

Formación de dentina secundaria como indicador etario: análisis de medidas lineales y superficiales en dentición permanente de restos óseos humanos de una colección documentada contemporánea

Gonzalo Garizoain, Marcos Plischuk, Susana Alicia Salceda y Marcela Nilda García

Recibido 17 de noviembre 2021. Aceptado 16 de marzo 2022

RESUMEN

La formación de dentina secundaria es un proceso que ocurre de manera gradual y constante una vez culminado el desarrollo del diente, y que ocasiona la disminución de la cavidad pulpar con el paso del tiempo. Su importancia para la práctica forense radica en la posibilidad de estimar la edad a partir del análisis de medidas lineales (principalmente) de la pulpa y raíz a partir de radiografías. El presente trabajo tiene como objetivo comparar y analizar el correlato entre la edad de los individuos y las medidas lineales y superficiales de diente y de pulpa. Fueron seleccionados 51 caninos superiores y 73 caninos inferiores pertenecientes a 84 individuos adultos provenientes de la colección Lambre (Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata). Se relevaron y calcularon los cocientes correspondientes a partir del conjunto de medidas lineales y superficiales de pulpa y diente. Considerando el factor desgaste, se propuso calcular un nuevo cociente denominado área pulpar-radicular (APR), obtenido de medidas superficiales de cavidad pulpar y dentina radicular (SP/SR). Los resultados obtenidos evidenciaron que las medidas superficiales se correlacionan mejor con la edad, y de estas, el APR fue el que mejor correlato etario manifestó.

Palabras clave: Dentina secundaria; Edad cronológica; Medidas lineales; Medidas superficiales.

Secondary dentine formation as an age indicator: analysis of linear and superficial measurements in permanent dentition of human skeletal remains from a contemporary documented collection

ABSTRACT

Secondary dentine formation is a process that occurs gradually and steadily after the completion of tooth development, causing the pulp cavity to shrink over time. Its importance for forensic practice lies in the possibility of estimating age from the analysis of linear measurements (mainly) of the pulp and root from radiographs. The present work aims to compare and analyse the correlation between the age of individuals and the linear and superficial measurements of tooth and pulp. Fifty-one upper canines and 73 lower canines belonging to 84 adult individuals from the Lambre collection (FCM-UNLP) were selected. The corresponding ratios were collected and calculated from the set of linear and surface measurements

Gonzalo Garizoain. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Cátedra de Citología, Histología y Embriología "A", Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Calle 60 y 120 s/n, La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: ggarizoain@med.unlp.edu.ar; gonzagarizoain@gmail.com

Marcos Plischuk. CONICET. Cátedra de Citología, Histología y Embriología "A", Facultad de Ciencias Médicas, UNLP. Calle 60 y 120 s/n, La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: marcosplischuk@yahoo.com.ar

Susana Alicia Salceda. CONICET. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Paseo del Bosque s/n, La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: ssalceda@fcnym.unlp.edu.ar

Marcela Nilda García. Cátedra de Citología, Histología y Embriología "A", Facultad de Ciencias Médicas, UNLP. Calle 60 y 120 s/n, La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: mngarcia@med.unlp.edu.ar

of pulp and tooth. Considering the wear factor, it was proposed to calculate a new ratio (APR) obtained from surface measurements of the pulp cavity and root dentine (SP/SR). The results obtained showed that the surface measurements correlate best with age, and of these, the APR was the one that showed the best correlation with age.

Keywords: Secondary dentine; Chronological age; Linear measurement; Superficial measurement.

INTRODUCCIÓN

La estimación de la edad a partir del análisis de esqueletos desconocidos o en casos de individuos indocumentados es de vital importancia para la práctica forense, por sus implicancias legales (Ritz-Timme et al., 2002; Cunha et al., 2009; Cappella et al., 2017). En los últimos años, de los elementos que conforman el sistema esquelético y dentario humano, la dentición ha recibido creciente atención por parte de las investigaciones antropológicas forenses dado su potencial informativo, principalmente en materia de edad (Lamendin et al., 1992; Kvaal y Solheim, 1994; Hillson, 1996, 2014; Liversidge et al., 2003; Cameriere et al., 2004; Meinl et al., 2007; Ramsthaler et al., 2014; Garizoain et al., 2020, 2021; Parra et al., 2020; Petrone et al., 2020). De aquellos indicadores dentarios que experimentan cambios con el paso del tiempo, la traslucidez de la dentina, la formación de dentina secundaria y el desgaste dental sobresalen en la literatura científica de la disciplina como los más considerados para el desarrollo de metodologías de estimación de la edad (Lovejoy, 1985; Hillson, 1996; Mays, 2002; Prince y Ubelaker, 2002; Cameriere et al., 2004; Prince y Konigsberg, 2008; Faillace et al., 2017; Garizoain, 2019; Parra et al., 2020).

La formación de dentina secundaria es un proceso que ocurre de manera gradual y constante una vez culminado el desarrollo de la pieza dentaria (Kvaal y Solheim, 1994; Kvaal et al., 1995; Gomez de Ferraris y Campos Muñoz, 2002; Cameriere et al., 2004; Chiego Jr., 2014). Este tejido se deposita en el límite dentina/pulpa en sentido pulpar, lo que ocasiona una disminución de la cavidad pulpar con el paso del tiempo. La formación de dentina secundaria comenzó entonces a ser analizada y considerada por diversas investigaciones como un indicador confiable para estimar la edad en los individuos adultos (Kvaal y Solheim, 1994; Kvaal et al., 1995; Cameriere et al., 2004, 2006, 2007; Luna, 2006; Landa et al., 2009; Erbudak et al., 2012; Kanchan Talreja et al., 2012). Fue Gustafson (1950) quien, de una manera sistemática, dio cuenta de la relación con la edad que guardan los cambios

que acontecen en el complejo dentino/pulpar. En su propuesta, el autor analiza este junto con otros cinco indicadores dentales a partir de cortes delgados y establece un sistema de *scores* que evalúa el grado de disminución de la cavidad pulpar, que luego es utilizado en una ecuación de regresión (Gustafson, 1950).

