuando el acentuado desarrollo del surco preauricular en los individuos femeninos, la metamorfosis de la superficie auricular del ilion no observa diferencias pronunciadas sexuales. Si esta situación se presenta, entonces la correlación del desarrollo del margen preauricular y el ápice con la edad del individuo, como lo sugieren los autores, debe ser acentuado y por tanto, no se puede despreciar cuando se estima la edad (Krogman & Iscan 1986).

Para la observación se analiza las modificaciones de los siguientes criterios:

**Superficie auricular:** representa el área del hueso subcondral que forma la porción ilíaca de la articulación sacroilíaca. No se tiene en cuenta la porción sacra de la misma articulación

**Semicaras:** la forma de la superficie auricular típica se asemeja a un bumerang, con el ápice en la unión de la superficie con la terminación posterior de la línea arqueada, delimitando la semicara superior. La respectiva semicara inferior se ubica debajo de esta área

**Ápice:** descrito como el área de contacto de la superficie articular con la terminación posterior de la línea arqueada

**Área retroauricular:** es el área general posterior a la superficie auricular, en donde se insertan los ligamentos lumbosacral y sacroilíaco

**Porosidad:** son perforaciones del tejido subcondral de la superficie auricular; no se debe confundir con la erosión surgida posmortem ni con las consecuencias de patologías como la osteopenia e hiperostosis. La microporosidad se define como pequeñas y finas perforaciones; por su parte, la macroporosidad es menos regular, más grande, con perforaciones ovales que oscilan entre 1 a 10 mm de diámetro

**Granulosidad:** se refiere a la apariencia tosca de la superficie con relación a su fina estructura original. Una superficie sumamente granulosa se asemeja a la del papel de lija fino

**Ondulado:** tiene en cuenta la presencia o inexistencia de aristas transversas. El ondulado varía entre una superficie de rasgos regulares grandes hasta unas aristas de grano fino apenas visibles

**Densidad:** se refiere a la apariencia y no a la cantidad de hueso presente. Una superficie densa es aquella cuyo hueso subcondral aparece compacto, suave, y muestra una significativa ausencia de granulosidad

Los intervalos de edad de acuerdo a estos rasgos generales propuestos por Lovejoy et al. (1985) son los siguientes:

**Fase I:** (20-24 años) la superficie luce una textura granular fina y una acentuada organización transversal. No hay actividad retroauricular, ni apical ni porosidad. La superficie exhibe un ondulado ancho y bien definido dispuesto transversalmente, cubriendo la mayor parte de la misma



- Fase II:** (25-29 años) no se observan cambios sustanciales con relación a la fase anterior. El ondulado empieza a perderse y es reemplazado por estrías. No hay actividad apical, ni retroauricular ni porosidad. El granulado es ligeramente más tosco. La superficie continua siendo joven en apariencia debido a la acentuada disposición transversal
- Fase III:** (30-34 años) ambas semicaras continúan en reposo con alguna pérdida de la organización transversal. El ondulado se reduce y es reemplazado por estrías definitivas. La superficie es más áspera y más granular que en las fases anteriores, sin que se aprecien cambios significativos en el ápice. Pueden aparecer pequeñas áreas de microporosidad y ligera actividad retroauricular. En general el granulado áspero precede y reemplaza al ondulado
- Fase IV:** (35-39 años) ambas semicaras se tornan ásperas y uniformemente granuladas; se reducen significativamente el ondulado y las estrías, aunque estas últimas pueden persistir. La organización transversal continua presente, pero poco definida. Se observa alguna actividad retroauricular, pero usualmente es ligera. Los cambios en el ápice son mínimos; la microporosidad es ligera y la macroporosidad está ausente. Período inicial de la granulosis uniforme
- Fase V:** (40-44 años) no se aprecia ondulado y las estrías pueden estar presentes, aunque muy vagamente definidas. La superficie es aún parcialmente granular, con significativa pérdida de organización transversal. Se presentan zonas de densificación, que pueden estar presentes en islotes por la pérdida de granulosis. Hay una ligera actividad retroauricular acompañada de macroporosidad ocasional, aunque esta última no es típica. Se aprecian ligeros cambios en el ápice; se incrementa la microporosidad dependiendo del grado de densificación. El rasgo distintivo de esta fase es la transición de una superficie granular a una densa
- Fase VI:** (45-49 años) se aprecia pérdida significativa de granulosis, que es reemplazada por tejido denso. No se evidencia ondulamiento ni estrías ni organización transversal. Los cambios en el ápice son ligeros o moderados pero ya observables. La microporosidad se pierde total o parcialmente como consecuencia de la densificación de la superficie. Se incrementa la irregularidad de los bordes acompañada de moderada actividad retroauricular y poca o ninguna macroporosidad
- Fase VII:** (50-59 años) como rasgo distintivo resalta la irregularidad de la superficie. La semicara inferior presenta labiación en su porción detrás del cuerpo del coxal. Los cambios apicales son invariables o acentuados. Se incrementa la irregularidad de los bordes. La macroporosidad puede estar presente en algunos casos pero no es un requisito. La actividad retroauricular puede ser moderada o acentuada





**Fase VIII:** (>60 años) superficie no granular, irregular, con signos evidentes de destrucción subcondral. Se pierden definitivamente todos los rasgos de las fases jóvenes: el ondulado, la organización transversal, las estrías y la granulosidad. La macroporosidad está presente casi en la tercera parte de los casos. La actividad apical generalmente es acentuada pero no es requisito para esta categoría de edad. Los bordes se tornan irregulares y con labiación. La superficie retroauricular se define muy bien a través de osteofitos de relieve bajo o moderado

Para facilitar la utilización del sistema de Lovejoy et al. (1985), tabla 18 contiene los estados de la observación con relación a la edad.

**Tabla 18** Sistema de la estimación de la edad según Lovejoy et al. (1985)

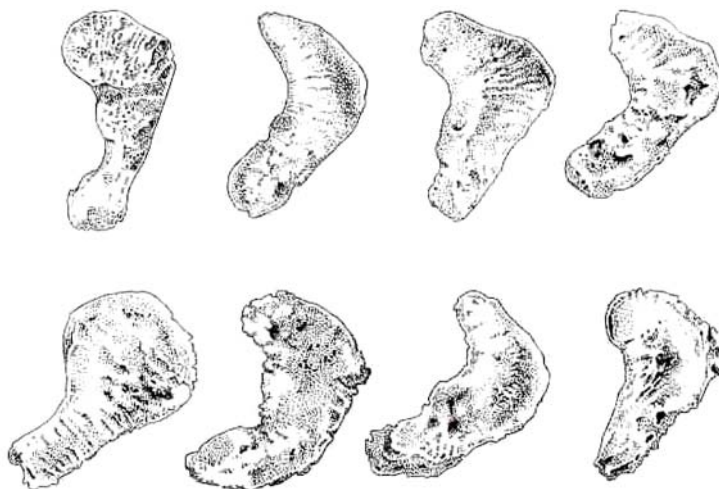
estado	1	2	3	4	5	6	7	8
edad	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-59	60 +

Como resumen se establecen los siguientes cambios para cada fase mencionada, que también están resumidas en tabla 19 y figura 16:

- 20-24 años: Ondulación con granulación fina
- 25-29 años: Reducción de la ondulación, pero retención de aparición joven
- 30-34 años: Pérdida de ondulación, sustitución por estrías y distinta granulación grueso
- 35-39 años: Granulación gruesa uniforme
- 40-44 años: Transición de granulación gruesa hasta una superficie densa
- 45-49 años: Término de densificación con ausencia completa de granulación
- 50-59 años: Superficie irregular, de topografía áspera y actividades moderadas hasta pronunciadas en el área periauricular
- 60 y más años: Destrucción en la superficie con labios marginales, macroporosidad; irregularidad avanzada y actividades fuertes en al área periauricular

**Tabla 19** Metamorfosis de la faceta auricular (según Byers 2001)

rango	organización transversal	granulación	actividad apical	actividad	porosidad
20 – 24	ondulación	muy fina	ninguna	ninguna	ninguna
25 – 29	inicio de sustitución de ondulación por estrías	grano fino más grueso	ninguna	ninguna	ninguna
30 – 34	menos ondulación, más estrías	de grano grueso	ninguna	a veces poca	unas micro
35 – 39	reducción fuerte de ondulación y estrías	de grano grueso uniforme	poca	poca	unas micro
40 – 44	ninguna ondulación, estrías vagas	transición de granulación más densa	poca	poca hasta moderada	micro, a veces macro
45 – 49	ninguna	hueso denso	poca hasta moderada	moderada	micro, macro
50 – 60	ninguna superficie irregular	hueso denso	pronunciada	moderada a pronunciada	macro presente
> 60	ninguna	destrucción del hueso	pronunciada	pronunciada con osteofitos	macro



**Fig. 16** Metamorfosis de la faceta auricular; arriba: etapas 1 hasta 5; abajo: etapas 6 hasta 10 (por Schwartz 1995)



### 1.3.5.2. Metamorfosis de la sínfisis púbica

Desde su introducción en 1920 por T.W. Todd la sínfisis púbica configura el rasgo anatómico más utilizado en la estimación de la edad en base de restos óseos, tanto en casos arqueológicos como forenses. El grado de protección, que permite la conservación de la sínfisis púbica en huesos bajo tierra, la claridad en la apreciación de su metamorfosis y su propia conformación, que la convierten en una especie de epífisis ósea hacen que esta porción de la pelvis posea una gran popularidad en los estudios forenses y arqueológicos. No obstante, el mismo Todd advirtió sobre las imprecisiones en la aplicación de este sistema de evaluación de la edad, sugiriendo que es más preciso para los intervalos entre 20 a 40 años y por tanto se debe utilizar con precaución y nunca como único criterio de edad. Al aplicarse con otros criterios de todo el esqueleto, puede brindar un margen de error de aproximadamente dos a tres años; cercano a los cinco años si se emplea solamente la pelvis (Rodríguez Cuenca 1994, 2004).

Estudios posteriores han evidenciado las fallas y las dificultades en la utilización del sistema de 10 fases introducido por Todd (Krogman & Iscan 1986, Meindl et al. 1985, Brooks & Suchey 1990). Así, Brooks (1955) encontró una sobrestimación de la edad especialmente en la tercera (20-30 años) y cuarta (30-40 años) década. Como resultado, Brooks modificó los límites de las edades de Todd proponiendo una disminución de las fases V-VIII en tres años. McKern & Stewart (1957) percibieron dificultades en la aplicación del método en material óseo de personal militar muerto en la guerra de Corea. Por tal razón, desarrollaron un sistema de tres componentes: dorsal, ventral, borde sinfisial. Sin embargo, éste último presenta dificultades por haber sido diseñado exclusivamente para material caucasoide masculino y joven, además, que no fue verificado en poblaciones de edad conocida. Gilbert & McKern (1973) diseñaron un modelo de tres componentes para series femeninas. Suchey (1979) y Hanihara & Suzuki (1978) encontraron imprecisiones al realizar pruebas de verificación, particularmente entre los 20-40 años de edad (Rodríguez Cuenca 1994). Finalmente, al aplicar el método de seriación o selección de series de fases típicas de cada estado en la metamorfosis cronológica de una superficie, y el sistema de 10 fases de Todd, Meindl et al. (1985) demostraron su gran aplicabilidad una vez introducidas ciertas modificaciones. Los mayores errores se evidencian en edades superiores, particularmente en virtud de la variación individual a partir de la cuarta década (30-40 años). Aunque no se conocen los efectos del componente racial o sexual, el margen de error a juzgar se incrementa en las categorías superiores del sexo femenino (Rodríguez Cuenca 2004).

