

ESTUDIOS DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA

VOLUMEN XIV

*

Editoras

Josefina Mansilla Lory
Abigail Meza Peñaloza



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia



Consejo Nacional
para la
Cultura y las Artes



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA
MÉXICO 2009

Comité editorial

Xabier Lizarraga Cruchaga
José Antonio Pompa y Padilla
Carlos Serrano Sánchez
Luis Alberto Vargas Guadarrama

Todos los artículos fueron dictaminados

Primera edición: 2009

© 2009, Instituto de Investigaciones Antropológicas
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.

© 2009, Instituto Nacional de Antropología e Historia
Córdoba 45, Col. Roma, 06700, México, D.F.
sub_fomento.cncpbs@inah.gob.mx

© 2009, Asociación Mexicana de Antropología Biológica

ISSN 1405-5066

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización
escrita del titular de los derechos patrimoniales

D.R. Derechos reservados conforme a la ley
Impreso y hecho en México
Printed in Mexico

LÍNEAS INCREMENTALES DEL CEMENTO DENTAL HUMANO Y SU RELACIÓN CON LA EDAD CRONOLÓGICA

Luis Alberto Regalado Ruiz y Andrés del Ángel Escalona*

Posgrado de Antropología, Universidad Nacional Autónoma de México

**Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México*

RESUMEN

Tomando en cuenta la capacidad de conservación de los dientes en diferentes contextos (arqueológico, paleontológico y forense), resulta interesante estudiar los cambios ontogenéticos de sus tejidos, con la finalidad de obtener indicadores cuantificables que sirvan de base en la construcción de un método de estimación de la edad que sustituya, por precisión, a los métodos hasta hoy empleados. El cemento dental es un tejido conectivo mineralizado que cubre la raíz de los dientes, cuya función principal es servir como medio de fijación de las fibras provenientes del ligamento periodontal. También tiene la peculiaridad de mostrar en su microestructura una serie de líneas superpuestas periódicamente que resulta de su incremento inducido inicialmente por el estrés masticatorio una vez que el diente se pone en contacto con su antagonista. Así, se han sugerido varias técnicas para contar dichas líneas y emplearlas en el diseño de un modelo que relacione este proceso biológico con la edad cronológica.

PALABRAS CLAVE: estimación de la edad, cambios regresivos del diente, líneas incrementales.

ABSTRACT

Taking into account the properties of conservation of teeth in different contexts (archaeological, paleontological and forensic), it is of interest to study the ontogenetic changes of their tissues in order to develop quantitative indicators age estimation than the current ones based on other skeletal traits. Dental cementum

is a mineralized connective tissue that covers dental roots, with the main function of fixing the fibers of the periodontal ligament. In its microstructure this tissue shows a series of periodically superimposed lines induced initially by masticatory stress once tooth gets in touch with its antagonist. Various techniques have been proposed to count such lines and use them in the design of an analytical model that relates this biological process with chronological age. Our objective consists of evaluating that relationship through the observation of various factors.

KEY WORDS: age estimation, regressive changes in teeth, incremental lines.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas relevantes y cotidianos de la biología esquelética es la dificultad de lograr buenas estimaciones de la edad del individuo a partir de sus restos óseos. Tomando en cuenta la pertinencia que tiene este dato en varios campos de la actividad científica, tanto básica como aplicada, y considerando la propiedad de conservación de los dientes en diferentes contextos (arqueológico, paleontológico y forense), hemos decidido abordar este problema desde el campo de la biología bucal.

En efecto, comparado con el resto, los tejidos dentales muestran una clara diferencia 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 dental en un recurso apreciable para estudiar los cambios ontogenéticos. Con base en estas propiedades algunos autores han planteado una variedad de métodos, entre ellos el que se realiza a partir del conteo de las líneas incrementales del cemento radicular de los dientes permanentes, el cual constituye, en edades avanzadas del sujeto, una alternativa más precisa que la fundamentada en el examen macroscópico del esqueleto.

Cambios regresivos del diente empleados en la estimación de la edad

El proceso de envejecimiento implica una serie de cambios en todos los niveles de organización biológica de los organismos de acuerdo con la ontogenia, la cual ha sido definida por Maturana y Varela (2004: 90-91) como la historia de la continua transformación estructural de los organismos, sin que exista una pérdida de organización, proceso que tiene lugar en ellos como resultado de su dinámica interna, sea o no inducido por

sus interacciones con el medio donde se encuentra, y que ocurre sin interrupción de su identidad ni de su acoplamiento estructural a su medio. Estos cambios han sido estudiados con la finalidad de obtener indicadores pertinentes en la elaboración de un método confiable para la estimación de la edad de muerte en el ser humano y en otras especies de mamíferos. En ese sentido han surgido varias propuestas basadas principalmente en el análisis de los tejidos óseo y dentario, las cuales referiremos a lo largo de la exposición.