No fue sino hasta el trabajo presentado por Kvaal y Solheim (1994) que se introdujeron las imágenes radiográficas como soporte para el relevamiento del incremento de la dentina secundaria y su relación con la edad individual. Esta metodología focaliza en el relevamiento de medidas lineales sobre radiografías que cuantifican de forma indirecta los cambios acaecidos en el complejo dentino/pulpar a partir de medidas de raíz, pulpa y diente. Una vez determinadas estas, se calculan una serie de cocientes que son utilizados en ecuaciones de regresión donde priman aquellos obtenidos a partir de medidas a nivel de la raíz (Kvaal y Solheim, 1994; Kvaal et al., 1995). Posteriormente, diversos estudios analizaron el rendimiento de esta metodología y reportaron resultados diversos en términos de precisión y exactitud de las estimaciones realizadas (Bosman et al., 2005; Sharma y Srivastava, 2010; Erbudak et al., 2012; Kanchan Talreja et al., 2012; Limdiwala y Shah, 2013; Marroquin Penaloza et al., 2016; Mittal et al., 2016).

En contraposición con las propuestas que analizan los cambios en el complejo dentino/pulpar a partir de medidas lineales de radiografías dentales para estimar la edad, Cameriere y colaboradores (2004) proponen calcularla a partir de medidas superficiales de pulpa y diente. En dicho estudio, los autores sugieren centrarse en el análisis de medidas superficiales de caninos para el cálculo de cocientes que luego serán utilizados en ecuaciones de regresión estimadoras de la edad. Varios estudios posteriores encontraron errores inferiores a 10 años sin diferencias por sexo en el rendimiento (Babshet et al., 2011; De Luca et al., 2011; Star et al., 2011; Cameriere et al., 2020). Asimismo, estos autores proponen fórmulas específicas para caninos superiores e inferiores (Cameriere et al., 2007, 2009).

En el ámbito local, son escasas las investigaciones en las cuales se han aplicado estas metodologías para la estimación de la edad. Como antecedentes, destacan la aplicación de la propuesta de Kvaal y Solheim (1994) en una muestra de restos óseos humanos contemporáneos provenientes de la colección Lambre (Garizoain, 2019) o el estudio llevado a cabo por Luna (2006) sobre un conjunto de esqueletos humanos de contextos arqueológicos proveniente del sitio Chenque I (La Pampa, Argentina). El primer caso corresponde a un análisis de la metodología de estimación de la edad basada en medidas lineales, que se limitó a efectuar la comparación de las edades estimadas y documentadas en conjunto con los errores en las estimaciones (Garizoain, 2019). En cuanto al segundo antecedente, la muestra estudiada corresponde a individuos cuya edad cronológica es desconocida (lo cual dificulta su extrapolación a contextos forenses). Sin embargo, el autor encuentra en las estimaciones resultados similares a los obtenidos a partir de otros indicadores esqueléticos, como por ejemplo, la sínfisis y la carilla auricular (Luna, 2006).

A pesar del considerable desarrollo de investigaciones a nivel mundial en torno a la utilidad de la formación de dentina secundaria como estimadora de la edad, poco se ha indagado en relación con las diferencias entre enfoques que consideran medidas lineales y aquellos que se basan en medidas superficiales. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo es analizar y comparar el correlato etario

de medidas lineales y superficiales de diente/pulpa relevadas sobre radiografías, y su posible utilidad en la estimación de la edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 51 caninos superiores (CMS) y 73 caninos inferiores (CMI) pertenecientes a 84 individuos adultos (32 femeninos y 52 masculinos) provenientes de la colección Lambre (Facultad de Ciencias Médicas-Universidad Nacional de La Plata [FCM-UNLP]) con edades comprendidas entre los 18 y los 91 años (Media = 52,17; Mediana = 50) (Figura 1). Todos los individuos presentan información documental asociada (edad, sexo, fecha y causa de muerte, entre otras) provenientes de las actas del Cementerio Municipal de la ciudad de La Plata (Salceda *et al.*, 2012).

Para el relevamiento radiográfico se posicionaron los caninos sobre el plano mesiodistal de una placa de cera dental roja. Las radiografías dentales fueron obtenidas en el Hospital Interzonal General de Agudos "Profesor Dr. Rodolfo Rossi" utilizando un tubo de rayos X columna Dinan Digitalizadora AGFA CR30XM (42Kv y 6,4 Mamp). Posteriormente, se transformó el archivo DICOM en uno con formato JPG para su procesamiento.

En primera instancia, se relevaron las medidas lineales de acuerdo con la propuesta de Kvaal y