Generalmente la sínfisis púbica cambia en una manera distinta y sigue modificándose según las siguientes etapas:

- Superficie convexa con grietas horizontales, sin borde o división en las ramas inferior o superior del pubis
- Superficie pierde su relieve e inicio de la construcción de bordes
- Superficie lisa alrededor con bordes
- Superficie cóncava, con bordes alrededor y signos de artrosis

---

Otros cambios que se observan en la sínfisis púbica son:

- Surcos montañosos de la faceta bajan desde fisuras estructuradas hasta cóncavo
- Aparición de rampa ventral
- Aparición de anillo o aro en la rampa ventral que circula la facetas con pronunciación inferior
- Destrucción en el medio de la superficie

## I. Sistema por Todd

Todd (1920) empezó con la investigación estructurada de la faceta sinfisial del pubis y estudió una colección de esqueletos pertenecientes a 306 individuos masculinos caucasoides de edad conocida en donde más del 85% eran mayores de 30 años. El estableció diez etapas entre las edades de 18 a 50 y más, que parecen posteriormente demasiado detallados y por eso poco practicable. Pero se sugirió, que los mismos estados son extensibles a negroides masculinos y caucasoides femeninos, aunque con una diferencia de dos a tres años con relación a los caucasoides masculinos (Steele & Bramblett 2000, Rodríguez Cuenca 1994).

En lo sucesivo se describen las fases de la metamorfosis de la sínfisis púbica (ver también figura 17 y tabla 20)

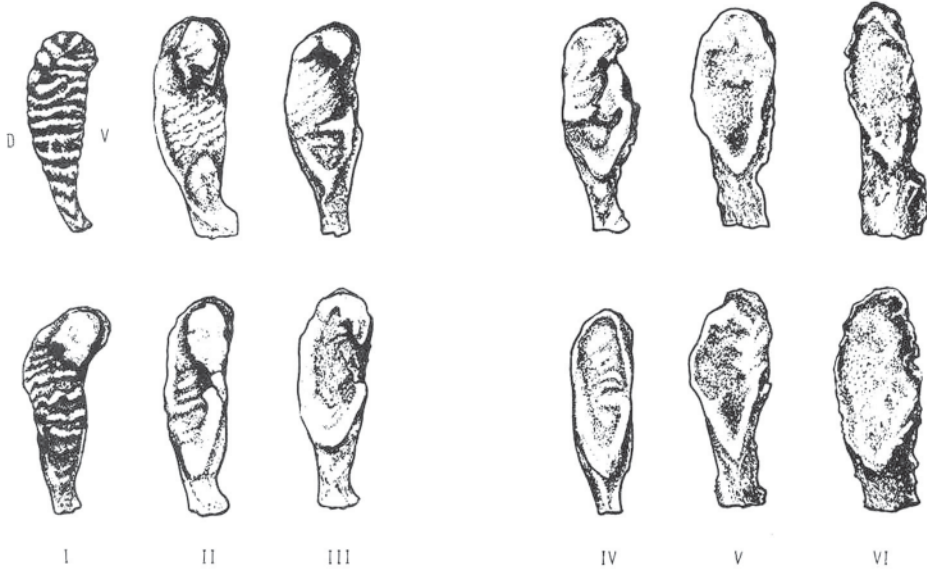
**Fase I postadolescente:** (18-19 años) la superficie sinfisial se caracteriza por ser ondulada, cubierta de crestas transversales separadas por surcos bien definidos; no se observan nódulos de osificación adheridos a la superficie, ni márgenes ni extremidades definidas

**Fase II postadolescente:** (20-21 años) la superficie sinfisial continua siendo ondulada, cubierta de crestas transversales, pero los surcos comienzan a rellenarse cerca del límite dorsal, con formación de tejido óseo nuevo de textura fina. Esta formación inicia a enrarecer el contorno de las extremidades posteriores de las crestas horizontales. Los nódulos de osificación se pueden fusionar con la cara sinfisial superior. El borde dorsal delimitador inicia su desarrollo sin que afecte las extremidades. Se configura el biselado ventral

**Fase III postadolescente:** (22-24 años) la cara sinfisial exhibe una progresiva obliteración del sistema de crestas y surcos. Se inicia la formación del plano dorsal; hay presencia de nódulos de osificación epifisial. El borde dorsal se va definiendo gradualmente. Se pronuncia aceleradamente el biselado como consecuencia de la pérdida de densidad ventral; no hay delimitación de las extremidades



- Fase IV:** (25-26 años) se aprecia un incremento del angulamiento (biselado) ventral, correspondiendo a una disminución en la formación de crestas y surcos. Se completa la definición del reborde dorsal mediante la formación del plano dorsal. Se inicia la delimitación de la extremidad inferior
- Fase V:** (27-30 años) se aprecia poco o ningún cambio en la cara sinfisial y en el plano dorsal exceptuando algunos intentos esporádicos y prematuros en la formación de la rampa ventral. Se incrementa la claridad en la definición de la extremidad inferior como del reborde dorsal. Se inicia la formación de la extremidad superior con o sin intervención de nódulos óseos epifisiales
- Fase VI:** (30-35 años) se incrementa la definición de las extremidades; se desarrolla y prácticamente se completa la rampa ventral. Hay retención de la apariencia granular de la cara sinfisial y del aspecto ventral del pubis. También se aprecia ausencia de labiación del borde sinfisial
- Fase VII:** (35-39 años) se evidencian cambios en la cara sinfisial y en el aspecto ventral del pubis; concomitantes a la disminución de su actividad. Aparecen excrescencias óseas en las áreas de inserción de tendones y ligamentos, particularmente del tendón gráciles y el ligamento sacro-tuberoso
- Fase VIII:** (39-44 años) la cara sinfisial es generalmente suave e inactiva, al igual que la superficie ventral. El contorno oval se completa total o casi totalmente; las extremidades están claramente definidas. No se distingue el aro de la cara sinfisial ni se evidencia labiación marcada de los bordes dorsal y ventral
- Fase IX:** (45-50 años) se caracteriza por la formación de un aro más o menos marcado. El borde dorsal está uniformemente labiado, mientras que el ventral se observa de una manera irregular
- Fase X:** (> 50 años) la cara sinfisial se torna erosionada y muestra signos de osificación errática. El borde ventral es más o menos discontinuó. Con la edad se incrementa la desfiguración de la cara



**Fig. 17** Cambios en la faceta auricular según el sistema de Todd (por Buikstra & Ubelaker 1994)

**Tabla 20** Edades correspondientes según las etapas del sistema por Todd (1920)

estado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
edad	18-19	20-21	22-24	25-26	27-30	30-35	35-39	39-44	45-50	50 +

Un año después de su publicación inicial, Todd (1921) estableció la técnica para determinar la edad en mujeres fundamentado en la superficie sinfisial. Las etapas observadas son las siguientes:

**Fase I:** La superficie sinfisial se caracteriza por ser ondulada, cubierta de crestas transversales separadas por surcos bien definidos. No hay ninguna distinción entre las grietas superior e inferior y toda la muestra se ve más delicada que en los hombres. No se observan nódulos de osificación adheridos a la superficie, ni márgenes ni extremidades definidas



- Fase II:** La superficie sinfisial continua siendo ondulada. Las grietas horizontales se llenan cerca de su límite dorsal con nuevo material de textura fina. Los nódulos epifisiales de osificación se fusionan con la cara sinfisial superior. El borde dorsal delimitador inicia su desarrollo, sin que afecte las extremidades. Se configura el biselado ventral
- Fase III:** La cara sinfisial exhibe una progresiva obliteración del sistema de crestas y surcos. Se inicia la formación del plano dorsal. Posible presencia de nódulos de osificación. El borde dorsal se va definiendo con excrescencias afiladas. Se pronuncia aceleradamente el biselado ventral. No hay delimitación de las extremidades
- Fase IV:** Se aprecia un incremento del angulamiento (biselado) ventral, correspondiendo a una disminución en la formación de crestas y surcos. Se completa la definición del reborde dorsal mediante la formación del plano dorsal. Se inicia la delimitación de la extremidad inferior
- Fase V:** Se aprecia poco o ningún cambio en la cara sinfisial y en el plano dorsal, exceptuando algunos intentos esporádicos y prematuros en la formación de la rampa ventral. Se incrementa la claridad en la definición de la extremidad inferior como del reborde dorsal. Se inicia la formación de la extremidad superior con o sin intervención de nódulos óseos epifisiales
- Fase VI:** Se incrementa la definición de las extremidades; se desarrolla y prácticamente se completa la rampa ventral. Hay retención de la apariencia granular de la cara sinfisial. Ausencia del aspecto ventral del pubis conectando a la rampa ventral para la transformación a una superficie compacta. Por eso, la rampa ventral parece más o menos débil. Retención del perfil del borde dorsal y del sistema de surcos y crestas. También se aprecia ausencia de labiación del borde ventral y no incrementa la labiación en el borde dorsal
- Fase VII:** Se evidencian pocos cambios en la cara sinfisial y en el aspecto ventral del pubis concomitantes a la disminución de su actividad. No hay una formación de un borde sinfisial ni osificaciones de inserción de tendones y ligamentos
- Fase VIII:** La cara sinfisial es generalmente suave e inactiva al igual que el aspecto ventral. El contorno oval se completa totalmente. Las extremidades están claramente definidas. No se distingue el aro de la cara sinfisial ni se evidencia labiación del borde ventral, ni labiación marcada del borde dorsal. Se osifican inserciones de tendones y ligamentos, especialmente del tendón gráciles y el ligamento sacro-tuberoso
- Fase IX:** Se caracteriza por la formación de un aro más o menos marcado. No labiación del borde ventral ni más labiación del borde dorsal. No se observa erosión secundaria
- Fase X:** Borde ventral erosionado y continua hasta la superficie sinfisial. Ninguna evidencia de más labiación. A veces, solamente hay poca desfiguración de la cara

## II. Sistema por McKern & Stewart

En el año 1957, McKern & Stewart publicaron sus resultados sobre la investigación de la faceta sinfisial basado en 349 caucasoides del sexo masculino, que fallecieron en la guerra en Corea; más del 85% de ellos tuvieron menos de 30 años. Los autores identificaron nueve detalles morfológicos de la sínfisis púbica propuestos (Steele & Bramblett 2000, Rodríguez Cuenca 1994).