Los cambios que se presentan en los tejidos dentarios se han clasificado en tres categorías: formativo, degenerativo e histológico. Los cambios formativos o de desarrollo son buenos indicadores de la edad hasta los primeros 12 años de vida; se dividen en las siguientes etapas: inicio de la mineralización, formación completa de la corona, erupción de la corona y la formación completa de la raíz. Algunos investigadores han asignado valores a cada una de estas fases con la finalidad de estimar la edad. Los cambios degenerativos son más frecuentes en la etapa adulta y también pueden servir como referencia para estimar la edad, entre ellos se encuentran: los cambios de color, la atrición y los cambios en el nivel de adherencia periodontal. Los cambios de coloración son muy variables y se relacionan con la dieta y la higiene oral. La atrición es el resultado de la función masticatoria y es un fenómeno natural asociado con la edad. En cambio la abrasión, que en ocasiones se confunde con la atrición, es una condición anormal que se caracteriza por un desgaste acelerado del esmalte, el cual puede ser provocado por varios factores: alimentos abrasivos, bruxismo o desgaste intencional por razones culturales. El nivel de adherencia periodontal también puede ser un factor relacionado con la edad, ya que la altura de la inserción de la encía tiende a disminuir con los años, aunque la enfermedad periodontal y la abrasión gingival pueden influir en la medición de este parámetro.

A los cambios histológicos también se les conoce como cambios internos del diente. Entre éstos se incluyen la formación de dentina secundaria, la superposición del cemento y la resorción y transparencia radiculares. Sustentado en lo anterior se han propuesto varios métodos para estimar la edad, los cuales se clasifican en cuatro grupos: morfológicos, físico-químicos, epidemiológicos y combinados. Estos últimos son más complejos, pues incluyen varios criterios relacionados con la edad; los más conocidos fueron elaborados por Gustafson (1950), Johanson (1971),

Falter (1975), Hiemer (1975) y Kilian y Vleck (1986), todos, excepto el primero, referidos en Iscan 1989.

A. G. Gustafson fue el primero en publicar un método para estimar la edad individual a partir de los dientes, tomando en cuenta seis criterios relacionados con los cambios que se presentan en los tejidos duros, los cuales se incrementan conforme avanza la edad: desgaste oclusal, capas de dentina secundaria y terciaria, grosor del cemento, extensión de la resorción radicular, longitud de la transparencia radicular y altura de la inserción gingival. A través del microscopio observó dientes cortados sagitalmente y asignó un valor en puntos de 0 a 3. Asimismo, consideró que la suma de éstos tenía un valor correspondiente en años. Este método fue adoptado en algunos países como medio de identificación individual en casos forenses, aunque también fue cuestionado y modificado por otros investigadores (p. ej. Pilin 1981, citado en Iscan y Kennedy 1989). Una inconsistencia evidente surge cuando considera que todos los parámetros tienen el mismo valor y no diferencia aquéllos que tienen mayor relación con la edad o que su medición es más confiable.

Por otro lado, con base en los mismos criterios de Gustafson, Johanson (citado en Iscan 1989) llevó a cabo una estimación mediante regresión múltiple, en la cual cada uno de los cambios relacionados con la edad fue medido de manera independiente:

$$\text{Edad} = 11.02 + 5.14A + 2.30S + 4.14P + 3.71C + 5.57R + 8.98T$$

Donde: A = abrasión, S = dentina secundaria, P = cambios periodontales, C = cemento secundario, R = resorción de la raíz misma, T = transparencia radicular.

Este autor recomendaba el uso de incisivos para realizar la estimación y, de ser posible, observar varios de éstos en el mismo sujeto para mejorar los resultados.

Falter (1975) y Hiemer (1975) –mencionados en Iscan 1989– usaron los criterios de la transparencia radicular y la longitud de la cámara pulpar para estimar la edad. La técnica consistía en realizar cortes longitudinales y observarlos con microscopía de luz reflejada. Ellos consideraban que con este método era posible estimar la edad de individuos de entre 20 y 60 años. Kilian y Vleck (referido en Iscan 1989) también se basaron en

la observación de seis cambios histológicos para desarrollar una técnica para estimar la edad con base en 116 dientes anteriores.