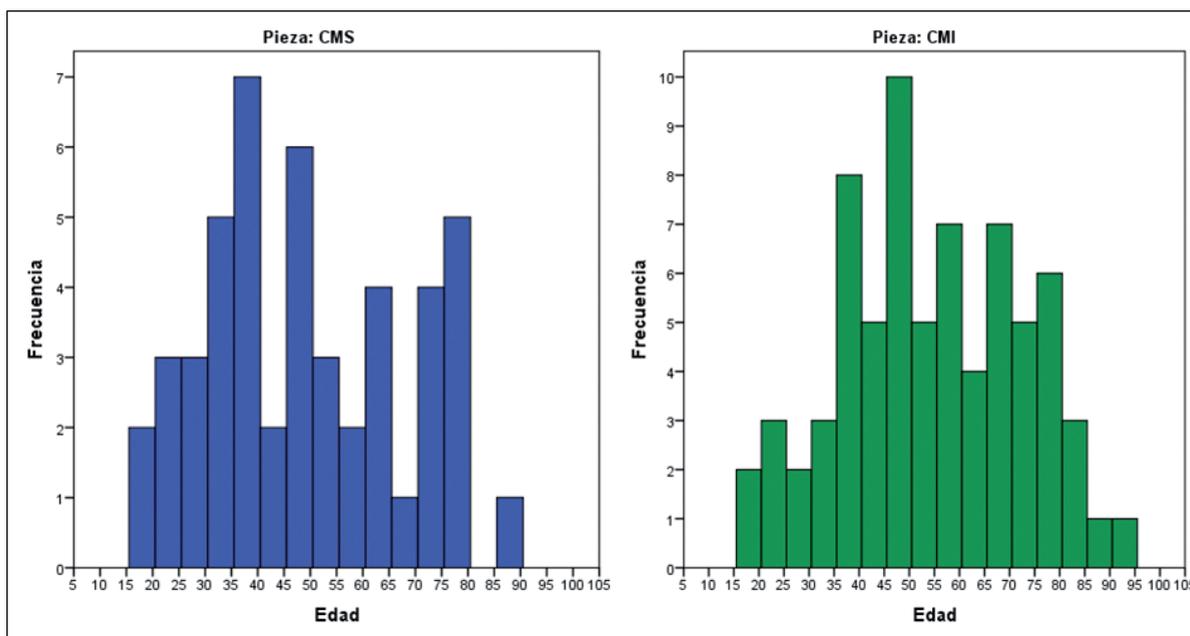


Figura 1. Distribución de los individuos analizados en función de la edad cronológica por tipo de diente. CMS (Media edad cronológica = 48,58), CMI (Media edad cronológica = 54,14).

Solheim (1994), y las superficiales, según Cameriere y colaboradores (2004) utilizando el *software* de análisis de imágenes ImageJ. Las mediciones (Tabla 1 y Figura 2) que se realizaron fueron el ancho de la raíz y pulpa a nivel de la unión cemento esmalte (A), nivel medio de la raíz (C) y en un punto intermedio entre ambas (B), así como también la longitud del diente y de la pulpa (Kvaal y Solheim, 1994; Kvaal *et al.*, 1995). En cuanto a las medidas superficiales, se relevaron el área del diente, de la pulpa (Cameriere *et al.*, 2004), así como también una nueva medida propuesta para este estudio, que es el área de la raíz. Para este relevamiento se establece un punto que indica el límite cemento-esmalte sobre los márgenes mesial y distal del diente. Luego se unen ambos puntos con una línea y se remarca el contorno de la raíz, para delimitar su área (Figura 3).

Una vez obtenidas las medidas, se realizaron los cálculos de los cocientes propuestos por Kvaal y Solheim (1994) y Cameriere *et al.* (2004). Por otro lado, se desarrolló uno nuevo a partir de medidas superficiales de raíz y diente, denominado APR. La importancia de este nuevo cociente propuesto radica en la posibilidad de minimizar el impacto del desgaste dental. Todos los cocientes utilizados en el presente estudio se exponen en la Tabla 1.

Se analizó la correlación etaria de los cocientes considerando factores como la edad cronológica (a partir de cohortes con intervalos de 15 años) y el sexo, utilizando la prueba de t de Student y el coeficiente de correlación de Pearson. A fin de evaluar la confiabilidad de las medidas, se realizó una prueba de error intraobservador a partir de dos sets de medidas relevadas con una semana de diferencia. Para tal fin, se utilizaron la prueba de t de Student y el coeficiente de correlación intraclase

(CCI). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el *software* SPSS 23.0.

RESULTADOS

Pruebas de normalidad

En primera instancia se evaluó la normalidad en la distribución de las variables analizadas a partir de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. En términos generales, todas las medidas se distribuyeron de manera normal, por lo que la estadística utilizada en el presente estudio fue paramétrica. Los resultados se exponen en la Tabla 2.

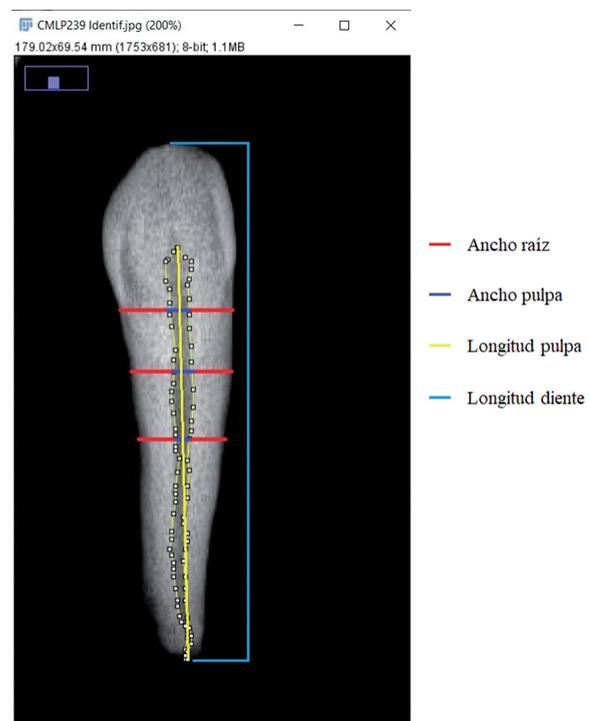


Figura 2. Ejemplo de la manera en que se relevaron el ancho de la raíz (rojo), el ancho de la pulpa (azul oscuro), la longitud de la pulpa (amarillo) y la longitud del diente (azul claro).