- 1) Crestas y surcos
- 2) Borde dorsal
- 3) Declive ventral
- 4) Extremidad inferior
- 5) Nódulo de osificación superior
- 6) Extremidad superior
- 7) Rampa ventral
- 8) Plano dorsal
- 9) Aro sinfisial

Dichos autores establecieron que las crestas y sus surcos delimitadores están divididos a su vez por una cresta o surco longitudinal, que dibuja dos mitades, denominadas semicara dorsal y semicara ventral. Por tanto, la obliteración de las crestas y surcos no se consideran un rasgo independiente. Además, los rasgos 4 y 2, 6 y 3, y 5 y 7 están relacionados entre sí, formando pares, y todos estos seis rasgos pueden ser incluidos en la descripción de las dos semicaras. Igualmente los detalles 2 y 8, 3 y 7, se relacionan en pares y forman parte del complejo de semicaras. Finalmente, el rasgo 9, el aro sinfisial, se considera rasgo diferente (Krogman & Iscan 1986). Como resultado de esta revisión, McKern y Stewart propusieron una combinación de tres componentes principales (ver figura 18) con cinco expresiones del desarrollo (Rodríguez Cuenca 2004).

### Componente I: Rampa dorsal

**Fase 0:** Ausencia del borde dorsal

**Fase 1:** Aparición de un ligero margen en el tercio medio del borde dorsal

**Fase 2:** Margen dorsal se extiende a lo largo de todo el borde dorsal

**Fase 3:** Crestas se rellenan y se observa reabsorción de los surcos hasta formar un plano ("plateau") inicial en el tercio medio de la semicara dorsal

**Fase 4:** Plano aún exhibe vestigios de ondulado y se extiende en la mayor parte sobre la semicara dorsal

**Fase 5:** Desaparición completamente del ondulado y la superficie de toda la semicara se aplana y se torna de una textura ligeramente granular





## Componente II: Rampa ventral

**Fase 0:** Ausencia del biselado ventral

**Fase 1:** Biselado ventral está presente solamente en el borde ventral superior

**Fase 2:** Biselado se extiende inferiormente a lo largo del borde ventral

**Fase 3:** Rampa ventral se inicia a instancias de las extensiones óseas de una o ambas extremidades

**Fase 4:** Rampa se extiende, aunque quedan vacíos aún evidentes a lo largo del borde ventral inicial, pero más evidente en los dos tercios superiores

**Fase 5:** Se completa la rampa

## Componente III: Reborde o aro sinfisial

**Fase 0:** Ausencia del aro sinfisial

**Fase 1:** Aro sinfisial se presenta parcialmente, generalmente en el extremo superior del margen dorsal; es redondeado y suave en textura y ubicado por encima de la superficie sinfisial

**Fase 2:** Reborde dorsal se completa y el ventral se empieza a conformar. No existe un sitio particular de inicio

**Fase 3:** Se completa el reborde sinfisial. La superficie sinfisial abarcada es finamente granulada en textura e irregular u ondulada en apariencia

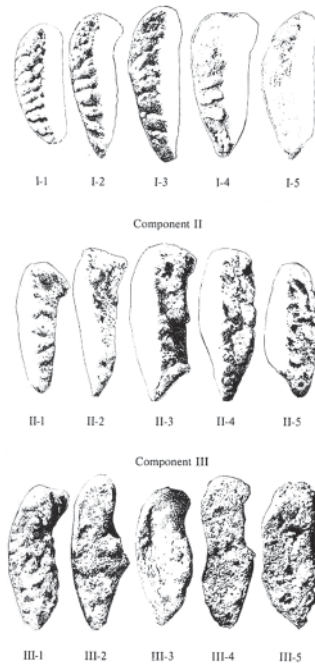
**Fase 4:** Aro comienza a descontinuarse, la cara se torna suave y aplanada y el aro ya no es redondeado aunque agudamente definido. Hay alguna evidencia de labiación en el borde ventral

**Fase 5:** Se continua el rompimiento del aro, especialmente a lo largo del borde ventral superior. La cara sinfisial pierde densidad. La osificación se descompone y se torna errática a lo largo del aro ventral

Tabla 21 contiene las edades correspondientes al desarrollo de los componentes.

**Tabla 21** Edades correlacionadas con el desarrollo de la sínfisis púbica (según Brothwell 1981)

componente	0	1	2	3	4	5
I	17-18	18-21	18-21	18-24	19-29	23+
II	17-22	19-23	19-24	21-28	22-33	24+
III	17-24	21-28	24-32	24-39	29+	38+



**Fig. 18** Cambios en la faceta auricular según el sistema de McKern & Stewart (por Brothwell 1987)

Para la determinación de la edad, McKern & Stewart combinaron los valores de los tres componentes por adición, que resulta en una suma entre 0 y 15 (ver tabla 22).

**Tabla 22** Rangos de edades según las etapas de la sínfisis púbica (según Steele & Bramblett 2000)

sumatoria	promedio de edad	rango de edad
0	17,29	< 17
1-2	19,04	17-20
3	19,79	18-21
4-5	20,84	18-23
6-7	22,42	20-24
8-9	24,14	22-28
10	26,05	23-28
11-13	29,18	23-39
14	35,84	> 29
15	41,00	> 36



Krogman (1962) definió esta metodología como la más confiable para estimación de la edad en individuos adultos.

### III. Sistema por Gilbert & McKern

Gilbert & McKern (1973) sugirieron, que las diferencias en la metamorfosis de la sínfisis púbica eran más acentuadas que las indicadas por Todd (Ubelaker 1999). Al aplicar la fórmula de Todd en 103 individuos femeninos de edad conocida, los investigadores establecieron, que los estándares masculinos sobrestiman la edad de la muestra femenina. Además, las fases son diferentes al utilizar distintas partes de la sínfisis. Así, las mujeres de la misma edad aparentan 10 años más jóvenes al aplicar la rampa ventral y 10 años mayores al utilizar el plano dorsal. Por tal razón, Gilbert y McKern emplearon los mismos tres componentes de McKern & Stewart, cada uno con seis expresiones de desarrollo (ver figura 19) que están descritas en adelante (Rodríguez Cuenca 1994):

#### Componente I: Semicara dorsal

- Fase 0:** Las crestas y surcos son bien evidentes; las primeras están onduladas y el borde dorsal es indefinido
- Fase 1:** Las crestas empiezan a aplanarse, los surcos a rellenarse; se inicia un borde dorsal aplanado en el tercio medio de la semicara
- Fase 2:** La semicara dorsal se extiende ventralmente, se hace ancha y continua el aplanamiento; el margen dorsal se extiende en sentido superior e inferior
- Fase 3:** La semicara dorsal es bastante suave; el margen puede ser angosto o no diferenciarse de la cara
- Fase 4:** La semicara es completa y continua; es ancha y de un grano muy fino; puede exhibir vestigios de ondulación
- Fase 5:** La semicara se llena de hoyuelos y se torna irregular por la pérdida de densidad

#### Componente II: Rampa ventral

- Fase 0:** Las crestas y surcos son evidentes. Toda la semicara está angulada hacia la semicara dorsal
- Fase 1:** Los surcos de la semicara ventral empiezan a rellenarse en sentido inferior, formando una rampa angulada expandida, cuyo borde lateral es distinguible. La línea curva se extiende a lo largo de la sínfisis
- Fase 2:** Continúa el relleno de los surcos y la expansión de la semicara, tanto de la extremidad superior e inferior. La rampa se extiende lateralmente a lo largo del borde ventral.
- Fase 3:** Casi cerca de un tercio de la semicara ventral se ha rellenado de tejido óseo granular

**Fase 4:** La rampa ventral presenta una superficie granular fina, ancha, completa, desde la cresta púbica hasta la rama inferior

**Fase 5:** La rampa ventral puede empezar a descomponerse, adoptando una apariencia muy ahuecada y probablemente esponjosa, como consecuencia de la pérdida de densidad

### Componente III: Aro sinfisial

**Fase 0:** El aro está ausente

**Fase 1:** El aro o reborde se inicia en el tercio medio de la superficie dorsal

**Fase 2:** Se completa la parte dorsal del aro sinfisial

**Fase 3:** El aro se extiende desde las extremidades superior e inferior de la sínfisis, hasta que se completa casi un tercio del aspecto ventral

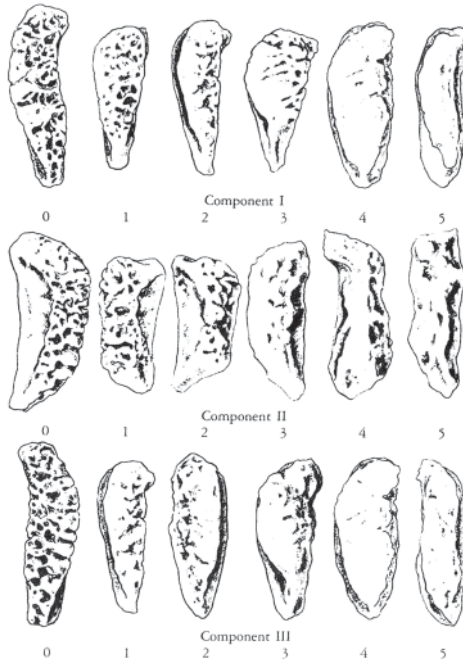
**Fase 4:** Se completa el aro sinfisial

**Fase 5:** Se puede descomponer el margen ventral de la semicara dorsal, formando interrupciones en el reborde, o este puede redondearse de tal manera que ya no existe una clara línea divisoria entre la semicara dorsal y la rampa ventral

Tabla 23 contiene las edades correspondientes al desarrollo de cada componente, mientras tabla 24 refleja la sumatoria de la metodología establecida por Gilbert & McKern.

**Tabla 23** Rango de edades para el método por Gilbert & McKern (según Brothwell 1981)

componente	0	1	2	3	4	5
I	14-24	13-25	18-40	22-40	28-59	33-59
II	13-22	16-40	18-40	27-57	21-58	36-59
III	13-25	18-34	22-40	22-57	21-58	36-59



**Fig. 19** Cambios en la faceta auricular según el sistema de Gilbert & McKern (por Bass 1986)

**Tabla 24** Sumatoria de la metodología por Gilbert & McKern (según Steele & Bramblett 2000)

sumatoria	promedio	desviación	rango de edad
0	16,0	2,82	14-18
1	19,8	2,62	13-24
2	20,15	2,19	16-25
3	21,5	3,10	18-25
4-5	26,0	2,61	22-29
6	29,6	4,43	25-36
7-8	32,0	4,55	23-39
9	33,0	7,75	22-40
10-11	36,9	4,94	30-47
12	39,0	6,09	32-52
13	37,75	3,59	44-54
14-15	55,71	3,24	52-59

#### IV. Sistema por Meindl et al.

Meindl y colaboradores (1985) evaluaron y modificaron el sistema de Todd y establecieron las siguientes etapas de la metamorfosis de la sínfisis púbica (Buikstra & Ubelaker 1994, Rodríguez Cuenca 1994).