Otra alternativa interesante para estimar la edad cronológica se basa en la medición de la transparencia de la dentina radicular de los dientes permanentes. Se sabe que el fenómeno de la transparencia es originado por la esclerosis de los túbulos dentinarios, la cual comienza al final de la segunda década de la vida en el extremo apical de la raíz y avanza de manera gradual hacia la corona. Una manera de monitorear este rasgo es transmitiendo luz a través de la raíz del diente en cuestión; las áreas escleróticas aparecen transparentes y las normales, opacas. Esto da pie al nombre alternativo de “transparencia radicular”. Con base en lo anterior, Bang y Ramm (1970) observaron 1 013 dientes entre incisivos, caninos y premolares, que en conjunto sumaban 1 132 raíces. Al analizar la correlación entre la longitud de la transparencia y la edad cronológica de estos dientes encontraron coeficientes mayores a 0.8. Finalmente, mediante varios análisis de regresión simple establecieron un modelo de estimación de la edad para casos desconocidos, con especificación para cada tipo de diente. Este método sirvió de principio para estimar la edad en especímenes antiguos; Bang (1993), por ejemplo, mediante la medición de la longitud de la transparencia de un canino y un segundo premolar de la arcada superior, estimó la edad de un espécimen de aproximadamente 7000 años de antigüedad. Beyer-Olsen *et al.* (1994) aplicaron la misma técnica para estimar la edad de 248 individuos pertenecientes a la época medieval. Kvaal y Doring (1999), al utilizar esta técnica en casos forenses, reportaron que la estimación de la edad cronológica de 25 sujetos fallecidos en un accidente marítimo, aunque se desconocía la edad cronológica real, constituía una buena aproximación.

El cemento dental como medio para estimar la edad

El método de estimación de la edad individual basada en la superposición de capas de cemento dental consiste principalmente en relacionar la edad cronológica del sujeto con la del número de capas depositadas y la edad de erupción del diente en cuestión. Esta técnica primero se aplicó en mamíferos de vida marina (Laws 1952); a principios de los ochenta se realizó el primer estudio en seres humanos (Stott *et al.* 1982), aunque sólo se observaron tres especímenes; más adelante Stott (Stott y Del

Var Petersen 1987) analizó un mayor número de casos con el propósito de probar la hipótesis de que el número de líneas, sumado a la edad de erupción del diente, se aproximaba a la edad cronológica real. Su principal aporte fue el procedimiento histológico y la técnica microscópica planteados que sirvieron de base para estudios posteriores. En una muestra de 42 dientes Charles *et al.* (1986) analizaron la diferencia en el número de líneas entre caninos y premolares, con la finalidad de observar la variabilidad en el conteo de las líneas incrementales y comparar la técnica de desmineralización con la de no desmineralización, así descubrieron que el tejido mineralizado facilitaba la observación. Una de las primeras evaluaciones sobre la precisión de este método fue realizada por Condon *et al.* (1986), mediante el análisis de 80 dientes de individuos con edad conocida; la correlación entre la edad real y la estimada fue 0.78, con errores estándar entre 4.7 y 9.7 años, según la clase de diente. Una innovación importante en la técnica de observación y conteo de las líneas incrementales residió en la obtención de imágenes en tiempo real a través de un software (Wittwer y Buba 2002), la cual facilitó la búsqueda del sitio ideal de conteo en el campo microscópico. Con esta técnica se reducen costos y tiempo de trabajo en el estudio de muestras grandes ($n = 433$), como las analizadas por Wittwer *et al.* (2004). No obstante los hallazgos referidos, Hillson (1996: 209-210) considera la potencialidad del conteo de las capas del cemento como base para estimar la edad, aunque también plantea varias dificultades aún no totalmente superadas (*cf.* Kvaal y Solheim 1995, Renz *et al.* 1997, 1998): 1) La técnica que involucra la descalcificación de los dientes para ser cortados con el microtomo y teñidos con hematoxilina –la cual es considerada por algunos autores como la mejor para la observación de las líneas– no es funcional en especímenes arqueológicos. 2) Las capas del cemento varían de un lugar a otro dentro del mismo diente. 3) Aunque existen diferentes estrategias para controlar el error en el conteo de las capas, éstas tendrán un elemento subjetivo que en mayor o menor grado puede influir en los resultados. 4) La relación entre las capas del cemento dental y la edad no se ha establecido claramente.

Las líneas incrementales también se utilizan en estudios de arqueozoología y paleoecología. En la primera se ha revisado su potencial aplicación en el análisis de restos de animales recuperados en excavaciones arqueológicas. En la segunda se ha indagado la relación que hay entre la

pauta de formación de las líneas incrementales y las condiciones climáticas en las que habitaron ciertas especies de animales. Beasley *et al.* (1992) probaron dos métodos histológicos para observar las líneas incrementales en mamíferos modernos y arqueológicos. Según los resultados existe una buena relación entre el número de líneas con la edad y estacionalidad de muerte en animales de edad conocida.

Burke y Castanet (1995) determinaron en caballos la confiabilidad de las líneas incrementales como medio para estimar la estacionalidad de muerte, tanto en especímenes modernos como en arqueológicos. En tanto Landon (1993) observó dientes de vacas, cerdos y cabras para establecer la temporada del año en que eran sacrificados, dato que revela algunos aspectos del comportamiento cultural de cierta población antigua.