Cocientes lineales	Cocientes superficiales
FL = Longitud de la pulpa/Longitud del diente	APD = Superficie de la pulpa/Superficie del diente
FWCE (A) = Ancho de la pulpa/Ancho de la raíz (medidos a nivel de la unión cemento esmalte)	APR = Superficie de la pulpa/ Superficie de la raíz
FWMR (C) = Ancho de la pulpa/Ancho de la raíz (medidos a nivel medio de la raíz)	
FWM (B) = Ancho de la pulpa/Ancho de la raíz (medidos a nivel intermedio entre A y C)	

Tabla 1. Descripción de los cocientes lineales y superficiales utilizados con las medidas relevadas para calcularlos.

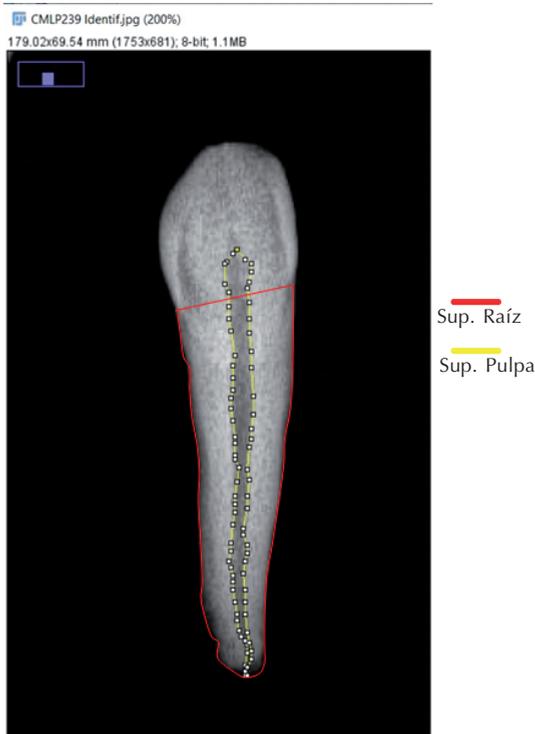


Figura 3. Ejemplo de la manera en que se relevaron la superficie de la pulpa (amarillo) y la superficie de la raíz (rojo).

Pruebas de error intraobservador

Los resultados estadísticos evidenciaron un elevado grado de reproductibilidad y confiabilidad de las variables analizadas. Estos son expuestos en detalle en la Tabla 3.

Diferencias por sexo en el incremento de dentina secundaria

En el caso de los cocientes lineales, los resultados fueron los siguientes: en relación con el cociente longitud de pulpa/longitud de diente (FL), las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($t=-0,39$; $p=0,69$); el cociente ancho de la pulpa/ancho raíz a nivel de la unión cemento esmalte (FWCE) tampoco fue significativo ($t=0,96$; $p=0,35$). Por último, el cociente a nivel medio de la raíz (FWMR) y aquel intermedio entre FWCE y FWMR (FWM) tampoco ofrecieron diferencias estadísticamente significativas según el sexo (FWM: $t=-0,55$; $p=0,58$; FWMR: $t=-0,12$; $p=0,9$). En ningún caso se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Por otro lado, respecto de los cocientes superficiales, los resultados de las comparaciones estadísticas fueron los siguientes: tanto para el cociente APD ($t=0,43$; $p=0,66$) como para el cociente APR

Medidas lineales						
	Caninos superiores			Caninos inferiores		
	n	K-S	p	n	K-S	p
Long. pulpa	48	0,07	0,2	72	0,06	0,2
Long. raíz	48	0,07	0,2	72	0,09	0,2
Long. diente	48	0,09	0,2	72	0,06	0,19
Anc. pulpa (A)	48	0,07	0,2	72	0,04	0,18
Anc. raíz (A)	48	0,1	0,21	72	0,12	0,00**
Anc. pulpa (B)	48	0,09	0,2	72	0,08	0,2
Anc. raíz (B)	48	0,09	0,2	72	0,08	0,2
Anc. pulpa (C)	48	0,09	0,2	72	0,12	0,00**
Anc. raíz (C)	48	0,08	0,2	72	0,06	0,19
Medidas superficiales						
	Caninos superiores			Caninos inferiores		
	n	K-S	p	n	K-S	p
Área pulpa	48	0,09	0,2	72	0,11	0,2
Área diente	48	0,1	0,2	72	0,1	0,2
Área raíz	48	0,08	0,2	72	0,1	0,2

Nota. ** Resultados altamente significativos.

Tabla 2. Resultados de las pruebas de normalidad de las variables analizadas. En todos los casos se utilizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Medidas lineales						
	Prueba t de Student			Coeficiente de correlación intraclase		
	n	t	p	n	CCI	p
Long. pulpa	36	-0,59	0,55	36	0,96	0,00**
Long. raíz	36	-0,01	0,98	36	0,95	0,00**
Long. diente	36	-0,06	0,94	36	0,99	0,00**
Anc. pulpa	36	0,54	0,58	36	0,97	0,00**
Anc. raíz	36	0,72	0,47	36	0,98	0,00**
Medidas Superficiales						
	Prueba t de Student			Coeficiente de correlación Intraclase		
	n	t	p	n	CCI	p
Área pulpa	22	-0,09	0,92	22	0,99	0,00**
Área diente	22	0,28	0,77	22	1	0,00**
Área raíz	22	-0,21	0,83	22	1	0,00**

Nota. ** Resultados altamente significativos.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de error intraobservador.