- Fase 1: Pre-epifisial** (I-IV de Todd, 20-29 años) es la fase modal del intervalo de 20-29 años de edad para ambos sexos. En la etapa inicial, esta fase se caracteriza por el ondulado bien marcado; hacia los 25 años se reduce sustancialmente, siendo visible de una manera moderada. Las semicaras de McKern & Stewart se forman hacia los 25 años; en especímenes aislados se pueden observar vestigios de ondulado en la quinta década. La formación activa de terraplén se inicia hacia los 24-37 años; los 25 años constituyen la edad mínima para distinguir el extremo inferior; la máxima hacia los 29 años. Entre los 21-30 años se aprecian nódulos de osificación con terraplén no asociado. Si el espécimen exhibe reducción del ondulado, un claro bisel ventral pero sin formación de terraplén, el individuo se ubica entre los 25-29 años
- Fase 2: Epifisial activa** (VI de Todd, 30-35 años) el evento modal de esta fase se caracteriza por la activa formación de la rampa ventral, brindando un aspecto de madurez a la sínfisis púbica, factor panorámico de esta edad
- Fase 3: Postepifisial** (VII de Todd, 36-40 años) resalta por la textura transicional, es decir, por los cambios en la cara sinfisial y en el borde ventral que puede variar entre una fosa granular irregular, hasta una granular fina o densa; es el evento modal del período comprendido entre 36-40 años. Sin embargo, en virtud de las excepciones a este proceso no se debe aceptar como un rasgo panorámico según advierten los autores del estudio. Por otra parte, aunque la formación de la rampa puede presentarse entre los 35-40 años, ésta se define completamente antes de los 35 años
- Fase 4: Predegenerativa y degenerativa** (VIII - X de Todd, más de 40 años) la decadencia del pubis como fuente indicativa de edad se señala por los cambios degenerativos que acompañan a la sínfisis púbica, y que incluye la obliteración, la fusión y el remodelado final de la superficie; comprendiendo además las cavidades dorso-sinfisiales y la fosita espiral. Aquí surgen serias dificultades para asociar adecuadamente estos cambios degenerativos con la edad; con el incremento de la edad, su diagnóstico se hace cada vez más difícil. Además, el tamaño del pubis juega también un papel importante: entre más amplia sea la superficie, mayor apariencia juvenil tendrá el espécimen; al contrario el pubis pequeño y grácil aparentará mayor edad. Los primeros cambios degenerativos toman lugar en el borde dorsal siendo quizá el área de mayor información, relacionada además por los cambios ocurridos durante el parto. La formación de hoyuelos en la superficie del



hueso puede estar acompañada de porosidad extendida o de erosión osteopénica; este último proceso se manifiesta solamente en mujeres con osteoporosis posmenopáusica.

En la siguiente tabla 25 se observa la correspondencia entre las fases establecidas por Meindl et al. con las fases de Todd, y tabla 26 contiene un resumen del sistema tratado:

**Tabla 25** Rango de edades para el método por Meindl et al (1985).

fase Meindl et al.	1	2	3	4
fase Todd	I-IV	VI	VII	VIII-X
edad	20-29	30-35	36-40	40 *

**Tabla 26** Metamorfosis de la sínfisis púbica por Meindl et al. (según Byers 2001)

rango	superficie	bordes		extremidades	
	sinfisial	ventral	dorsal	superior	inferior
< 20	surcos y grietas	no bisel	indefinido	indefinido	indefinido
10 – 25	surcos y grietas	no bisel	inicio de definición	indefinido	indefinido
26 – 29	reducción de surcos y grietas	bisel presente	plano completo	indefinido	definición parcial
30 – 35	granulación	rampa ventral completa	plano completo	formación inicia	formación continua
36 – 40	textura más fina	rampa ventral completa	plano completo	formación continua	formación continua
41 – 45	superficie lisa	rampa ventral completa	no labiación	formación completa	formación completa
46 – 50	alrededor una cresta	labiación irregular	labiación homogénea	formación completa	formación completa
> 50	erosión y osificación	erosión y osificación	erosión y osificación	erosión y osificación	erosión y osificación

## V. Sistema por Katz & Suchey

Katz & Suchey (1986) elaboraron unos estándares apropiados a una muestra de 739 individuos masculinos de edad conocida entre 14 y 92 años (Burns 1999). A continuación se presentan las fases según las autores (ver figura 20):

- Fase 1:** (15 – 23 años) temprano con superficie completamente ondulada; más tarde inicia la osificación de nodos cuando las grietas desaparecen lentamente
- Fase 2:** (19 – 35 años) nudos osificados, el borde dorsal esta formado e inicia la formación de la rampa ventral
- Fase 3:** (22 – 43 años) definición de los extremos superior e inferior de la superficie, la rampa ventral esta completa
- Fase 4:** (23 – 59 años) la superficie sinfival aparece más lisa y plana, el perfil oval esta casi formada
- Fase 5:** (28 – 78 años) aro sinfival pronunciado, el borde dorsal esta elevado y el borde ventral elevado irregularmente
- Fase 6:** (36 – 87 años) la rampa ventral se ha quebrado, la elevación de los bordes está irregular y la osificación está erosionada



**Fig. 20** Cambios en la faceta auricular según el sistema de Katz & Suchey (modificado, según Burns 1999)

Tabla 27 pone a disposición la comparación entre los sistemas de Todd y de Katz & Suchey.

**Tabla 27** Correlación entre los sistemas de Todd y Katz & Suchey (según Burns 1999)

Katz & Suchey	Todd	rango	edad
1	I, II, III	15 – 23	8
2	IV, V	19 – 35	16
3	VI	22 – 43	21
4	VII, VIII	23 – 59	36
5	IX	28 – 78	50
6	X	36 – 87	51



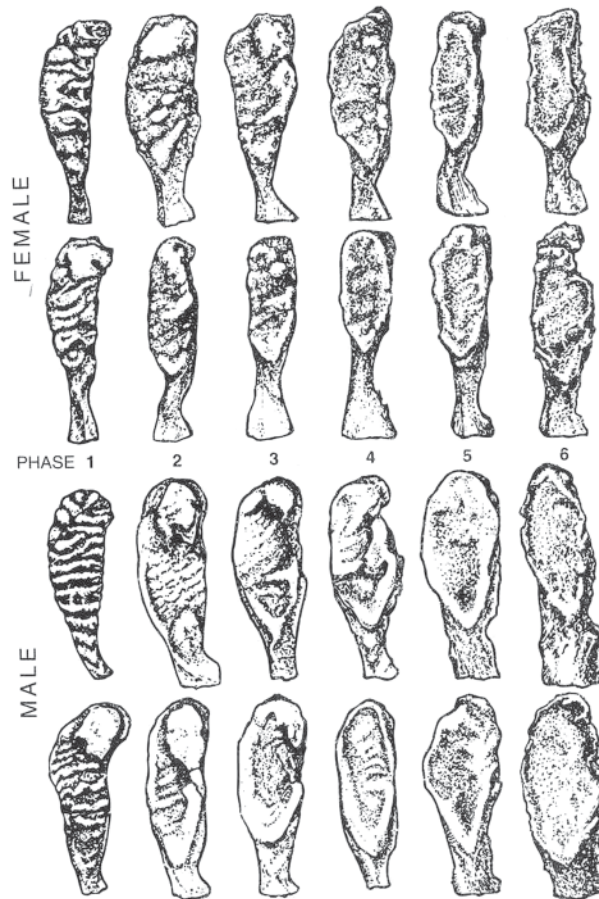


## VI. Sistema por Suchey & Brooks

Las descripciones siguientes definen el sistema elaborado por Suchey & Brooks (1990) para la estimación de la edad fundamentado en la morfología de la faceta sinfisial de 1225 huesos púbicos examinados en autopsias en Los Angeles, California, EEUU. Entre ellos 739 masculinos (84%) y 273 femeninos con un rango de edad entre 14 y 99 años, de diferente origen y estrato social. Mientras se puede aplicar las descripciones tanto para varones como para mujeres, se usa para la observación visualmente el esquema dado (comparar Rodríguez Cuenca 1994, ver figura 12).

- Fase I:** La superficie de la cara sinfisial es ondulada, cubierta de crestas y surcos que se extienden hasta incluir el tubérculo púbico. Las crestas horizontales están bien definidas y comienza a formarse el biselado (ángulo oblicuo) ventral. Aunque pueden presentarse nódulos de osificación en la extremidad superior, la clave para diferenciar esta fase es la ausencia de delimitación en ambos extremos (superior e inferior)
- Fase II:** La cara sinfisial aún puede presentar desarrollo de crestas. Comienza la delimitación de ambas (superior e inferior) extremidades que ocurre con o sin nódulos de osificación. La rampa ventral puede estar en sus fases iniciales como parte de la extensión de la actividad ósea en una o ambas extremidades
- Fase III:** El borde inferior de la cara sinfisial y la rampa ventral se encuentran en proceso de acabado. Puede continuarse la fusión de los nódulos de osificación que forman el borde superior y a lo largo del ventral. La cara sinfisial es suave o puede continuar exhibiendo crestas definidas. Se completa el plano dorsal, no se observa labiación del borde dorsal sinfisial ni excrescencias ligamentosas óseas
- Fase IV:** La cara sinfisial presenta habitualmente una granulosidad fina aunque persisten residuos de antiguas crestas y surcos. En este estado usualmente se completa el contorno oval, pero puede observarse una discontinuidad a nivel del borde ventral superior. El tubérculo púbico está completamente separado de la cara sinfisial por la definición del extremo superior; la superficie puede tener un borde definido. Ventralmente las excrescencias ligamentosas óseas pueden aparecer en la porción inferior del hueso púbico adyacente a la cara sinfisial. Si se llegase a presentar indicios de labiación éste será ligero y localizado en el borde dorsal
- Fase V:** El borde de la cara sinfisial se completa con la existencia de algunas ligeras depresiones de la misma superficie, relacionadas con el reborde. La labiación es moderada y generalmente se localiza en el borde dorsal con excrescencias ligamentosas más prominentes sobre el borde ventral
- Fase VI:** La cara sinfisial puede exhibir depresiones en la medida que se erosiona el reborde. Las inserciones ligamentosas ventrales son marcadas. En muchos individuos el tubérculo púbico aparece como una protuberancia ósea

independiente. La cara puede cavitarse o tornarse porosa, brindando una apariencia desfigurada con procesos de osificación errática. El aspecto de la superficie es con frecuencia irregular



**Fig. 21** Cambios en la faceta auricular según el sistema de Suchey & Brooks (por White 2000)

Cabe resaltar, que las fases III a VI conllevan una amplia variabilidad, lo que incide en los procesos de la estimación de la edad en casos forenses. Por tal razón es conveniente establecer los límites inferiores y superiores de la edad estimada; por ejemplo mayor de 40 años y menor de 50 años de edad (Rodríguez Cuenca 2004).



Como guía general las autoras establecieron los siguientes criterios:

- 1) La existencia de crestas y surcos profundos expresa una edad para masculinos y femeninos de 24 años ó menos.
- 2) La aparición de nódulos de osificación sin desarrollo del reborde ventral sugiere 30 ó menos años de edad
- 3) La ausencia de la rampa ventral acabada indica generalmente que el individuo tiene 40 ó menos años de edad

Tabla 28 incluye las edades correspondientes al desarrollo de la sínfisis púbica especificada para hombres y mujeres.