METODOLOGÍA

Debido a la falta de un procedimiento histológico bien establecido para la observación de las líneas incrementales, se consideró conveniente realizar algunas pruebas técnicas preliminares en cinco dientes unirradiculares sin información de procedencia, a través de las cuales se probaran las distintas variantes planteadas por los autores citados, referentes a la conveniencia de desmineralizar los dientes, realizar cortes transversales o longitudinales, cortes gruesos o semifinos, teñir con cristal violeta, azul de toluidina o hematoxilina, así como las ventajas de emplear contraste de fases o luz transmitida en la observación microscópica (cuadro 1). Estas pruebas sirvieron para elaborar la metodología que aplicamos para el análisis de una muestra de 17 de dientes, provenientes de ocho sujetos masculinos y nueve femeninos, entre 24 y 85 años de edad y una media de 56 años, atendidos en clínicas odontológicas periféricas de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México. Dicha metodología se describe a continuación.

En primer lugar, elaboramos un instrumento de captación de la información individual que permitió registrar los datos pertinentes para el estudio, una cédula de identificación que contenía la edad, el nombre y el sexo de los sujetos a quienes se les extrajeron los dientes, el diente observado en cuestión, así como el motivo de la extracción. A continuación, hidratamos los dientes en agua corriente antes de depositarlos en ácido

Cuadro 1

Variantes probadas en la estandarización de un procedimiento
histológico para la observación de las líneas incrementales

1. Cortes a 350 micras sin desmineralizar (Stott *et al.* 1982, Naylor *et al.* 1985).
Cortes a 150 micras sin desmineralizar (Charles *et al.* 1986).*
Cortes a 5-7 micras con desmineralización (Condon *et al.* 1986).
 2. Cortes transversales (Wittwer *et al.* 2004).
Cortes longitudinales (Kvaal y Solheim 1995, Condon *et al.* 1986, Naylor *et al.* 1985).
 3. Rojo alizarina a 2% de uno a cuatro minutos (Charles *et al.* 1989).
Cristal violeta a 0.1% durante tres minutos (Naylor *et al.* 1985).
Azul de toluidina a 5% durante 45 segundos.
Hematoxilina y eosina (Stott y del Var Petersen 1987).
 4. Contraste de fases (Stott *et al.* 1982).
Campo claro.
 5. Fotografías en blanco y negro tomadas de manera convencional (Stott *et al.* 1982).
Imágenes a color obtenidos mediante un software (Wittwer *et al.* 2004).
-

* Los cortes de 150 micras sin desmineralizar se obtuvieron por desgaste.

fórmico a 5% durante seis días para su desmineralización, posteriormente los lavamos también en agua corriente. La deshidratación duró 17 horas en el Histokinette (modelo Jung 2000 de Leica).

El siguiente paso consistió en la orientación e inclusión de los dientes en parafina, cuyos granos se fusionan a 56°C, posteriormente realizamos cortes de seis micras con el microtomo modelo Jung RM 2055 de Leica, y depositamos estos cortes en una tina de flotación durante 20 minutos con temperatura menor a la del punto de fusión de la parafina y los retiramos con un portaobjetos para que se secan a temperatura ambiente; después los colocamos durante diez minutos adicionales en una plancha con temperatura ligeramente mayor a 56°C. En seguida, y antes de teñirlos con cristal violeta a 1% durante 20 minutos, se les retiró la parafina y se rehidrataron con xilol y agua destilada, respectivamente.

De esta manera, observamos el material así preparado con microscopio óptico bajo luz transmitida (Zeiss modelo Axiotech 25) y tomamos las fotografías con una cámara convencional MC 80 DX de Zeiss en película de 24×36 mm blanco y negro ASA 50 de la marca ILFORD. También tomamos el corte de uno de los dientes de nuestra muestra para obtener la imagen a través del software IM 100, con el objetivo de compararla

con la respectiva imagen en blanco y negro. Finalmente, contamos las líneas del cemento directamente sobre las fotografías en papel (figura 1) y procesamos los datos con el programa computacional para análisis estadístico SYSTAT versión 10 (Wilkinson y Coward 2000). En primer lugar, ajustamos el conteo en relación con el brote dental, sumando el número de años de edad a los que en promedio brota determinado diente al número de líneas contadas en el campo microscópico, pues se sabe que las líneas incrementales comienzan a formarse una vez que los dientes están involucrados en la masticación. Esta nueva variable fue denominada *conteo ajustado* (número de líneas + edad de brote). Posteriormente, realizamos un análisis de regresión simple entre la edad cronológica y el conteo ajustado, considerando a la primera como variable dependiente y a la segunda como independiente. El procedimiento descrito se resume en el cuadro 2.

