

CAMBIOS ONTOGENÉTICOS DEL TEJIDO DENTAL HUMANO. INCREMENTO DE ANILLOS DEL CEMENTO

Luis Alberto Regalado Ruiz y Andrés del Ángel E.*

Posgrado en Ciencias Médicas, Odontológicas y de la Salud, UNAM

**Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM*

RESUMEN

En este trabajo se presentan los avances de la puesta en marcha de una técnica histológica para estimar la edad individual a partir de la observación del cemento dental humano. Dadas las características de este tejido –su incremento en grosor organizado en capas superpuestas periódicamente, a partir del inicio de la oclusión de los órganos dentarios– se han sugerido y desarrollado varias técnicas para contar las capas y emplearlas en el diseño de un modelo que relacione este proceso biológico con la edad cronológica de los individuos; por lo que ahora se describe una variante de tales técnicas y se muestra una de las primeras imágenes obtenidas, además de que se discuten los problemas implicados.

PALABRAS CLAVE: órganos dentarios, histología, anillos de cemento humano, oclusión.

ABSTRACT

This paper presents the actual state of implementation of the histological technique for estimating the individual age based on the human dental cementum. Given the properties of this tissue –its periodical increment organized by subsequent layers beginning with teeth occlusion– it has been suggested various techniques for counting the cementum lines and their use for establishing the relationship between this biological process and the individual chronological age. Now we describe a slightly different technique and one of the first digitally images obtained. Finally, we discuss some problems involved.

KEY WORDS: dental organs, histology, human cementum rings, occlusion.

Uno de los problemas fundamentales del especialista en el área de la biología esquelética es el logro de buenas estimaciones de edad del individuo a partir de sus restos. Este dato es pertinente en varios campos de la actividad científica tanto aplicada como básica.

Para la antropología física, cuyas actividades se enfocan al conocimiento de la variabilidad biológica humana en función de la dispersión de las poblaciones, su adaptación al medio y las interacciones entre la biología y cultura, la disponibilidad del dato referente a la edad de un sujeto determinado es de suma importancia. En primer lugar, para la identificación individual, en la cual se basan las estimaciones demográficas de poblaciones antiguas (campo denominado como paleodemografía). En segundo lugar, como dato complementario de la interpretación arqueológica, al sopesar el significado de que alguien de cierta edad esté enterrado con una variedad de materiales funerarios (cerámica, indumentaria, acompañantes humanos y animales). Y en tercer lugar, en el caso de poblaciones contemporáneas, la identificación individual con implicaciones criminalísticas.

Es reconocida la propiedad de conservación de los dientes depositados en estos contextos. En efecto, comparado con el resto de los tejidos, incluyendo al óseo, los tejidos dentales muestran una clara diferenciación en cuanto al gradiente de deterioro observado debido a su composición química, además de su reducido tamaño y su ubicación anatómica, que convierten al órgano dentario en un apreciable recurso para estudiar marcadores de la edad. Con base en esta propiedad algunos autores han planteado una variedad de métodos basados en la histología dental, entre ellos el que se realiza a partir del conteo de las líneas incrementales del cemento radicular de los dientes permanentes. Éstos constituyen una alternativa favorable a los métodos basados en el examen macroscópico del esqueleto, los cuales se centran en la observación de los cambios óseos de las articulaciones de la pelvis (la sínfisis púbica y la carilla auricular), el extremo esternal de la cuarta costilla y el cierre de las suturas craneales (Genovés 1962; Iscan 1989; Iscan y Kennedy 1989; White 1991; Schwartz 1995). La cercanía de la relación entre las edades estimadas y las edades conocidas se expresa usualmente a través de un coeficiente de correlación, de la diferencia media entre la edad estimada y la edad conocida o el error estándar de la estimación. Hasta hace muy poco, ninguno de los métodos aplicados a sujetos adultos

tenía la precisión requerida y, para ser tan buenos como el resto, los métodos histológico dentales sólo necesitaban tener coeficientes de correlación de 0.7 o tener diferencias promedio entre las edades estimada y conocida menores de siete años (cuadro 1).