($t=1,02$; $p=0,3$), las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Análisis de medidas lineales de incremento de dentina secundaria

Aplicados a la muestra general, los coeficientes de correlación de Pearson evidenciaron que todos los cocientes calculados a partir de medidas de la raíz se relacionan significativamente con la edad (FL: $r=0,04$, $p=0,64$; FWCE: $r=-0,2$, $p=0,02^*$; FWM: $r=-0,23$, $p=0,01^*$; FWMR: $r=-0,19$, $p=0,03^*$). Por otro lado, al segmentar el análisis según sea canino superior o inferior, solo el cociente FWM en caninos superiores se correlacionó significativamente con la edad (Tabla 4).

	CMS			CMI		
	n	r	p	n	r	p
FL	50	0,00	0,95	71	-0,07	0,53
FWCE(A)	50	-0,22	0,11	71	-0,14	0,23
FWM(B)	49	-0,39	0,00**	68	-0,09	0,44
FWMR(C)	50	-0,16	0,24	71	-0,2	0,09

Nota. ** Resultados altamente significativos.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre edad cronológica y los cocientes lineales calculados en CMI y CMS.

Al dividir el análisis por grupos de edad, se observa que, para la muestra total, solo los cocientes FWM en menores de 35 años y en mayores de 80, y el FL en individuos de 66 a 80 años se correlacionaron significativamente con la edad. Por el contrario, al segmentar la muestra en caninos superiores e inferiores y grupo de edad, solo el cociente FWM en menores de 35 años mantuvo esa correlatividad en ambos tipos de caninos (Tabla 5).

Análisis de medidas superficiales de incremento de dentina secundaria

Los cocientes superficiales mostraron una correlación significativa con la edad para la muestra general (APD $r=-0,44$, $p=0,00$; APR $r=-0,47$, $p=0,00$).

		Total			CMS			CMI		
		n	r	p	n	r	p	n	r	p
<35	FL	31	-0,32	0,7	16	-0,29	0,26	15	-0,34	0,2
	FWCE(A)	23	-0,32	0,12	13	-0,36	0,22	10	-0,44	0,19
	FWM(B)	23	-0,6	0,00**	13	-0,57	0,03	10	-0,67	0,03*
	FWMR(C)	23	-0,37	0,08	13	0,24	0,42	10	-0,61	0,06
36-50	FL	43	0	0,97	20	0,12	0,6	23	-0,05	0,8
	FWCE(A)	39	0,22	0,17	16	0,09	0,71	23	0,36	0,08
	FWM(B)	38	0,09	0,56	16	-0,02	0,94	22	0,19	0,38
	FWMR(C)	39	0,3	0,06	16	0,34	0,19	23	0,28	0,18
51-65	FL	31	0,7	0,68	14	0,37	0,19	17	-0,12	0,64
	FWCE(A)	25	0,01	0,95	10	-0,32	0,36	15	0,22	0,42
	FWM(B)	24	-0,18	0,37	10	-0,56	0,09	14	0,08	0,77
	FWMR(C)	25	0,16	0,44	10	-0,16	0,65	15	0,41	0,12
66-80	FL	25	0,41	0,03*	9	0,48	0,19	16	0,49	0,05
	FWCE(A)	28	-0,08	0,67	10	-0,03	0,91	18	-0,25	0,31
	FWM(B)	26	-0,16	0,42	9	-0,14	0,70	17	-0,09	0,71
	FWMR(C)	28	0	0,98	10	-0,26	0,45	18	-0,06	0,81
>80	FL	8	-0,51	0,17	ND	1	ND	6	-0,49	0,32
	FWCE(A)	6	-0,46	0,35	ND	1	ND	5	-0,24	0,69
	FWM(B)	6	-0,88	0,01	ND	1	ND	5	-0,90	0,03*
	FWMR(C)	6	-0,77	0,07	ND	1	ND	5	-0,78	0,12

Nota. * Resultados significativos. ** Resultados altamente significativos.

Tabla 5. Resultados de los coeficientes de correlación de Pearson entre edad cronológica y los cocientes lineales por grupos de edad para CMS y CMI.

En ambos casos, el r de Pearson es negativo, de lo cual se deduce que el valor del cociente se reduce con la edad. Al dividir por tipo de diente, se repite la misma tendencia que en la muestra general. Para el canino superior, el cociente APD presentó un coeficiente de Pearson de $-0,43$ ($p=0,00$) y un APR de $-0,54$ ($p=0,00$). Por otro lado, para caninos inferiores, el cociente APD fue de $-0,41$ ($p=0,00$) y el APR, de $-0,40$ ($p=0,00$). En cuanto a los grupos de edad, solo en individuos menores a 35 y mayores de 80 años los cocientes se correlacionaron significativamente con la edad, indistintamente del tipo de pieza dentaria de la que se tratara (Tabla 6).

DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

La interfaz dentino/pulpar es una región donde se produce la formación de dentina secundaria una vez finalizada la del diente (Gomez de Ferraris y Campos Muñoz, 2002). Como consecuencia de este proceso, con el paso del tiempo se ve disminuido el volumen de la cavidad pulpar (Kvaal et al., 1995; Cameriere et al., 2004; Chiego Jr., 2014), hecho reflejado en los valores de los coeficientes de Pearson calculados para los distintos cocientes (los cuales indican una baja correlación). Asimismo,

a menos que el proceso de formación sea discontinuo en la superficie dentino/pulpar, los túbulos de dentina secundaria suelen continuarse con los de la dentina primaria (Chiego Jr., 2014). Esta irregularidad ha sido destacada en otros estudios, y se evidencia en el actual en los diferentes grados de correlatividad de los cocientes lineales (Philippas, 1961; Prapanpoch et al., 1992; Kanchan Talreja et al., 2012; Garizoain, 2019). No obstante, solo aquellos cocientes que fueron calculados a partir de medidas realizadas en la raíz presentaron