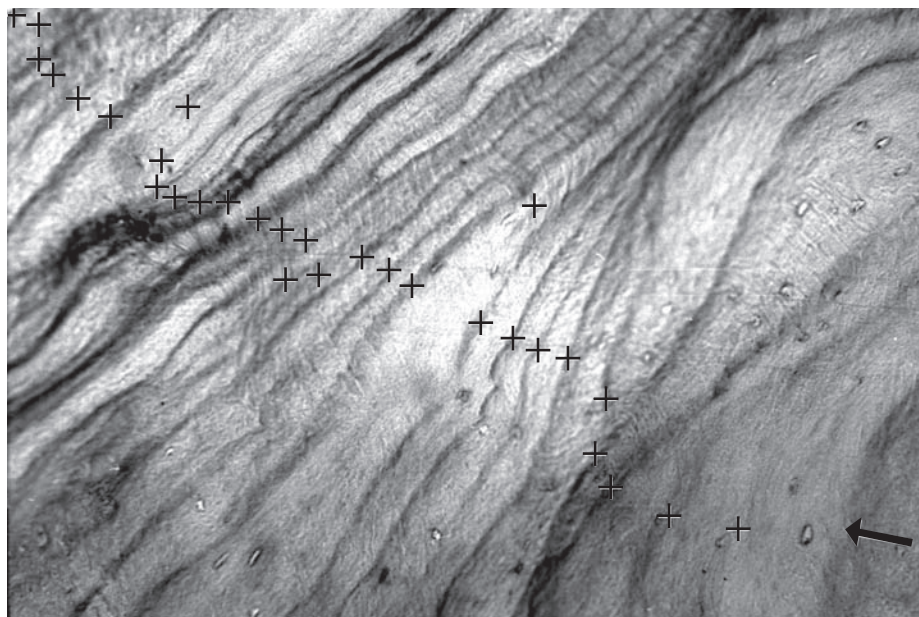


Figura 1. Conteo de líneas del cemento a partir de una imagen microscópica. Caso 2, sujeto masculino de 82 años de edad. Las cruces indican cada línea superpuesta; la flecha, la unión cemento/dentina.

*Cuadro 2***Resumen de la metodología empleada para la observación y conteo de las líneas incrementales en una muestra de 17 casos**

-
1. Elaboración de una cédula de identificación para cada uno de los dientes.
 2. Hidratación en agua corriente durante 24 horas.
 3. Descalcificación con ácido fórmico a 5% durante seis días.
 4. Eliminación de residuos de ácido con agua corriente.
 5. Deshidratación en histokinette durante 17 horas.
 6. Orientación e inclusión de los dientes en parafina.
 7. Corte transversal de los dientes a un grosor de 6 micras.
 8. Colocación de los cortes en una tina de flotación para su distensión.
 9. Montaje de los cortes en un portaobjetos.
 10. Desparafinización de los cortes con xilol.
 11. Rehidratación del tejido con agua destilada.
 12. Tinción con cristal violeta a 1% durante 20 minutos.
 13. Eliminación con alcohol de los excesos del colorante.
 14. Observación del material así preparado a través del microscopio de luz en campo claro para la localización de las líneas incrementales.
 15. Fotografiado con cámara convencional de la región del cemento que muestre con mayor claridad las líneas incrementales.
 16. Conteo de las líneas incrementales directamente sobre las fotografías en papel.
 17. Análisis de los datos con el programa computacional para análisis estadístico SYSTAT versión 10.
-

RESULTADOS

Las líneas incrementales no fueron visibles en todos los cortes que observamos. En los casos donde fue posible, la visibilidad variaba de un diente a otro, inclusive en el mismo diente. La ubicación del plano focal constituye un aspecto muy importante en la observación de las líneas, debido a que sólo eran visibles en un rango muy pequeño. Además, comprobamos que, en efecto, el proceso de desmineralización influía favorablemente en la observación. Los diferentes grosores de corte y las diversas técnicas de tinción mostraron resultados variados; sin embargo, de manera general notamos que los cortes de 5-7 micras y los colorantes con base en cristal violeta y hematoxilina/eosina rindieron mejores resultados. La técnica de contraste de fases no fue mejor que la de luz transmitida en cuanto a visibilidad de las líneas, aún cuando en la primera técnica se observaron cortes teñidos y no teñidos.

Una dificultad importante que hemos enfrentado, y que han reportado otros autores, es la irregularidad en la disposición de las líneas; rasgo atribuible a la propia naturaleza del tejido, la cual en ocasiones impide un conteo preciso y obliga a la búsqueda del sitio más favorable para llevarlo a cabo, que en la mayoría de las veces se encuentra entre los tercios medio y apical de la raíz; en la búsqueda de este sitio, los cortes longitudinales mostraron mayores ventajas que los transversales. Por otro lado, al comparar las imágenes en blanco y negro obtenidas de manera convencional y las imágenes a color logradas mediante el software Leica IM 100, notamos que no existe diferencia en el número de líneas contadas.