En efecto, algunas de las técnicas histológico-dentales surgen ahora como métodos relativamente buenos, aunque su limitada aplicación se debe probablemente al grado de entrenamiento requerido y al prolongado y destructivo seccionamiento de los dientes. Sin embargo, existen estudios previos que tratan los problemas del conteo de capas del cemento en *Homo sapiens* (Charles *et al.* 1986; Condon *et al.* 1986; Wittwer-Backofen y Buba 2002), y sopesan las verdaderas ventajas de aplicar esta clase de conocimientos histológicos en el estudio de poblaciones desaparecidas.

GENERALIDADES DEL CEMENTO DENTAL HUMANO

El cemento es el tejido conjuntivo mineralizado que recubre la raíz de los dientes y presenta varias similitudes estructurales con el hueso compacto; sin embargo y a diferencia de él, el cemento no está vascularizado, por lo que normalmente no sufre procesos de reabsorción y remodelado. De esta manera, la cantidad de cemento aumenta de modo gradual durante el transcurso de la vida.

Como constituyente del aparato de inserción, el cemento fija las fibras periodontales al diente y muestra una distribución menos constante que el esmalte y la dentina –por lo que forma una capa muy fina en la región cervical de la raíz y su espesor aumenta en dirección apical; generalmente tiende a ser más grueso en los canales mesiales o distales sobre la superficie radicular de los dientes posteriores, así como en las zonas de bifurcación, y es más delgado en la cara vestibular de la raíz.

Tradicionalmente se reconocen dos tipos de cemento: el celular y el acelular. Se sabe que varias especies de herbívoros (elefante, mastodonte, caballo, conejo y rata, entre otros) muestran una capa de cemento que cubre la corona dental. Por tanto, se le ha denominado “cemento coronal”, aunque también se ha puntualizado la inconveniencia de llamarlo así, ya que hay casos, como el del conejo, cuyos dientes crecen permanentemente y no permiten una diferenciación anatómica clara

*Cuadro 1*Pruebas de los métodos de estimación de edad en sujetos adultos
(tomado de Hillson 1996: 208, con modificaciones)

Método	Correlación (r de Pearson) entre edades conocida y estimada	Diferencia media entre edades conocida y estimada (años)	Error estándar de la diferencia para la estimación de la edad
Sínfisis púbica de Acsadi/Nemeskeri		10.8	7.9
Sínfisis púbica de Todd/Brooks		18.2	12.5
Sínfisis púbica de McKern/Stewart		22.5	15.0
Edad sumaria modificada	0.85	5.2	
Sínfisis púbica de Todd (modificada)	0.78	6.5	
Carilla auricular revisada	0.71	7.3	
Fémur proximal	0.53	9.3	
Suturas (revisada)	0.53	9.9	
Desgaste dental	0.71	7.9	
Desgaste dental de Miles		0.10-2.35	
Edad histológica ósea lamelar de Kerley	0.82	12.5	8.3
Edad histológica ósea promedio de Kerley	0.88	10.1	8.9
Mediciones del grosor del cemento	0.31-0.72		
Puntuación del grosor del cemento de Gustafson	0.07-0.40		
Puntuación del grosor del cemento de Johanson	0.22-0.48		
Puntuación de la translucidez de la dentina radical	0.86		7.1
Mediciones del volumen de la translucidez de la dentina radical	0.87	3.5	
Mediciones de la translucidez de la dentina radical	0.67		
Puntuación de la dentina secundaria de Johanson	0.59-0.74		
Anchura de la pulpa cervical/anchura dental (es decir, rellenas de dentina secundaria)	-0.46-0.77		
Método de Gustafson recalculado			11.28
Método de Gustafson, puntuación ST ponderada por diente			9.1
Método de Johanson		4.52	
Método de Gustafson modificado por Maples y Rice		5.03	
Método de Johanson con predicción bayesiana		7.0	
Mediciones de la translucidez de la dentina radical		6.5	
Método de la esclerosis de la dentina radicular de Bang y Ramm		5.15	
Conteos de capas de cemento	0.78	6.0	9.7