		Muestra total			CMS			CMI		
		n	r	p	n	r	p	n	r	p
<35	APD	23	-0,57	0,00**	13	-0,6	0,02*	10	-0,56	0,00**
	APR	23	-0,59	0,00**	13	-0,65	0,01*	10	-0,58	0,00**
35-50	APD	38	-0,04	0,78	15	0,01	0,97	23	-0,01	0,94
	APR	38	-0,1	0,94	15	0,03	0,91	23	-0,03	0,87
51-65	APD	25	-0,3	0,14	9	-0,48	0,19	16	-0,15	0,74
	APR	25	-0,28	0,17	9	-0,51	0,15	16	-0,08	0,55
66-80	APD	28	-0,29	0,12	10	-0,3	0,38	18	-0,38	0,11
	APR	28	-0,34	0,07	10	-0,48	0,15	18	-0,34	0,16
>80	APD	6	-0,91	0,01*	1	ND	ND	5	-0,97	0,00**
	APR	6	-0,95	0,00**	1	ND	ND	5	-0,95	0,00**

Nota. * Resultados significativos. ** Resultados altamente significativos.

Tabla 6. Resultados de los coeficientes de correlación de Pearson entre edad cronológica y los cocientes superficiales por grupos de edad para CMS y CMI.

correlaciones significativas con la edad cronológica. Esta diferencia en el grado de asociación con la edad se debería principalmente a la influencia de factores extrínsecos al proceso de formación de dentina secundaria (Philippas, 1961; Kanchan Talreja *et al.*, 2012; Garizoain, 2019). En estos casos, la dentina responde ante el estímulo pulpar formando un nuevo tipo de tejido que se conoce como *dentina terciaria, reparativa o de respuesta* (Chiego Jr., 2014). Este tipo dentinal aparece como resultado de atrición, abrasión, caries o procedimientos restaurativos, y se forma solo en áreas estimuladas. Como consecuencia de la duración e intensidad del estímulo, la organización histoestructural puede ser similar al de la dentina secundaria (depósito y formación lenta) o irregular, con escasos túbulos y entrelazados (rápida formación) (Gomez de Ferraris y Campos Muñoz, 2002; Chiego Jr., 2014). Precisamente, la región del techo de la pulpa coronal es una zona sometida a un constante estímulo debido a factores como la atrición o abrasión de los dientes, por lo que no resulta desacertado suponer que sería la región del complejo dentino-pulpar donde mayor cantidad de dentina terciaria se forma. Esto tendría como consecuencia la pérdida de correlatividad con la edad de los cocientes calculados sobre el eje longitudinal de la pieza dentaria (FL), aspecto que ha sido resaltado en otras investigaciones (Philippas, 1961; Prapanpoch *et al.*, 1992; Kanchan Talreja *et al.*, 2012; Garizoain, 2019) y que fue observado en el presente trabajo. No obstante, para determinar la presencia de dentina terciaria en el techo de la pulpa coronal, es preciso realizar el diagnóstico por medio de análisis histológicos (Chiego Jr., 2014).

Por otro lado, cuando se discriminó por tipo de diente, solo los caninos superiores presentaron una

correlación significativa con la edad en el cociente FWM, lo que indica, como se mencionó anteriormente, que los cocientes relevados a nivel de la raíz reflejan mejor el cambio que ocurre con la edad en el complejo dentino-pulpar. Asimismo, por grupos etarios, se ve que solo en menores de 35 años el cociente FWM mantiene una correlación significativa con la edad (indistintamente del tipo de diente). Este hecho será retomado más adelante y discutido en conjunto con los resultados de las medidas superficiales. Por otro lado, es necesario destacar que, en individuos mayores de 80 años, el FWM presenta

una correlación significativa con la edad. Sin embargo, considerando el bajo n muestral en ese grupo, estos resultados deben interpretarse con precaución. Para poder darle mayor solidez a la interpretación de esos datos estadísticos, sería imperioso aumentar el número de individuos en esas edades. En cuanto al sexo, no se observan diferencias en el grado de correlación con la edad de los cocientes lineales. Esto coincide con lo reportado en estudios anteriores (Garizoain, 2019), en los que, al evaluar las fórmulas predictoras de la edad basadas en cocientes lineales desarrolladas por Kvaal y Solheim (1994), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en su rendimiento en función del sexo. Si bien el estudio al que se hace referencia es una validación metodológica, los cocientes lineales utilizados en las funciones discriminantes son los mismos que se evaluaron en el presente análisis.

Los cocientes calculados a partir del área de la pulpa y del diente evidencian una mejor correlación con la edad, que en todos los casos es estadísticamente significativa y no presenta diferencias por sexo. Asimismo, aquel que considera la superficie de la raíz (APR) se relaciona (levemente) mejor con la edad que el que toma como referencia la totalidad del área del diente (APD), lo que refiere al impacto que factores extrínsecos tienen sobre la formación de dentina secundaria. Como se mencionó anteriormente, procesos de atrición, abrasión, caries, entre otros, estimulan la formación de dentina terciaria, lo que genera un impacto en la correlación que este indicador guarda con la edad (Chiego Jr., 2014). Sumado a esto, el desgaste dental es otro factor que influye, ya que modifica la superficie total del diente, lo que impacta en el cálculo del cociente propuesto por Cameriere

y colaboradores (2004) y es un proceso que se ve influenciado por factores como el tipo de dieta o el uso paramasticatorio de la dentición (Philippas, 1961; Chiego Jr., 2014). Por este motivo, la utilización de la medida de superficie de la raíz como referencia para analizar los cambios que ocurren en la cavidad pulpar resulta de mayor utilidad, ya que esta se ve menos afectada por factores extrínsecos en comparación con la superficie del diente. Este aspecto se ve corroborado por los r de Pearson, los que resultaron mayores en el APR.