Con esta perspectiva, hemos analizado de manera preliminar una muestra de 17 dientes unirradiculares extraídos de individuos de edad conocida (cuadro 3); como puede constatarse, los premolares de doble raíz y los que la tenían muy corta o incompleta fueron excluidos. Se observó una buena correlación entre la edad cronológica y el número de líneas,

Cuadro 3
Relación de casos estudiados

Número de caso	Dientes*	Edad cronológica (años)	Edad de brote (años)	Número de líneas contadas
1	P1 inf. izq.	24	12	7
2	C sup. der.	82	13	31
3	C sup. izq.	54	13	21
4	C sup. der.	80	13	29
5	C sup. izq.	85	13	35
6	I2 sup. der.	46	7	12
7	P1 inf. izq.	61	12	17
8	P1 inf. izq.	54	12	19
9	P2 inf. izq.	65	13	23
10	C sup. izq.	58	13	21
11	I1 sup. der.	45	6	19
12	P1 inf. izq.	81	12	34
13	C sup. izq.	35	13	10
14	P2 inf. izq.	45	13	13
15	P2 sup. izq.	24	13	8
16	C inf. izq.	71	13	28
17	I2 sup. izq.	43	7	18

* I: incisivo; C: canino; P: premolar.

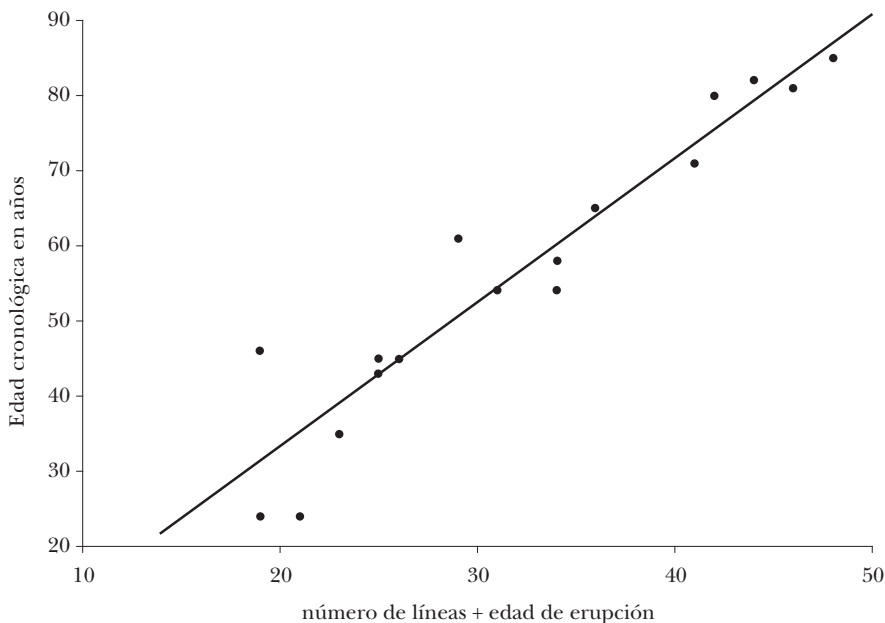


Figura. 2. Un análisis de regresión lineal es una herramienta para realizar predicciones de datos desconocidos a partir de otros que ya fueron estandarizados. En este caso, el modelo de regresión lineal que expresa la relación edad/conteo ajustado es: $y = -5.139 + 1.91x$. Es decir, que para estimar la edad de un sujeto desconocido se deberá multiplicar el conteo ajustado (número de líneas + edad de brote) por la pendiente (1.91), sumado al origen (-5.139). El error estándar fue de 6.37 años.

lo cual muestra una dependencia lineal entre estas dos variables. Con esta correlación realizamos un análisis de regresión, también incluimos el dato correspondiente a la edad de erupción de los dientes, ya que las líneas incrementales se forman una vez que están involucrados en la masticación, aunque ésta no tiene nada que ver con el ritmo de la superposición una vez iniciado el proceso. El conteo ajustado para los 17 casos mostró una línea de regresión con una pendiente de 1.916 y una intersección en y de -5.139. Esto quiere decir que la dependencia de y (edad cronológica) de x (número de líneas + edad de erupción) no es de 1:1, ya que mientras x se repite una vez y lo hace casi dos veces. Así, el modelo de regresión lineal que expresa esta relación quedó como: $y = -5.139 + 1.91x$ (figura 2), con un error estándar de 6.37 años.

DISCUSIÓN

Estos resultados representan algunos avances de la puesta en marcha de un nuevo método de estimación de la edad con base en la observación del cemento dental. Se han sugerido y realizado varias técnicas para contar las líneas incrementales y emplearlas en el diseño de un modelo que relacione este proceso biológico con la edad cronológica, pero hasta ahora los resultados no han sido contundentes debido, principalmente, a dos causas: por un lado, la falta de un procedimiento histológico bien establecido para el análisis de las líneas incrementales y, por el otro, el desconocimiento de las causas biológicas que dan origen a este fenómeno (Regalado y Del Ángel 2004). El procedimiento estandarizado con nuestra prueba piloto representa una alternativa que muestra buenos resultados en la observación de las líneas incrementales.