entre la corona y la raíz. En razón de que este tipo de cemento consiste, en su mayor parte, en grandes porciones de sustancia mineralizada sin fibrillas colágenas también ha sido llamado “cemento afibrilar”, en contraste con el “cemento fibrilar”. No obstante, posteriormente se demostró que en ocasiones el cemento coronal incluye porciones fibrilares y celulares, y que, en efecto, podía adoptar una gran variedad de características morfológicas (celular fibrilar, acelular fibrilar y acelular afibrilar).

En los primeros intentos de clasificación del cemento se observó la presencia o ausencia del componente fibrilar. Asimismo, e igual que para el cemento coronal, se reconoció que había una enorme variación en la cantidad de los componentes afibrilar, fibrilar y celular del cemento de la raíz, que iba de su ausencia total hasta la gran abundancia. A pesar de estas dificultades, Jones (1981) propuso una clasificación más detallada basada principalmente en este componente fibrilar (figura 1). Como puede constatarse, esta clasificación implica el reconocimiento de la importancia capital del componente fibrilar del cemento, pues en ella se distinguen las fibras colágenas formadas fuera del cemento (extrínsecas), por un lado, y las que se depositan en el plano de las capas de cemento recién formadas (intrínsecas), por el otro. Mientras que las primeras son producto de los fibroblastos del folículo dental y del

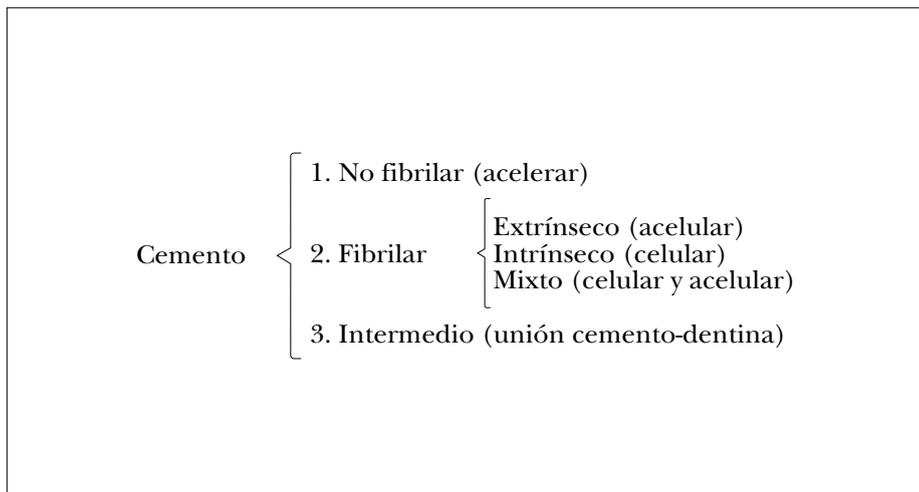


Figura 1. Clasificación del cemento según Jones (1981) con base en el tipo de fibras presentes en su superficie.

ligamento periodontal, y se incorporan como fibras de Sharpey dentro y más o menos perpendiculares al cemento en desarrollo, las últimas quizá sean producto de los cementoblastos, sin relación ni contigüidad con las fibras colágenas del ligamento periodontal. Desde el punto de vista biológico esta clasificación es sumamente ventajosa, porque reconoce la diferencia entre el cemento radicular como parte del soporte funcional de la oclusión y el cemento que no tiene nada que ver con esto. Además, reconoce que las células del cemento (cementocitos) constituyen una forma particular de cementogénesis. Por esta razón deben estar incluidas y permanecer como base de la clasificación. Se reconocen entonces los siguientes tipos de cemento dental:

Cemento afibrilar acelular (CAA). No contiene ni células ni fibras de colágena sino una sustancia fundamental mineralizada. Se cree que es producto de los cementoblastos y, en los humanos, cubre la superficie del esmalte, así como también constituye parte del cemento fibrilar extrínseco acelular. Su grosor varía entre una y 15 micras.