**Tabla 28** Sínfisis púbica por Suchey & Brooks (1990)

estado	femenino			masculino		
	promedio	d.s.	rango	promedio	d.s.	rango
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

#### 1.4. El método complejo

Elaborado por los antropólogos Acsádi & Nemeskéri (1970) este sistema se usa frecuentemente en Europa, pues se logra una estimación más exacta por la combinación de diferentes criterios. El método combina cuatro criterios craneales y poscraneales a saber:

- La faceta sinfisial del pubis
- La estructura esponjosa del húmero proximal
- La estructura esponjosa del fémur proximal
- La obliteración de las suturas endocraneales

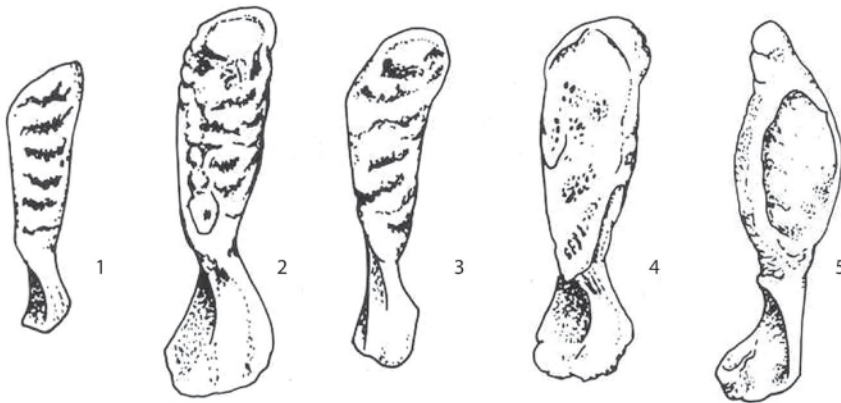
y evalúa las etapas de la modificación morfológica (Ferembach et al. 1980, Herrmann et al. 1990, Szilvassy 1988). A continuación se presentan los criterios a analizar.

##### **Criterio I: La faceta sinfisial del pubis** (ver figura 22)

Por los cambios causados por el embarazo, es poco recomendable para el análisis de mujeres mayores.

**Etapas 1:** La superficie está convexa y tiene crestas horizontales / transversales; el borde de la rama del pubis está liso

- Etapa 2:** La superficie ondulada está menos pronunciada y más baja; en los bordes ventral y dorsal, también en la rama del pubis se construye una cresta
- Etapa 3:** Solamente se conservan restos granulosos de la estructura horizontal; las crestas en los bordes ventral y dorsal continúan y además la superficie sinfisial se divide contra la rama del pubis
- Etapa 4:** La superficie está lisa y plana con crestas pronunciadas a lo largo de los bordes ventral y dorsal; el borde contra la rama inferior del pubis está construido por un ángulo agudo
- Etapa 5:** La superficie sinfisial parece lisa y por partes cóncava; también muestra porosidades; además hay una cresta entera alrededor de la faceta



**Fig. 22** Etapas de la sínfisis púbica por Acsádi & Nemeskéri (por Herrmann et al. 1990)

Las edades correspondientes a la expresión del criterio de la sínfisis púbica están presentadas en tabla 29.

**Tabla 29** Etapas de la sínfisis púbica por Acsádi & Nemeskéri (según Herrmann et al. 1990)

etapa	1	2	3	4	5
edad	18-45	23-59	25-76	24-81	41-86

Para la observación de los cambios esponjosos en el húmero y fémur (figura 23) se utiliza radiografías, tomografías computarizadas o en la manera tradicional, cortes verticales de huesos secos.



## Criterio II: La estructura esponjosa del húmero

- Etapa 1:** El extremo de la cavidad medular está debajo del cuello quirúrgico; los trabéculas muestran una forma radiante y en poca expresión un arco agudo
- Etapa 2:** La cavidad medular se extiende proximalmente; el extremo de la cavidad está ubicado a nivel del cuello quirúrgico o encima de él; los trabéculas se ahuecan y a veces se puede observar estructuras de arcos agudos
- Etapa 3:** El tope de la cavidad logra el nivel de la línea epifisial; el sistema de los trabéculas está en forma de arcos agudos; en el tubérculo mayor se ahueca la estructura esponjosa
- Etapa 4:** El tope de la cavidad está ubicado a nivel de la línea epifisial o encima de ésta; la estructura esponjosa muestra hoyos en el tubérculo mayor y las líneas de los tubérculos están interrumpidas en los dos lados
- Etapa 5:** En el tubérculo mayor existen lagunas de 2-3 mm diámetro; la cavidad se extiende proximalmente; además se observan discontinuidades en las líneas de la estructura esponjosa de la cueva
- Etapa 6:** En el tubérculo mayor existe una cavidad (< 5 mm), que puede extenderse hasta el cortical; la estructura esponjosa está casi eliminada y la cavidad medular puede extenderse hasta la cavidad del tubérculo mayor; la estructura compacta pierde sustancia en la diáfisis proximal

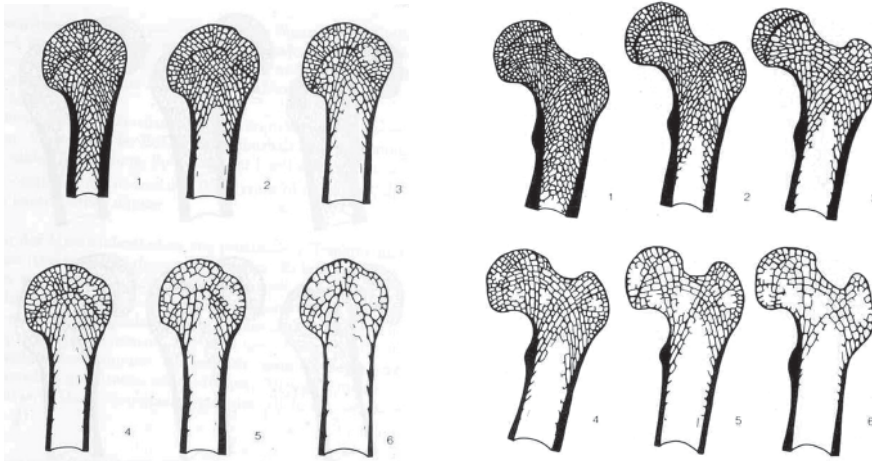


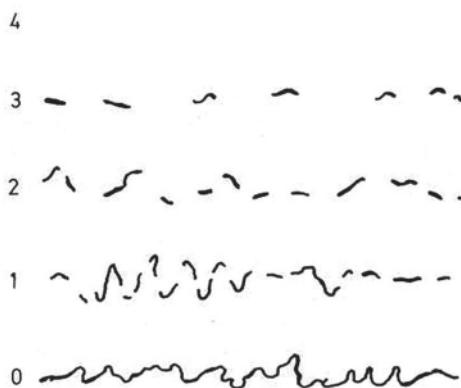
Fig. 23 Etapas del húmero y fémur por Acsádi & Nemeskéri (por Herrmann et al.1990)

**Criterio III: La estructura esponjosa del fémur**

- Etapa 1:** El tope de la cavidad medular está posicionado debajo del trocánter menor; las líneas de trayectoria están visibles
- Etapa 2:** La cavidad está debajo del nivel de trocánter menor o puede estarlo; se observa la disminución de la estructura esponjosa
- Etapa 3:** La cueva se extiende al borde superior del trocánter menor; la disminución de la estructura esponjosa es significativa en el cuello y también los trabéculas se ahuecan en el trocánter mayor
- Etapa 4:** La cavidad medular está ubicada encima del borde superior del trocánter menor; en el cuello existe un vacío de 5-10 mm diámetro y continúa la disminución de la estructura esponjosa
- Etapa 5:** En el cuello resiste solamente poca estructura trabecular; el trocánter mayor muestra lagunas de 3-5 mm diámetro y en la cabeza también se ahueca la estructura esponjosa
- Etapa 6:** Las cuevas en el cuello y en el trocánter menor se extienden de 5 – 10 mm diámetro; además la cueva del cuello se une con las otras; la estructura compacta de la diáfisis proximal se disminuye

**Criterio IV: La obliteración de las suturas endocraneales**

Para la investigación de las suturas se utiliza el esquema presentada por P. Broca (1861) con las 16 regiones definidas en la sutura sagital, coronal y lambda (ver capítulo 1.2.1.). Para la observación endocraneal del estado de obliteración de las áreas se emplea una linterna y se define las áreas definidas según su expresión (figura 24) y calcula el promedio de los valores de las observaciones.



**Fig. 24** Obliteración endocraneal por Acsádi & Nemeskéri; 0 = abierta; 1 = poco obliterado; 2 = obliteración mediana; 3 = obliteración casi completa; 4 = sutura cerrada (por Herrmann et al. 1990)



Para homogenizar las observaciones de la obliteración mediante el método complejo, se transforma los resultados obtenidos según tabla 30.

**Tabla 30** Reformulación del criterio de la obliteración endocraneal (según Szilvassy 1988)

etapa	obliteración
1	0,0 – 1,5
2	1,6 – 2,5
3	2,6 – 2,9
4	3,0 – 3,9
5	4

El método complejo funciona con una eficacia de 80 – 85 % en adultos con un rango de desviación de +/- 2,5 años. Para la estimación de la edad se busca en las tablas 31 y 32 los valores correspondientes. La faceta sínfisis funciona como la orientación general.

**Tabla 31** Promedio de la edad para el uso de los cuatro criterios (según Herrmann et al. 1990)

edad menor (sínfisis etapa 1 o 2)				
etapa	sínfisis	húmero	fémur	suturas
1	23	23	23	23
2	37	41	35	35
3	46	48	44	45
4	54	52	50	53
5	61	54	54	58
6	-	55	58	-

edad mediana (sínfisis etapa 3)				
etapa	sínfisis	húmero	fémur	suturas
1	32	41	33	30
2	44	51	44	44
3	52	57	52	53
4	60	59	58	60
5	67	61	63	63
6	-	62	67	-

**Cont. Tabla 31** Promedio de la edad para el uso de los cuatro criterios (según Herrmann et al. 1990)

<b>edad mayor (sífnfis etapa 4)</b>				
<b>etapa</b>	<b>sífnfis</b>	<b>húmero</b>	<b>fémur</b>	<b>suturas</b>
1	40	57	43	39
2	49	61	53	52
3	58	65	59	60
4	68	67	66	66
5	75	69	71	72
6	-	70	76	-

**Tabla 32** Rangos de edad usando solamente un criterio (según Herrmann et al. 1990)

<b>etapa</b>	<b>sífnfis</b>	<b>húmero</b>	<b>fémur</b>	<b>suturas</b>
1	23 – 40	23 – 60	23 - 40	23 - 40
2	35 – 55	30 – 60	35 – 55	30 – 60
3	40 - 60	40 – 70	40 – 60	30 – 60
4	50 – 70	40 – 70	50 – 70	40 – 80
5	60 – 80	50 - 80	50 – 75	40 - 80
6	-	50 – 80	76	-

Aunque se puede aplicar los criterios separados del método complejo, el conjunto de la observación brinda resultados más confiables. En una evaluación o reanálisis del método complejo Molleson & Cox (1993) encontraron solamente correlaciones bajas en rangos de edades de 5 años. Entonces, los autores dedujeron, que el método complejo tiene un error sistemático que se presenta en una subestimación de individuos ancianos (> 70 años) y en la sobrestimación de individuos debajo de 70 años.

### 1.5. Cambios de la estructura histológica

El análisis histomorfométrico mediante el conteo de los osteones en secciones delgadas de hueso es más sofisticado y presenta una serie de dificultades, entre las que tenemos la destrucción de los huesos largos para la extracción de los cortes, al igual que la carencia de equipo y personal entrenado (Stout 1989a, b, 1992, 1998). A pesar de estos inconvenientes, es de gran utilidad cuando los restos están muy fragmentados y es difícil estimar la edad macroscópicamente.