El uso de cortes desmineralizados fue claramente preferible sobre aquellos que no lo son, debido a que con esta técnica se pueden realizar secciones delgadas; las cuales, además de no experimentar cambios importantes en la estructura de interés, presentan otras ventajas sobre los cortes gruesos: se manipulan con mayor facilidad, se tiñen mejor y se pueden realizar varios de ellos a partir de un solo espécimen. Charles *et al.* (1989), al usar cortes mineralizados, notaron que los cortes gruesos (80 micras) son la causa principal que contribuye a la imprecisión de esta técnica.

La irregularidad en la disposición de las líneas incrementales fue un factor que complicó su conteo preciso. Kvaal y Solheim (1995) calcularon su número mediante la medición del grosor del cemento en un sitio específico de su superficie; pero los resultados mostraron que hubo menor correlación entre la edad conocida y el número de líneas, que la obtenida mediante el conteo directo. Esta irregularidad es un rasgo propio del tejido, que sólo se puede controlar seleccionando los especímenes posibles de contar directamente. El conteo de las líneas se puede realizar adecuadamente en fotografías en blanco y negro, ya que notamos que no hay diferencia en el número de líneas entre esta técnica y otra realizada con un software. Sin embargo, Wittwer *et al.* (2004) atribuyeron la reducción en el error de conteo al uso de imágenes obtenidas en tiempo real y a su procesamiento digital.

En la observación de cortes teñidos como los nuestros es suficiente utilizar luz transmitida en campo claro; pero algunos autores (Stott *et al.*

1982, Naylor *et al.* 1985) emplearon con buenos resultados la técnica de interferencia de Nomarski para sus estudios.

Por el reducido número de casos varios aspectos interesantes, como la influencia que pudiera tener la enfermedad periodontal en la formación de líneas incrementales, las diferencias en el número de estas líneas dependiendo del tipo de diente, y las diferencias con respecto al sexo, no se pudieron analizar.

La buena correlación que existe entre la edad cronológica y el número de líneas significa que hay una dependencia entre estas variables. La regresión de esta dependencia generó un modelo lineal distinto al planteado hasta ahora; la diferencia surge porque hemos observado un menor número de líneas por edad en cada uno de los casos estudiados. Aunque aquí se presentan resultados preliminares, consideramos que la formación de las líneas no es anual.

Esta técnica de estimación de la edad fue probada inicialmente en otras especies, y desde entonces se ha considerado que la pauta de formación de las líneas incrementales es similar en todas ellas, ya que en las estimaciones se supone que cada línea representa un año de vida. Esta puede ser una visión equivocada si se toma en cuenta que el principal inductor inicial de la formación de dichas líneas, la masticación, tiene, aquí sí, un patrón único para cada especie. En el ser humano, a diferencia de otros mamíferos, generalmente es estable, ya que no experimenta cambios importantes en su patrón de masticación, esto hace que el proceso que implica la formación de líneas incrementales tenga una periodicidad distinta.

CONCLUSIONES

En este trabajo se han analizado algunos aspectos relacionados con el uso del cemento dental como parámetro en la estimación de la edad cronológica humana. Las conclusiones que surgen de nuestras observaciones y resultados preliminares son las siguientes: a) las líneas incrementales, en efecto, constituyen un rasgo constante y cuantificable del cemento dental humano; b) con respecto a la naturaleza microscópica de este rasgo, consideramos que representa pequeños surcos en la superficie del cemento, los cuales, al ser vistos en el microscopio óptico, se muestran como líneas;

éstas también podrían derivarse de la condensación de las fibras de colágena después de su mineralización; c) el procedimiento histológico que implica la desmineralización de los dientes, el corte de 5-7 micras y la tinción con cristal violeta es el más adecuado para la observación de los surcos en especímenes contemporáneos y antiguos (Regalado 2005); d) la alta correlación que encontramos entre la edad conocida y el número de líneas indica que ambas variables son dependientes entre sí; e) el ritmo de formación de las líneas debe ser distinto para cada especie. Este ritmo no es anual en el humano sino de casi dos años por línea en promedio, como lo muestra nuestro análisis de regresión. Por lo anterior, consideramos que las líneas incrementales del cemento dental humano sirven de base potencial para la elaboración de un método de estimación de la edad que tenga un alto grado de confiabilidad en sujetos mayores de 20 años de edad. Ahora, la tarea es: a) establecer los niveles de confianza mediante un estudio con mayor número de dientes identificados, y b) abundar en la búsqueda de los mecanismos biológicos que regulan la formación de las líneas incrementales, para tener certeza sobre qué es lo que realmente se está contando, además de buscar tácticas que ayuden a reducir los posibles errores en el conteo, causados por la irregularidad en la disposición de las líneas.

REFERENCIAS

BANG, G.

1993 The age of a Stone Age human skeleton determined by means of root dentin transparency, *Norwegian Archaeological Review*, 26: 55-57.