Cemento fibrilar extrínseco acelular (CFEA). Se compone casi en su totalidad de paquetes densamente dispuestos de fibras de Sharpey y no tiene células. Podría ser un coproducto de los fibroblastos y cementoblastos al proveer sustancia fundamental. A veces contiene parches o capas de CAA. En los humanos es posible encontrarlo en el tercio cervical de la raíz, pero puede extenderse en dirección apical. Su grosor va de las 30 a las 230 micras, aproximadamente.

Cemento estratificado mixto celular (CEMC). Se compone de fibras extrínsecas (Sharpey) e intrínsecas, las cuales varían en proporción de una capa a la siguiente, y puede contener células con distribución y densidad irregulares. Se trata de un coproducto de los cementoblastos y los fibroblastos. Su disposición en estratos es bastante irregular y manchada; algunos de sus estratos están formados por CFEA. En los humanos se presenta principalmente en el tercio apical de la raíz y la bifurcación; se forma en el extremo apical y se acumula en las concavidades de la superficie radicular; además, se desarrolla coronalmente con extensión variable. Su grosor varía entre 100 y 1 000 micras o más.

Cemento fibrilar intrínseco celular (CFIC). Contiene células, mas no fibras de colágena; se extiende a través y de manera continua con el ligamento periodontal. Es un producto de los cementoblastos y, en los humanos, se encuentra principalmente como una sustancia que llena

las lagunas de resorción de la raíz. Su grosor varía con la capacidad de resorción.

Además de los anteriores, en una capa poco definida está el denominado “cemento intermedio”, el cual parece ser una clase de dentina en desarrollo.

El cemento es el menos duro y mineralizado de los tres tejidos dentarios duros: el contenido mineral es de aproximadamente 65% de su peso; la matriz orgánica, de 23%, y lo restante está formado por agua como en el hueso y en la dentina. La porción mineral del cemento está constituida por calcio y fosfato, presentes principalmente en forma de hidroxiapatita. Además de estos elementos, existen cantidades variables de diversos oligoelementos, el más notable de los cuales es el flúor. La cantidad presente de este último varía con su aporte en la dieta, pero generalmente es más alta que en el hueso, el esmalte y la dentina. Pueden hallarse concentraciones muy elevadas de flúor y otros oligoelementos en el cemento que ha quedado expuesto al ambiente de la cavidad oral a consecuencia de una retracción gingival. La mayor parte de la matriz orgánica está compuesta por colágena, que forma una red fibrosa semejante a la que existe en la matriz orgánica del tejido óseo; el resto de la porción orgánica está formado por la sustancia fundamental.

FORMACIÓN DE LAS LÍNEAS INCREMENTALES

Para los investigadores el estudio de las líneas incrementales ha sido algo parecido al funcionamiento de una caja negra, debido a que la comprensión de los actores que las forman aún está pobremente desarrollada. Sin embargo, al revisar las diferentes hipótesis propuestas para explicar su mecanismo de formación, mencionaremos algunas de las posibles causas que dan origen a este fenómeno.

Causas primarias. Se afirma que las variaciones en la microestructura del cemento causan el fenómeno óptico de las bandas. Estas variaciones pueden ser: 1) la variación en el grado de mineralización del cemento y 2) la variación en la orientación de las fibras de colágena.

Causas secundarias. Se refiere a factores que varían estacionalmente, los cuales pueden alterar el proceso de biomineralización del cemento dental y, como consecuencia, modificar la periodicidad en la formación

de las líneas incrementales. Entre ellos se encuentra la nutrición, las fuerzas biomecánicas (masticatorias) y el ciclo hormonal (Lieberman 1994).