El crecimiento y el modelado son los dos procesos que permiten que el hueso cambie de tamaño y forma; el crecimiento es el proceso mediante el cual los tejidos y estructuras incrementan su tamaño, a través del aumento del número de células y material intracelular; el modelado actúa por la distribución polarizada de la actividad osteoblástica y osteoclástica, esculpiendo el hueso hasta producir la forma característica de la especie y según la demanda biomecánica del sitio. Ambos procesos causan efectos en la apreciación morfohistométrica del tejido (Rodríguez Cuenca 1994, Stout 1992).





La deriva cortical genera un mosaico de edades dentro del tejido compacto; las enfermedades y la acción biomecánica del hueso y el fenómeno de aceleración regional (FAR) son también factores que afectan la densidad de las poblaciones de osteones en un corte, y por tal razón hay que tenerlos en cuenta en la selección y tamaño del campo de observación. El uso de un núcleo pequeño, reducido número de campos, secciones delgadas únicas de un mismo hueso o de varios huesos son parte de la discusión que se ha desarrollado a partir de la introducción de este método por Kerley (1965). Inicialmente, él propuso el corte de secciones delgadas del fémur, tibia y peroné de su parte media, contabilizando el número de osteones (sistemas haversianos), los fragmentos de antiguos osteones, el porcentaje de tejido laminar circunferencial (primario) y el número de canales no haversianos (vascular primario). Esas variables histomorfométricas son cuantificadas en microscopio de luz polarizada a partir de la ampliación 100 veces de cuatro campos seleccionados en la parte anterior, posterior, medial y lateral del corte, de manera que el borde externo del campo circular sea tangencial al borde perióstico.

Posteriormente, Kerley & Ubelaker (1978) modificaron la metodología aconsejando la utilización de un campo del tamaño de 2,06 mm cuadrados con un factor de corrección apropiado. Ahlqvist y Damsten (1969) propusieron evitar la línea áspera y ubicar el campo del microscopio en la mitad de los cuadrantes propuestos por Kerley, utilizando un ocular reticulado de 1 mm cuadrado, conteniendo una rejilla de 100 \* 100; los porcentajes de los cuatro campos se promedian para obtener el resultado final. Stout & Paine (1991) elaboraron un método que utiliza el tercio medio de la sexta costilla y la mitad de la clavícula. La posibilidad de comparar los resultados histológicos y morfológicos con el método de Iscan & Loth (1989), las apropiadas características biomecánicas de las costillas y su utilización en estudios de isotopos y elementos de traza para la reconstrucción de paleodieta, las hacen muy atractivas en los estudios bioantropológicos (Rodríguez Cuenca 1994).

Otros métodos (ver Ericksen 1991), que intentan evitar la destrucción de las muestras y optimizan la utilización de huesos fragmentados recomiendan la extracción de cuñas del hueso de al menos 1 cm en la sección transversal del punto medio del fémur anterior, opuesto a la línea áspera; este es el centro de la sección delgada. Se seleccionan cuatro puntos a 0,5 cm de cada lado del centro; los cinco campos de observación se fotografían para cuantificar los osteones secundarios (X1), los osteones tipo II (X2), los fragmentos (X3), los espacios de resorción (X4) y los canales no haversianos (X5); otros tres elementos se tienen también en cuenta: el hueso circunferencial no remodelado (X6), el hueso osteonal (X7) y los fragmentos óseos (X8). Posteriormente, se superpone sobre la fotografía una rejilla de 100 \* 100 para contabilizar la cantidad de elementos microestructurales en los cinco campos y se divide por 4,43 para determinar la cantidad por milímetro cuadrado. La utilización de microfotografías tiene la gran ventaja de crear un documento verificable cuantas veces se quiera, que está libre del peligro implícito a los cambios de oculares y a los movimientos de la sección delgada, que hacen confundir el campo original. Empero, la utilización de una muestra poblacional muy heterogénea conduce a márgenes de error de +/-10 años, magnitud superior a la obtenida mediante la observación macroscópica, lo que demuestra la

necesidad de generar fórmulas propias para cada población. Los huesos a seleccionar son: la cuarta costilla, terminación esternal; la clavícula izquierda; el fémur izquierdo. Se hace un corte de 15 mm de altura en el punto medio del hueso. Tanto Ahlqvist & Damsten (1969) y Kerley (1965) recomiendan utilizar secciones delgadas de hueso descalcificado y blanqueado, aunque el último autor anota que el hueso fresco presenta también buenos resultados; la sección descalcificada se desbasta hasta obtener un grosor de 30-50 micrones; la no descalcificada hasta 25 micrones. La sección se monta en placas de vidrio (Rodríguez Cuenca 1994).

La determinación de las modificaciones en la estructura interna de los huesos largos resulta en indicaciones valiosas para la estimación de la edad. Por medio de microscopio se cuenta la cantidad de osteónes y los canales que no son de tipo Haver en base de cortes delgados (Kerley 1970).

**Tabla 33** Correlación entre la densidad de osteónes y la edad por Wu et al 1970 (según Stout 1989)

densidad de osteónes	edad	edad estimada
9,8	15,8	15,8
12,7	23,2	24,1
17,4	36,0	37,6
19,3	46,1	43,1
21,1	53,7	48,3

## 1.6. Racemización del ácido aspártico

Conocido como "amino acid racemisation (AAR)", esta metodología también es capaz de cuantificar la edad. Como base se postula que las proteínas, que se encuentran en huesos y dientes se modifican durante la vida en el cuerpo humano, especialmente el ácido aspártico. La racemización entonces es el proceso de cambio intravital del ácido L-aspártico en su forma D, que se acumula en estas proteínas permanentes -como la dentina- que incluye suficientes proteínas y además es estable y homogénea. Por eso, la determinación del grado de la racemización en tejidos representa un método confiable para la estimación de la edad en adultos (Ritz et al. 1996, Ritz-Timme 2001).

Para efectuar una AAR se necesita desmineralizar las raíces de los dientes (preparados por dentistas). Después se limpia los preparados con NaCl y etanol antes de ponerlos congelados. Para analizar, se necesita la derivación y la cromatografía de gas en laboratorios especializados. Estos análisis especiales se efectúan bajo un nivel altísimo de sistematización y estandarización. Como límites se puede formular la descomposición de los dientes y los respectivos huesos por calor o ácidos. Además, el tiempo de enterramiento influye negativamente en la constitución de las proteínas (Waite et al. 1999, Fu et al. 1995).



A continuación se coloca un resumen de los métodos presentados:

**Tabla 34** Métodos presentados

aspecto	autor	comentario / observación para la práctica
suturas craneales		no toman en cuenta estrés por mecapal, no adecuada para jóvenes
	Meindl & Lovejoy	solo cráneos enteros
	Vallois	obliteración variable, rangos amplios, por hombres y mujeres
	Olivier	obliteración variable, rangos amplios
suturas palatinas	Mann et al.	referencia general
desgaste de los dientes	Lovejoy	en general subestiman la edad cronológica referencia cerca (Libben) con desgaste fuerte, consideración de dentadura incompleta
	Brothwell	fuerte desgaste; sólo molares
	Miles	fuerte desgaste, con evaluación en población paraguaya; sólo molares
	Guerasimov	aplicación en dientes maxilares fácil, más general que Zoubov
	Zuobov	aplicación dientes maxilares fácil, con ajuste de Guerasimov
translucidez de la raíz	Lamendin	funciona a partir de 25 años, rasgos estrechos
osificación de tiroides	Vlcek, Kilian & Vlcek	hallazgo raro en contexto forense
clavícula	Szilvassy	guía general hasta 30 años
costillas	Iskan et al.	conservación precaria en contexto forense
anillo de vértebras	Albert & Maples	aplicación fácil, guía general hasta 30 años
faceta auricular	Lovejoy et al.	conservación común, se requiere experiencia
sífnisis púbica	Todd	conservación moderada, referencia más vieja
	McKern & Stewart	referencia joven, análisis de componentes para varones
	Gilbert & McKern	referencia joven, análisis de componentes para mujeres
	Meindl et al.	resumen de Todd
	Katz & Suchey	rangos amplios para masculinos
	Brooks & Suchey	investigación multigrupal, rangos amplios
método complejo	Acsádi & Nemeskéri	método invasivo cuando no se cuenta con radiografías
histología	Stout	equipo técnico necesario
racemización	Ritz-Timme	equipo técnico necesario
radiografía clavícula	Walker & Lovejoy	interpretación necesita capacidad, equipo técnico
radiografía costillas	McCormick	interpretación necesita capacidad, equipo técnico

---

## Bibliografía

- Acsádi G & J Nemeskéri (1970) History of human life span and mortality. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Ahlqvist J & O Damsten (1969) A modification of Kerley's method for the microscopic determination of age in human bone. *Journal of Forensic Sciences* 14: 205-212
- Aiello K & T Molleson (1993) Are microscopic ageing techniques more accurate than macroscopic ageing techniques? *Journal of Archaeological Science* 20: 689-704
- Albert AM & WR Maples (1995) Stages of epiphyseal union for thoracic and lumbar vertebral center as a method of age determination for teenage and young adult skeletons. *Journal of Forensic Sciences* 40: 623-633
- Alexeev VP & GF Debetz (1964) Introducción a la craneometría. Moscú, Nauka (en ruso)
- Bang G (1989) Age changes in teeth: Developmental and regressive. En Iscan MY (ed) *Age Markers in the Human Skeleton*. Springfield, Illinois: CC. Thomas, Pub., 211-236
- Bass WM (1986) *Human osteology: A laboratory and field manual of the human skeleton*. Columbia, Missouri, Missouri Arch. Society, Special Public. No.2
- Bedford ME, Russel KF, Lovejoy CO, Meindl RS, Simpson SW & PL Stuart-Macadam (1993) Test of the multifactorial ageing method using skeletons with known ages - at - death from the Grant collection. *American Journal of Physical Anthropology* 91: 287-29
- Breul D (1974) *Methoden der Geschlechts-, Körperlängen- und Lebensalterestimmung von Skelettfunden*. Verlag M. Schmidt-Roemhild, Lübeck
- Broca P (1861) Sur le volumee le forme du cerveau suivant les indiuidus et les races. *Bulletin Soc Anthropol Paris* II: 139-207
- Brooks ST (1955) Skeletal age at death: Reliability of cranial and pubic age indicators. *American Journal of Physical Anthropology* 13: 567-597
- Brooks ST & JM Suchey (1990) Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Human evolution* 5: 227-238
- Brothwell DR (1965) *Digging up bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains*. Cornell University Press, Ithaca, New York; 3<sup>rd</sup> edición 1987