BANG, G. Y E. RAMM

1970 Determination of age in humans from root dentin transparency, *Acta Odontologica Scandinavica*, 28: 3-35.

BEASLEY, M. J., W. A. B. BROWN Y A. J. LEGGE

1992 Incremental banding in dental cementum: methods of preparation for teeth from archaeological sites and for modern comparative specimens, *International Journal of Osteoarchaeology*, 2: 37-50.

BEYER-OLSEN, E. M. S., G. BANG Y B. J. SELLEVOLD

- 1994 Dental root dentine translucency used in age determination of medieval Norwegians from Trondheim, *International Journal of Osteoarchaeology*, 4: 305-310.

BURKE, A. Y J. CASTANET

- 1995 Histological observations of cementum growth in horse teeth and their application to archaeology, *Journal of Archaeological Science*, 22: 479-493.

CONDON, K., D. K. CHARLES, J. M. CHEVERUD Y J. E. BUIKSTRA

- 1986 Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. II. Estimates and accuracy, *American Journal of Physical Anthropology*, 71: 321-330.

CHARLES, D. K., K. CONDON, J. M. CHEVERUD Y J. 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.

- 1989 Estimating age at death from growth layer groups in cementum, en M. Y. Iscan (ed.), *Age markers in the human skeleton*, pp 277-300, Charles C Thomas, Springfield.

GUSTAFSON, G.

- 1950 Age determination on teeth, *Journal of the American Dental Association*, 41: 45-54.

HILLSON, S.

- 1996 *Dental Anthropology*, Cambridge University Press, 373 pp., Cambridge.

ISCAN, M. Y. (ED.)

- 1989 *Age markers in the human skeleton*, Charles C Thomas, 359 pp., Springfield.

ISCAN, M. Y. Y K. A. R. KENNEDY (EDS.)

- 1989 *Reconstruction on life from the skeleton*, A. R. Liss, 315 pp., Nueva York.

KVAAL, S. I. Y T. SOLHEIM

- 1995 Incremental lines in human dental cementum in relation to age, *European Journal of Oral Sciences*, 103: 225-230.

KVAAL, S. I. Y E. M. DURING

- 1999 A dental study comparing age estimations of the human remains from the Swedish warship vasa, *International Journal of Osteoarchaeology*, 9: 170-181.

LANDON, D. B.

- 1993 Testing a seasonal slaughter model for colonial New England using tooth cementum increment analysis, *Journal of Archaeological Science*, 20: 439-455.

LAWS, R. M.

- 1952 A new method of age determination for mammal, *Nature*, 169: 972-973.

MATURANA ROMESÍN, H. Y F. J. VARELA GARCÍA

- 2004 *De máquinas y seres vivos: autopoiesis, la organización de lo vivo*, Editorial Universitaria y Editorial Lumen, 140 pp., sexta edición, Buenos Aires.

NAYLOR, J. W., W. G. MILLER, G. N. STOKES Y G. G. STOTT

- 1985 Cemental annulation enhancement: a technique for age determination in man, *American Journal of Physical Anthropology*, 68: 197-200.

REGALADO RUIZ, L. A.

- 2005 *Líneas incrementales del cemento dental humanos y su relación con la edad cronológica*, tesis de maestría en Ciencias Odontológicas y de la Salud, Universidad Nacional Autónoma de México (inédita).

REGALADO RUIZ, L. A. Y A. DEL ÁNGEL ESCALONA

- 2004 Cambios ontogenéticos del tejido dental humano. Incremento de anillos del cemento, *Estudios de Antropología Biológica*, 12: 823-835.

RENZ, H., V. SCHAEFER, H. DUSCHNER Y R. J. RADLANSKI

- 1997 Incremental lines in root cementum of human teeth: an approach to their ultrastructural nature by microscopy, *Advances in Dental Research*, 11: 472-477.
- 1998 Annulations in root-cementum of human teeth. Fact or artifact? en J. T. Mayhall y T. Heikkinen (eds.), *Dental Morphology '98*, pp. 372-377, Oulu University Press, Oulu.

STOTT, G. G., R. F. SIS Y B. M. LEVY

1982 Cemental annulation as an age criterion in forensic dentistry, *Journal of Dental Research*, 61: 814-817.

STOTT, G. G. Y H. DEL VAR PETERSEN

1987 *Cemental annulation: aging in forensic dentistry*, Manuscrito inédito, 54 pp. + anexos, Texas.

WILKINSON, L. Y M. COWARD

2000 Linear models I: linear regression, *Systat 10 Statistics I*, I-399ss, SPSS, Chicago.

WITTWER-BACKOFEN, U. Y H. BUBA

2002 Age estimation by tooth cementum annulation: perspectives of a new validation study, en R. D. Hoppa y J. W. Vaupel (eds.), *Paleodemography. Age distribution from skeletal samples*, pp. 107-128, Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology 31, Cambridge University Press.

WITTWER-BACKOFEN, U., J. GAMPE Y J. W. VAUPEL

2004 Tooth cementum annulation for age estimation: results from a large known-age validation study, *American Journal of Physical Anthropology*, 123: 119-129.