Lo que queda claro hasta ahora es que la biomineralización del cemento dental, la cual implica la formación de líneas incrementales, es un proceso complejo y dinámico cuyas propiedades físico-químicas –como la solubilidad, la nucleación, la saturación y el crecimiento de los cristales de hidroxiapatita depositados– tienen diferentes niveles de regulación, lo que permite un arreglo preciso de estos cristales. Adicionalmente, en un nivel más alto de regulación, este proceso está guiado genéticamente, ya que el proceso sólo se inicia con la expresión de genes específicos y se detiene obedeciendo al mismo principio (Mann 1988; figura 2).

Por otro lado, no obstante que los factores secundarios pueden alterar los niveles de expresión génica, al parecer no tienen gran impacto sobre el proceso de biomineralización; prueba de ello es la presencia

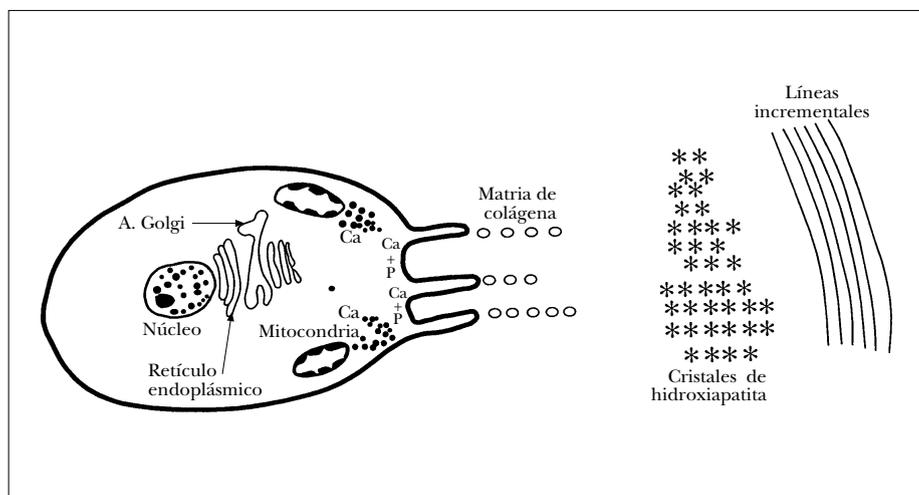


Figura 2. Proceso de formación de las capas del cemento dental. Los iones de calcio liberados por la mitocondria se asocian con los correspondientes del fosfato de citosol, justo por debajo de la membrana celular. Estos iones son transportados a la matriz extracelular dentro de vesículas (exocitosis) y posteriormente liberados y depositados en la matriz de colágena, sitio donde se inicia su nucleación y crecimiento hasta la formación de los cristales de hidroxiapatita.

de líneas incrementales en dientes que no han sufrido estrés masticatorio (dientes impactados, Nitzan *et al.* 1986).

Con esta investigación nos proponemos abordar los problemas que implica elaborar un método de estimación de edad que ofrezca un alto grado de exactitud y precisión, y lo coloque en una posición equivalente al resto de los hasta hoy empleados. Particularmente, en este trabajo pretendemos establecer los criterios de observación que favorecen el conteo de capas de cemento –básicamente el sitio y el tamaño óptimos de la muestra, y las técnicas de tinción y de microscopía–, además de describir el proceso de formación de las líneas incrementales.

METODOLOGÍA

Se obtuvo una serie de órganos dentarios producto de la extracción en pacientes que asistían a las Clínicas Odontológicas Periféricas de la UNAM, en la ciudad de México. Junto con los dientes incluidos en el estudio se diseñó una cédula individual que documentaba la procedencia de cada uno de estos pacientes, es decir, los datos correspondientes al nombre del sujeto, su fecha de nacimiento y sexo, el motivo y la fecha de la extracción dentaria, así como el número del diente con base en la nomenclatura universal (FDI 1971).