- Brothwell DR (1989) The relationship of tooth wear to aging. En MY Iscan (ed) Age makers in human skeleton. CC. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 303-316
- Buikstra JE & DH Ubelaker (eds 1994) Standards for data collection from human skeletal remains. Proceedings of a seminar at the Field Museum of Natural History. Organized by J. Haas. Arkansas Archaeological Survey Research Series No. 44
- Burns KR (1999) Forensic anthropology training manual. Prentice Hall, New Jersey
- Byers SN (2001) Introduction in forensic anthropology. A textbook. Allyn and Bacon, Boston, Sydney, Tokyo
- Cerny M (1983) Our experience with estimation of an individual's age from skeletal remains of the degree of thyroid cartilage ossification. Acta Universitatis Palackinae Olmucensis 3: 121-144
- Charles DK, Condon K, Cheverud JM & JE Buikstra (1989) Estimating age at death from growth layer groups in cementum. En MY Iscan (ed) Age makers in human skeleton. CC. Thomas, 277-301
- Cook DC (1984) Adult age determination from the dentition. En TA Rathburn & JE Buikstra (eds) Human identification. Case studies in forensic anthropology. CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois, 307-328
- Cox M (2000) Ageing adults from the skeleton. En M Cox & S Mays (eds) Human Osteology in archeological and forensic science. Greenwich Medical Media Ltd. London, 61-82
- Ericksen MF (1991) Histologic estimation of age at death using the anterior cortex of the fémur. American Journal of Physical Anthropology 84: 171-179
- Ferembach D, Schwidetzky I & M Stoukal (1980) Recommendations for age and sex diagnosis of skeletons. Journal of Human Evolution 9: 517-549
- Foti B, Adalian P, Signoli M, Ardagna Y, Dutour O & G Leonetti (2001) Limits of the Lamendin method in age determination. Forensic Science International 122 (2-3):101-106
- Fu S, Fan C, Song H & FWei (1995) Age estimation using a modified HPLC determination of ratio of aspartic acid in dentin. Forensic Science International 73 (1): 35-40
- Galera V, Ubelaker DH & LAC Hayek (1998) Comparison of macroscopic cranial methods of age estimation applied to skeletons from the Terry Collection. Journal of Forensic Sciences 43: 933-939

- Galonska P (2001) Radiological age determination: Introduction and review. En Oehmichen M & G Geserick (2001 eds) *Osteologische Identifikation und Altersschätzung*. Research in legal medicine, Vol. 26, Schmidt-Roemhild, Lübeck, 293-306
- Genoves GT (1962) Introducción al diagnóstico de la edad y del sexo en restos óseos prehistóricos. Instituto de Historia. Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Genoves ST & M Messmacher (1959) Valor de los patrones tradicionales para la determinación de la edad por medio de las suturas en cráneos mexicanos (Indígenas y Mestizos). Cuadernos del Instituto de Historia. Serie Antropológica No. 7. Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Gilbert BM & TW McKern (1973) A method of aging the female os pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 38: 31-38
- Gruspier KL & GJ Mullen (1991) Maxillary suture obliteration: A test of the Mann method. *Journal of Forensic Sciences* 36: 512-519
- Guerasimov MM (1955) La reconstrucción del rostro a partir del cráneo (en ruso). Nauka, Moscú
- Gustafson G (1950) Age determination on teeth. *Journal of the American Dentist Association* 41: 45-54
- Hanihara K & T Suzuki (1978) Estimation of age from the pubis symphysis by means of multiple regression analysis. *American Journal of Physical Anthropology* 48: 233-239
- Hein B, Krenzer U & A Schmelter (1993) Anthropologische Untersuchungen der Liesborner Skelettserie. In B Trier (Hg) *Ausgrabungen in der Abtei Liesborn. Eine Dokumentation des Westfälischen Museums für Archäologie, Münster/Westfalen*, 123-133
- Herrmann B et al. (1990) *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Hoyo M (1954) On the pattern of the dental abrasion. *Okajimas Folia de Anatomia Japon* 26: 11-30
- Iscan MY (ed 1989a) *Age Markers in the Human Skeleton*. Springfield, Illinois: CC. Thomas, Pub.
- Iscan MY (1989b) Assessment of age at death in the human skeleton. En Iscan MY (ed) *Age Markers in the Human Skeleton*. Springfield, Illinois: CC. Thomas, Pub., 5-19



- Iscan MY & KAR Kennedy (1989 eds) Reconstruction of life from the skeleton. Alan R. Liss, New York
- Iscan MY & SR Loth (1989) Osteological manifestations of age in the adult. En Iscan MY & KAR Kennedy (eds) Reconstruction of life from the skeleton. Alan R. Liss Inc., New York, Singapore, 23-40.
- Iscan MY, Loth SR & RK Wright (1984) Metamorphosis at the sternal rib end: A new method to estimate age at death in white males. *Amer. Jour. Phys. Anthropol.* 65(2): 147-56.
- Iscan MY, Loth SR & RK Wright (1985a) Age estimation from the rib by phase analysis. White males. *Journal of Forensic Science* 29: 1094-1104
- Iscan MY, Loth SR & RK Wright (1985b) Age estimation from the rib by phase analysis. White females. *Journal of Forensic Science* 30: 853-863
- Jackes M (2000) Building the bases for palaeodemographic analysis: Adult age determination. En MAKatzenberg & SR Saunders(eds) *Biological anthropology of the human skeleton*. Wiley-Liss, New York, Chichester, 417-466
- Kagerer P & G Grupe (2001) Age-at-death diagnosis and determination of life-history parameters by incremental lines in human dental cementum as an identification aid. *Forensic Science International* 118 (1): 75-82
- Katz D & JM Suchey (1986) Age determination of the male os pubis. *Am. Jour. Phys. Anthropol.* 69:427-435
- Kerley ER (1965) The microscopic determination of age in human bone. *American Journal of Physical Anthropology* 23: 149-163
- Kerley ER (1984) Microscopic aging of human bone. En TA Rathburn & JE Buikstra (eds) *Human identification. Case studies in forensic anthropology*. CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois, 298-306
- Kerley ER & DH Ubelaker (1978) Revision in the microscopic method of estimating age at death in human cortical bone. *American Journal of Physical Anthropology* 49: 545-546
- Key CA, Aiello LC & T Molleson (1994) Cranial suture closure and its implications for age estimation. *International Journal of Osteoarchaeology* 4: 193-207
- Kieser JA, Preston CB & WG Evans (1983) Skeletal age at death: An evaluation of the Miles method for ageing. *Journal of Archaeological Science* 10: 9-12
- Kilian J & E Vlcek (1989) Age determination from teeth in the adult. En Iscan MY (ed) *Age Markers in the human skeleton*. Springfield, Illinois: CC. Thomas, Publisher, 255-276

- 
- Knußmann R (1968) Entwicklung, Konstitution, Geschlecht. En PE Becker (ed) Handbuch der Humangenetik. Band I, Thieme Verlag, Stuttgart
- Knußmann R (ed 1988) Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen Band I/1. G. Fischer, Stuttgart, New York
- Krogman WM (1962) The human skeleton in forensic medicine. CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois
- Krogman WM & MY Iscan (1986) The human skeleton in forensic medicine. CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois
- Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, Tavernier JC, Nossintchouk RM & Zerilli A (1992) A simple technique for age estimation in adult corpses: The two criteria dental method. *Journal of Forensic Sciences* 37: 1373-1379
- Leopold D (ed 1998) Identifikation unbekannter Toter. Interdisziplinäre Methodik, forensische Osteologie. Schmidt-Roemhild, Lübeck
- Leopold D & W Schaefer (1998) Röntgenologische Methoden zur Identifikation. En Leopold D (ed) Identifikation unbekannter Toter. Interdisziplinäre Methodik, forensische Osteologie. Schmidt-Roemhild, Lübeck, 289-325
- Loth SR & MY Iscan (1989). Morphological assessment of age in the adult: The thoracic region. En MY Iscan (ed) Age markers in the human skeleton. Springfield, Charles C. Thomas, 105-135.
- Lovejoy CO (1985) Dental wear in the Libben population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *Amer. Jour. Phys. Anthropol.* 68(10): 47-56.
- Lovejoy CO, Meindl RS, Pryzbeck TR & RP Mensforth (1985) Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium. A New method for the determination of adult skeletal age at death. *Amer. Jour. Phys. Anthropol.* 68(1): 15-28.
- Lucy D, Pollard AM & CA Roberts (1995) A comparison of three dental techniques for estimating age at death in humans. *Journal of Archaeological Science* 22: 417-428
- Macho GA & ME Berner (1994) Enamel thickness and the helicoidal occlusal plane. *American Journal of Physical Anthropology* 94: 327-338
- Mann RW, Symes SA & WM Bass (1987) Maxillary suture obliteration: Ageing the human skeleton based on intact or fragmentary maxilla. *Journal of Forensic Sciences* 32: 148-157
- Maples WR (1984) An improved technique using dental histology for the estimation of adult age. *Journal of Forensic Sciences* 23: 764-770





- Masset C (1989) Age estimation on the basis of cranial sutures. En MY Iscan (ed) Age markers in the human skeleton. CC. Thomas, Springfield, Illinois, 71-103.
- Mays S (1998) The archaeology of human bones. Routledge, London, New York
- Mays S, de la Rua C & T Molleson (1995) Molar crown height as a means for evaluating existing wear scales for estimating age at death in human skeletal remains. *Journal of Archaeological Science* 22: 659-670
- McCormick WF (1980) Mineralization of costal cartilages as an indicator of age: Preliminary observations. *Journal of Forensic Sciences* 25: 736-741
- McKern TW & TD Stewart (1957) Skeletal age changes in young American Males. Quartermaster Research and Development Command Technical Report EP-45, Natick, Massachusetts
- Meindl RS & CO Lovejoy (1985) Ectocranial suture closure: A revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures. *Amer. Jour. Phys. Anthropol.* 68(1): 57-66.
- Meindl RS & CO Lovejoy (1989) Age changed in the pelvis: Implications for palaeodemography. En Iscan MY (ed) Age Markers in the human skeleton. CC. Thomas Pub., Springfield, Illinois, 137-168
- Meindl RS, Lovejoy CO, Mensforth RP & RA Walker (1985) A revised method of age determination using the os pubis, with a review and test of accuracy of other methods of pubic symphyseal aging. *Amer. Jour. Phys. Anthropol.* 68(1): 29-45.
- Mensforth RP & OC Lovejoy (1985) Anatomical, physiological and epidemiological correlates of the ageing process: A confirmation of multifactorial age determination in the Libben Skeletal population. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 87-106
- Miles AEW (1963a) Dentition in the estimating of age. *Journal of Dental Research* 42: 255-263
- Miles AEW (1963b) The dentition in the assessment of individual age in skeleton material. En DR Brothwell (ed) *Dental anthropology*. Pergamon, Oxford, 191-209
- Milner GR, Boldsen JL & BM Usher (1997) Age-at-death determination using revised scoring procedures for age-progressive skeletal traits. *American Journal of Physical Anthropology Supplement* 24: 170 (abstract)
- Molnar S (1971) Human tooth wear, tooth function and cultural variability. *American Journal of Physical Anthropology* 34(2): 175-89.