Por otro lado, los coeficientes de correlación resultaron estadísticamente significativos y con valores similares indistintamente del tipo de diente. Este hecho contrasta con lo sucedido en medidas lineales, donde, al segmentar la muestra en caninos inferiores y superiores, los coeficientes no resultaron estadísticamente significativos (salvo en FWM). Esta mejor consistencia en los resultados apoyaría a la utilización de coeficientes superficiales para la estimación de la edad.

Por último, el análisis por grupo de edad refleja (al igual que en los cocientes lineales) que en individuos menores a 35 años, los cocientes lineales en su totalidad presentan una correlación significativa (media) con la edad cronológica. Si bien en individuos mayores de 80 años los resultados también fueron estadísticamente significativos, el bajo número muestral obliga a interpretarlos de manera cautelosa.

Resulta interesante la coincidencia en el grupo de menores a 35 años, tanto de cocientes lineales como superficiales, en los que la formación de dentina secundaria se correlaciona con la edad. Luego tal asociación se pierde, lo que podría explicarse por el aumento del impacto de procesos de desgaste en el incremento de dentina en el complejo pulpo-dentinar (Kanchan Talreja *et al.*, 2012). Asimismo, los factores mencionados anteriormente también modifican la dimensión de las piezas dentarias, lo que repercute en la relación con la edad de estos cocientes. Por tal motivo es que, con el paso del tiempo, estos pierden correlación etaria. Sin embargo, no es el único motivo que explicaría la pérdida de correlatividad entre este indicador y la edad cronológica.

Diversos estudios han reportado que, como consecuencia del envejecimiento celular de los odontoblastos –en el que juega un rol clave el sistema lisosómico autofágico–, se produce una disminución en la actividad fisiológica y funcional de estas

células (Murray *et al.*, 2002; Couve *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2013). Esto, a su vez, ocasionaría una menor actividad formadora de dentina y mineralización de los tejidos dentales (Couve *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2013). Vinculada con esta reducción funcional de los odontoblastos en células envejecidas se encuentra la mayor acumulación de depósitos de lipofuscinas en el citoplasma, lo que ya ha sido descrito en otros tipos celulares (Rubinsztein *et al.*, 2011).

Si consideramos en su conjunto los procesos normales del envejecimiento celular de los odontoblastos y los factores extrínsecos que inciden en la formación de dentina, es posible pensar que la estimación de la edad a partir de la formación de dentina secundaria se dificulte en individuos mayores (principalmente). La problemática de la estimación de la edad en individuos mayores es un hecho que atraviesa numerosas metodologías e indicadores. Este fenómeno, denominado por Nawrocki (2010) como el efecto trayectoria, es uno de los temas a resolver y minimizar en los estudios técnico-metodológicos de la antropología forense (Prince y Konigsberg, 2008; Parra *et al.*, 2020; Garizoain *et al.*, 2021).

Respecto de la dentina secundaria, resulta pertinente destacar que la utilización de medidas superficiales posibilita una aproximación más fiel a los cambios vinculados con la edad que ocurren en el complejo dentino-pulpar. Por consiguiente, la utilización de este tipo de cocientes debería permitir el desarrollo de metodologías para la estimación de la edad más precisas que aquellas que se basen en medidas lineales. Sin embargo, el impacto de la edad cronológica y los procesos de desgaste deben ser tenidos en cuenta. En el caso de individuos mayores o que presenten grados elevados de desgaste dental, la utilización de este indicador etario no sería del todo aconsejable (aunque la utilización del cociente APR podría mitigar los efectos de este último). Esto podría deberse a que el desgaste dental no afectaría a la medida (en este caso, la superficie de la raíz) que se toma como punto de referencia para evaluar los cambios en la cavidad pulpar. No obstante, es posible aseverar que solo en individuos menores a 35 años la formación de dentina secundaria guarda relación con la edad cronológica.

Para finalizar, creemos importante que los estudios de la formación de dentina secundaria como indicador etario se focalicen en conocer el rendimiento de metodologías de estimación de la edad basados en medidas superficiales de pulpa y diente

en poblaciones locales. El incremento del número de individuos en las muestras para la validación y desarrollo de fórmulas es clave para el desarrollo de estos trabajos, aspecto que será atendido en futuros análisis.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al CONICET y a la Universidad Nacional de La Plata, que a través de diferentes subsidios y becas han permitido el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, también deseamos agradecer al personal y autoridades del Cementerio Municipal de La Plata.