Una vez extraídos, los dientes fueron depositados en ácido fórmico al 5% durante seis días para su desmineralización; posteriormente se lavaron con agua y se incluyeron en parafina, a partir de la cual se obtuvieron cortes de cuatro a seis micras con un microtomo y se montaron con albúmina al portaobjetos. Una vez montados, se desparafinizaron en una mezcla alcohol/xilol durante diez minutos, y se tiñeron con cristal violeta al 1% durante otros 20 minutos; los excesos del colorante se eliminaron con alcohol concentrado al 96 y 100%. El análisis de este material se llevó a cabo con microscopio de luz (Zeiss modelo Axiotec 25, campo claro), aumento de 100x, y las fotografías se tomaron en el tercio medio de la raíz, zona del cemento que favorece el conteo de las líneas incrementales, con película blanco y negro de ASA 50.

RESULTADOS

A manera de ejemplo, en la figura 3 se muestran las capas de cemento superpuestas en uno de varios cortes histológicos obtenidos a través del proceso descrito en el apartado anterior, procedimiento que consideramos más adecuado dado que comprobamos que era más fácil preparar los cortes en material desmineralizado que en el mineralizado, además del ahorro de tiempo en el tratamiento de la superficie por observar. Por otra parte, la mejor visibilidad de las líneas al microscopio provino del tercio medio de la raíz, ya que en el tercio apical las líneas son irregulares y en el cervical están casi ausentes debido a la escasa actividad celular. Asimismo, verificamos que, a diferencia de otros grosores, los cortes de seis micras mostraron buena retención del colorante, y en muy pocos casos se desprendieron del portaobjetos en el momento de la tinción. En

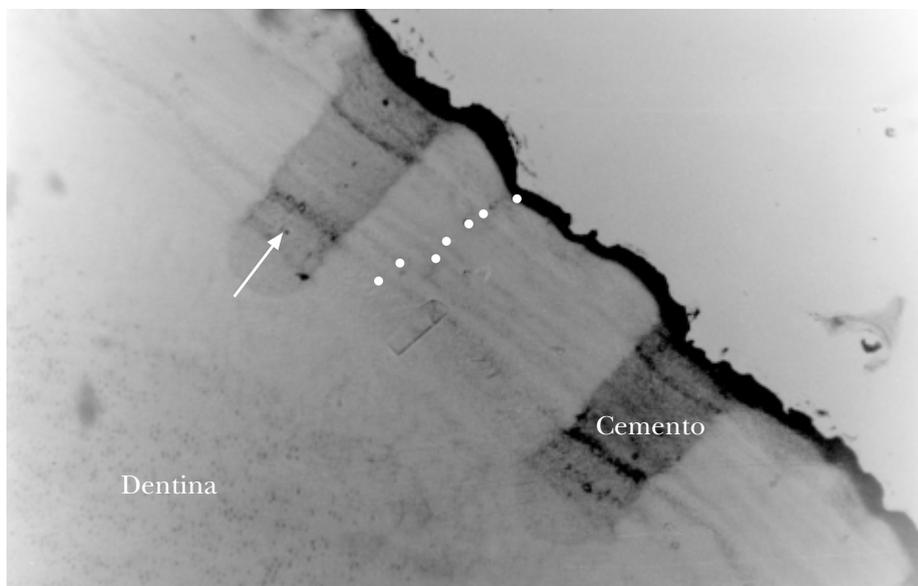


Figura 3. Corte que muestra una porción del tercio medio de la raíz de un canino superior derecho permanente, en el cual se observa la aposición de capas del cemento (marcadas con puntos). La flecha indica la unión dentina-cemento (tinción con cristal violeta a 1% con objetivo 10x).

relación con esta última, probamos varias técnicas (hematoxilina, rojo alizarina y fuchsina), pero los mejores resultados se obtuvieron con el cristal violeta y el azul de toluidina.