- Moore-Jansen PH & RL Jantz (1989) Data collection procedures for forensic skeletal material. Forensic Anthropology Center, Report of Investigations No.48, The University of Tennessee, Department of Anthropology, Knoxville.
- Murphy T (1959) The changing pattern of dentine exposure in human tooth attrition. *Am. J. Phys. Anthropol.* 17(1):167-178.
- Myers Suchey J, Owings PA, Wiseley D & TT Noguchi (1984) Skeletal ageing of unidentified persons. En TA Rathburn & JE Buikstra (eds) *Human identification. Case studies in forensic anthropology.* CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois, 278-297
- Nawrocki SP (1998) Regression formulae for estimating age at death from cranial suture closure. En KJ Reichs (ed) *Forensic osteology. Advances in identification of human remains.* CC Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 276-292
- Naylor JW, Miller GW, Stokes GN & GG Scott (1985) Cemental annulation enhancement: a technique for age determination in man. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 197-200
- Novotny V, Iscan MY & SR Loth (1993) Morphologic and osteometric assessment of age, sex, and race from the skull. En MY Iscan y P Helmer (eds) *Forensic analysis of the skull. Craniofacial analysis, reconstruction, and identification.* Wiley-Liss, New York, 70-88
- Nowell GW (1978) An evaluation of the Miles method of ageing using the Tepe Hissar dental sample. *American Journal of Physical Anthropology* 49: 251-267
- Oehmichen M & G Geserick (2001 eds) *Osteologische Identifikation und Altersschätzung. Research en legal medicine, Vol. 26,* Schmidt-Roemhild, Lübeck
- O'Halloran RL & JK Lundy (1987) Age and ossification of the hyoid bone: Forensic implications. *Journal of Forensic Sciences* 32: 1655-1659
- Olivier G (1960) *Pratique antropologique.* Vigot Freres, Paris
- Owings PA (1981) Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multi-racial sample of males and females. Master Thesis, Department of Anthropology, California State University, Fullerton
- Owings Webb PA & J Myers Suchey (1985) Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multiracial sample of american whites. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 457-466
- Penados L & U Krenzer (2004) *Antropología Forense. Primera parte. Curso de especialización en medicina legal y ciencias forenses. Modulo II, Ciencias Forenses.* Universidad de San Carlos, Guatemala
- Prince DA & DH Ubelaker (1999) Application of Lamendin's adult ageing technique to a diverse skeletal population. *Journal of Forensic Science* 44: 239-240



- Reichs KJ (ed 1998) Forensic osteology. Advances in identification of human remains. CC Thomas Publisher, Springfield, Illinois
- Reisinger W, Schmeling A, Loreck D, Olze A & G Geserick (2001) Experience with radiographic age estimation at Charité Medical School in Berlin. En Oehmichen M & G Geserick (eds) Osteologische Identifikation und Altersschätzung. Research en legal medicine, Vol. 26, Schmidt-Roemhild, Lübeck, 307-317
- Ritz S, Turzynski A, Schutz HW, Hollmann A & G Rochholz (1996) Identification of osteocalcin as a permanent aging constituent of the bone matrix: basis for an accurate age at death determination. Forensic Science International 77 (1-2): 13-26
- Ritz-Timme S (2001) Age estimation based on aspartic acid racemization: Fundamentals, Methodology, possibilities and limitations. En Oehmichen M & G Geserick (eds) Osteologische Identifikation und Altersschätzung. Research en legal medicine, Vol. 26, Schmidt-Roemhild, Lübeck, 277-292
- Robling AG & SD Stout (2000) Histomorphometry of human cortical bone: applications to age estimation. En MA Katzenberg & SR Saunders (eds) Biological anthropology of the human skeleton. Wiley-Liss, New York, Chichester, 187-212
- Rodríguez Cuenca JV (1994) Introducción a la antropología forense. Análisis e identificación de restos óseos humanos. <http://www.colciencias.gov.co/seiaal/documentos/jvrc03.htm>
- Rodríguez Cuenca JV (2003) Dientes y diversidad humana. Avances de la antropología dental. Editora Guadalupe Ltda, Bogotá
- Rodríguez Cuenca JV (2004) La antropología forense en la identificación humana. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Rösing FW (2001) Forensic age diagnosis: Statistics, work rules and presentation. En Oehmichen M & G Geserick (eds) Osteologische Identifikation und Altersschätzung. Research en legal medicine, Vol. 26, Schmidt-Roemhild, Lübeck, 26-275
- Rösing FW, & S Kvaal (1998) Dental age in adults – a review of estimation methods. En Alt KW, Teschler-Nicola, M & FW Rösing (eds) Dental anthropology. Springer Verlag, Berlin 443-468
- Saternus KS, Salamat B & G Kernbach-Wighton (2001) Height and width of the pubic symphysis as parameters of aging processes. En Oehmichen M & G Geserick (eds) Osteologische Identifikation und Altersschätzung. Research en legal medicine, Vol. 26, Schmidt-Roemhild, Lübeck 123-137

- 
- Saunders S, DeVito C, Herring A, Southern R & R Hoppa (1993) Accuracy tests of tooth age estimations for human skeletal remains. *Amer. Journal Phys. Anthropology* 92(2):173-188.
- Saunders S, Fitzgerald C, Rogers T, Dudar C & H McKillop (1992) A test of several methods of skeletal age estimation using a documented archaeological sample. *Canadian Society of Forensic Science Journal* 25: 97-117
- Saunders S & MA Katzenberg (1992 eds) *Skeletal biology of past peoples: Research methods*. Wiley-Liss, New York
- Scheuer L & S Black (2000) *Developmental juvenile osteology*. Academic Press, San Diego, New York, Tokyo
- Schmeling A, Vendura K, Olze A, Reisinger W & G Geserick (2001) Age estimation and ethnicity. En Oehmichen M & G Geserick (eds) *Osteologische Identifikation und Altersschätzung*. Research en legal medicine, Vol. 26, Schmidt-Roemhild, Lübeck, 317-325
- Schwartz JH (1995) *Skeleton keys. An introduction to human skeletal morphology, development, and analysis*. Oxford University Press, New York, 185- 221
- Scott EC (1979a) Dental wear scoring technique. *American Journal of Physical Anthropology* 51: 213-18
- Scott EC (1979b) Principal axis analysis of dental attrition data. *American Journal of Physical Anthropology* 51: 203-212
- Scott GR & CG Turner (1988) Dental anthropology. *Annual Review of Anthropology* 17: 99-126
- Singer R (1953) Estimation of age from cranial suture closure: A report on its unreliability. *Journal of Forensic Medicine* 1: 52-59
- Sinha A & V Gupta (1995) A study on estimation of age from pubic symphysis. *Forensic Science International* 75 (1): 73-78
- Sorg MH, Andrews RP & MY Iscan (1989) Radiographic aging of the adult. En Iscan MY (ed) *Age Markers in the Human Skeleton*. Springfield, Illinois: CC. Thomas, Pub, 169-194
- Steele DG & CA Bramblett (2000) *The anatomy and biology of the human skeleton*. Texas A&M University Press
- Stout SD (1989a) The use of cortical bone histology to estimate age at death. En Iscan MY (ed) *Age Markers in the Human Skeleton*. Springfield, Illinois: CC. Thomas, Pub, 195-209



- Stout SD (1989b) Histomorphometric analysis of human skeletal remains. En Iscan MY & KAR Kennedy (eds) Reconstruction of life from the skeleton. Alan R. Liss, New York, 41-51
- Stout SD (1992) Methods of determining age at death using bone microstructure. En Saunders S & MA Katzenberg (eds) Skeletal biology of past peoples: Research methods. Wiley-Liss, New York, 21-36
- Stout SD (1998) The application of histological techniques for age at death determination. En Reichs KJ (ed) Forensic osteology. Advances in identification of human remains. CC Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 237-252
- Suchey JM & D Katz (1986) Skeletal age standards derived from an extensive multiracial sample of Americans. American Journal of Physical Anthropology 69: 269
- Suchey JM & D Katz (1998) Application of pubic age determination in a forensic setting. En KJ Reichs (ed) Forensic osteology. Advances in identification of human remains. CC Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 204-236
- Suchey JM, Wisley DV & D Katz (1988) Instructions for the Suchey-Brooks system for age determination of the female os pubis. Instructional materials accompanying female pubic symphyseal models of Suchey-Brooks system. France Casting, Fort Collins
- Szilvassy J (1978) Eine Methode zur Altersbestimmung mit Hilfe der sternalen Gelenkflächen der Schlüsselbeine. Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien 108: 166-168
- Szilvassy J (1988) Altersdiagnose am Skelett. En R Knussmann (ed) Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie de Menschen Band I/1. G. Fischer, Stuttgart, New York, 421-443
- Tanner JM (1962) Growth at adolescence. Blackwell, Oxford
- Todd TW (1920) Age changes in the pubic bone: The white male pubis. American Journal of Physical Anthropology 3: 427-470
- Todd TW & J D'Errico (1928) The clavicular epiphyses. The American Journal of Anatomy 41: 25-50
- Todd TW & DW Lyon (1924) Endocranial suture closure: It's progress and age relationship. Part I: Adult males of white stock. American Journal of Physical Anthropology 7: 325-384
- Todd TW & DW Lyon (1925a) Cranial suture closure: It's progress and age relationship. Part II: Ectocranial closure of adult males of white stock. American Journal of Physical Anthropology 8: 23-44

- 
- Todd TW & DW Lyon (1925b) Cranial suture closure: It's progress and age relationship. Part III: Endocranial closure in adult males of Negro stock. *American Journal of Physical Anthropology* 8: 47-71
- Todd TW & DW Lyon (1925c) Cranial suture closure: It's progress and age relationship. Part IV: Ectocranial closure in adult males of Negro stock. *American Journal of Physical Anthropology* 8: 149-168
- Tomenchuk J & JT Mayhall (1979) A correlation of tooth wear and age among modern Iglouik Eskimos. *American Journal of Physical Anthropology* 51: 67-78
- Tramini P, Bonnet B, Sabatier R & L Maury (2001) A method of age estimation using Raman microspectrometry imaging of the human dentin. *Forensic Science International* 118 (1):1-9
- Ubelaker DH (1999) Human skeletal remains. **Excavation, analysis, interpretation**. 3rd edition, *Manuals on Archeology* 2, Taraxacum, Washington
- Vlcek E (1980) Estimation of age from skeleton material based on the degree of thyroid cartilage ossification. *Sound Lek* 25: 6-11
- Waite ER, Collins MJ, Ritz-Timme S, Schutz HW, Cattaneo C & HIM Borrmann (1999) A review of the methodological aspects of aspartic acid racemization analysis for use in forensic science. *Forensic Science International* 103 (2): 113-124
- Walker RA & CO Lovejoy (1985) Radiographic changes in the clavicle and proximal femur and their use in the determination of skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 67-78
- Webb PAO & JM Suchey (1985) Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in modern multiracial sample of American males and females. *American Journal of Physical Anthropology* 68: 457-466
- White TD (2000) Human osteology. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, San Diego, New York, Tokyo
- Whittaker D (2000) Ageing from dentition. En M Cox & S Mays (eds) *Human Osteology in archeological and forensic science*. Greenwich Medical Media Ltd. London, 83-100
- Zoubov AA (1968) *Otontología. Metodica de las investigaciones antropológicas*. Nauka, Moscú

## COMPENDIO DE MÉTODOS ANTROPOLÓGICO FORENSES

Tomo I	Osteometría
Tomo II	Métodos para la determinación del sexo
Tomo III	Estimación de la edad osteológica en adultos
Tomo IV	Estimación de la edad osteológica en subadultos
Tomo V	Características individualizantes
Tomo VI	Antropología dental
Tomo VII	Cambios posmortem
Tomo VIII	Traumas y paleopatología

I SBN 99922-859-3-1