CONCLUSIONES

Con base en nuestra experiencia, encontramos que existe una falta de estandarización metodológica entre los distintos autores, lo que da como resultado la diferencia de observaciones; pero la técnica que aquí describimos ofrece resultados promisorios. Tampoco hay acuerdo en cuanto a cuál es el ritmo de la formación de cada capa de cemento a partir de la erupción del diente, ya que cada grupo de investigación, cada uno con diferentes técnicas de microscopía y de realce de las imágenes obtenidas, obtiene estimaciones que van de uno hasta dos años por capa observada.

Agradecimientos

Agradecemos a los doctores Carlos Serrano e Higinio Arzate su apoyo en la investigación de este tema, así como a Rafael Reyes, Rubén Gómez, Pedro I. Garnica, Ada L. Torres, Martha González y César Fernández, del Instituto de Investigaciones Antropológicas, por la elaboración de las figuras. Reconocemos también la inestimable ayuda de Teodomiro Pérez Salazar, del Laboratorio de Patología Experimental de la Facultad de Odontología (UNAM), en la preparación de las muestras de tejido dental. Uno de los autores (L. A. R. R.) recibió una beca de posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (no. 172618).

REFERENCIAS

- CHARLES, DOUGLAS K., KEITH CONDON, JAMES M. CHEVERUD Y JANE E. BUIKSTRA
1986 Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. I. Tooth variability and observer error, *American journal of physical anthropology* 71: 311-320.

- CONDON, KEITH, DOUGLAS K. CHARLES, JAMES M. CHEVERUD Y JANE E. BUIKSTRA
1986 Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. II. Estimates and accuracy, *American journal of physical anthropology* 71: 321-330.
- FÉDÉRATION DENTAIRE INTERNATIONALE (FDI)
1971 Two digit system of designating teeth, *International dental journal* 21: 104-106.
- GENOVÉS, SANTIAGO
1962 *Introducción al diagnóstico de la edad y del sexo en restos óseos prehistóricos* Instituto de Historia, UNAM, 137 pp, México.
- HILLSON, SIMON
1996 *Dental anthropology*, Cambridge University Press, Cambridge, 373 pp.
- ISCAN, MEHMET YASAR
1989 *Age markers in human skeleton*, Charles C Thomas, Springfield, Illinois, USA, 359 pp.
- ISCAN, MEHMET YASAR Y KENNETH A. R. KENNEDY
1989 *Reconstruction of life from the skeleton*, Alan R. Liss, Nueva York.
- JONES, S. J.
1981 Cement, J. W. Osborn (ed.), *Dental anatomy and embryology*, Blackwell Scientific, Oxfordpp, 193-205, 286-294.
- LIEBERMAN, DANIEL E.
1994 The biological basis for seasonal increments in dental cementum and their application to archaeological research, *Journal of archaeological science* 21: 525-539.
- MANN, STEPHEN
1988 Molecular recognition in biomineralization, *Nature* 332: 119-124.
- NITZAN, D. W., Y. MICHAELI, M. WEINREB Y B. AZAZ
1986 The effect of aging on tooth morphology: a study on impacted teeth, *Oral surgery* 61: 54-60 (citado en Wittwer-Backofen y Buba 2002).

SCHWARTZ, JEFFREY H.

1995 *Skeleton keys. An introduction to human skeletal morphology, development, and analysis*, Oxford University Press, 362 pp. Nueva York.

WHITE, TIMOTHY D.

1991 *Human osteology*, Academic Press, San Diego, 455 pp.

WITTWER-BACKOFEN, URSULA Y HELENE BUBA

2002 Age estimation by tooth cementum annulation: perspectives of a new validation study, R. D. Hoppa y J. W. Vaupel (eds.), *Paleodemography. Age distribution from skeletal samples*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 107-128.