REFERENCIAS CITADAS

- Babshet, M., Acharya, A. y Naikmasur, V. G. (2011). Age estimation from pulp/tooth are ratio (PTR) in an indian sample: A preliminary comparison of three mandibular teeth used alone and in combination. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 18, 350-354. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2011.07.003>
- Bosman, N., Ann, P., Aly, M. y Willems, G. (2005). The application of Kvaal's dental age calculation technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Science International*, 153, 208-212. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.08.017>
- Cameriere, R., Ferrante, L. y Cingolani, M. (2004). Variations in Pulp/Tooth área ratio as an indicator of age: a preliminary study. *Journal of Forensic Sciences*, 49(2), 1-3. 10.1520/JFS2003259
- Cameriere, R., Brogi, G., Ferrante, L., Mirtella, D., Vultaggio, C., Cingolani, M. y Fornaciari, G. (2006). Reliability in age determination by tooth/pulp ratio in upper canines in skeletal remains. *Journal of Forensic Sciences*, 51(4), 861-864. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00159.x>
- Cameriere, R., Ferrante, L., Belcastro, M. G., Bonfiglioli, B., Rastelli, E. y Cingolani, M. (2007). Age estimation by pulp/tooth ration in canines by mesial and vestibular peri-apical x-rays. *Journal of Forensic Sciences*, 52(5), 1151-1155. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00530.x>
- Cameriere, R., Cunha, E., Sassaroli, E., Nuzzolese, E. y Ferrante, L. (2009). Age estimation by pulp/tooth area ratio in canines: Study in a Portuguese sample to test Cameriere's method. *Forensic Science International*, 193(128), e1-e6. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.09.011>
- Cameriere, R., De Luca, S., Soriano Vazquez, I., Kis, H. C., Pigolkin, Y., Kumagai, A. y Ferrante, L. (2020). A full bayesian calibration model for assessing age in adults by means of pulp/tooth area ratio in periapical radiography. *International Journal of Legal Medicine*, 135, 677-685. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02438-2>
- Cappella, A., Cummaudo, M., Arrigoni, E., Collini, F. y Cattaneo, C. (2017). The issue of age estimation in a modern skeletal population: Are even the more modern current aging methods satisfactory for the Elderly? *Journal of Forensic Sciences*, 62(1), 12-17. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13220>
- Chiego Jr., D. J. (2014). *Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica*, 4.ª ed. Elsevier.
- Couve, E., Osorio, R. y Schmachtenberg, O. (2013). The Amazing odontoblast: Activity, Autophagy and Aging. *Journal of Dental Research*, 92(9), 765-772. <https://doi.org/10.1177/0022034513495874>
- Cunha, E., Baccino, E., Martrille, L., Ramsthaler, F., Prieto, J., Schuliar, Y. ..., Cattaneo, C. (2009). The problem of aging human remains and living individuals: A review. *Forensic Science International*, 193, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.09.008>
- De Luca, S., Bautista, J., Alemán, I. y Cameriere, R. (2011). Age-at-death estimation by pulp/tooth area ratio in canines: study of a 20th century Mexican sample of prisoners to test Cameriere's method. *Journal of Forensic Sciences*, 56(5), 1302-1309. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01784.x>
- Erbudak, H. O., Ozbek, M., Uysal, S. y Karabulut, E. (2012). Application of Kvaal's et al. age estimation method to a panoramic radiographs from Turkish individuals. *Forensic Science International*, 219, 141-146. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.12.012>
- Faillace K. E., Bethard, J. D. y Marks M. K. (2017). The applicability of dental wear in age estimation for a modern American population. *American Journal of Physical Anthropology*, 164(4), 776-787. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23318>
- Garizoain, G. (2019). *Patrones estructurales en dentición permanente humana como predictores de edad y sexo. Análisis de una colección osteológica documentada* [Tesis de posgrado, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata].
- Garizoain, G., Petrone, S., Plischuk, M., Inda, A. M. y García, M. N. (2020). Evaluation of Lamendin's age-at-death method in a documented osteological collection (La Plata, Argentina). *Forensic Science International: Reports*, 2, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100060>

- Garizoain, G., Parra, R. C., Escalante-Florez, K. J., Aranda, C. M., Luna, L. H., Condori, L. C., ..., Retana-Milán, F. (2021). Age-at-death estimation in adults using three forensic methodologies: A Lamendin's technique approach for Latin American context and the extension of a forensic international dental database. *Journal of Forensic Sciences*, 66(6), 2456-2468. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14805>
- Gomez de Ferraris, E. y Campos Muñoz, A. (2002). *Histología y Embriología Bucodental*, 2.^{da} ed. Editorial Médica Panamericana.
- Gustafson, G. (1950). Age determination on teeth. *The Journal of the American Dental Association*, 41, 45-54.
- Hillson, S. (1996). *Dental Anthropology*. Cambridge University Press.
- Hillson, S. (2014). *Tooth development in human evolution and bioarchaeology*. Cambridge University Press.
- Kanchan Talreja, P., Acharya, A. B. y Naikmasur, V. G. (2012). An assessment of the versatility of Kvaal's method of adult dental age estimation in Indians. *Archives of Oral Biology*, 57, 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.08.020>
- Kvaal S. y Solheim, T. (1994). A non-destructive dental method for age estimation. *Journal of Forensic Odontostomatology*, 12(1), 6-11.
- Kvaal, S. I., Kolveit, K. M., Thomsen, I. O. y Solheim, T. (1995). Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Science International*, 74, 175-1785. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(95\)01760-G](https://doi.org/10.1016/0379-0738(95)01760-G)
- Lamendin, H., Baccino, E., Humbert, J. F., Tavernier, J. C., Nossintchouk, R. M. y Zerrilli, A. (1992). A simple technique for age estimation in adult corpses: The two criteria dental method. *Journal of Forensic Sciences*, 37(5), 1373-1379. 10.1520/JFS13327]
- Landa, M. I., Garamendi, P. M., Botella, M. C. y Alemán, I. (2009). Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms. *International Journal of Legal Medicine*, 123, 1223-128. <https://doi.org/10.1007/s00414-008-0268-9>
- Lee, Y. H., Kim, G. E., Cho, H. J., Yu, M. K., Bhattari, G., Lee, N. y Yi, H. (2013). Aging of *In Vitro* pulp illustrates change of inflammation and dentinogenesis. *Journal of Endodontics*, 39(3), 340-345. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.10.031>
- Limbdiwala, P. G. y Shah, J. S. (2013). Age estimation using dental radiographs. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 5(2), 118-122. 10.4103/0975-1475.119778
- Liversidge, H. M., Lyons, F. y Hector, M. P. (2003). The accuracy of three methods of age estimation using radiographic measurements of developing teeth. *Forensic Science International*, 131, 22-29. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(02\)00373-0](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(02)00373-0)
- Lovejoy, C. O. (1985) Dental wear in the Libben population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68, 47-56. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680105>
- Luna, L. H. (2006). Evaluation of uniradicular teeth for age-at-death estimations in a sample from a Pampean hunter-gatherer cemetery (Argentina). *Journal of Archaeological Science*, 33, 1706-1717. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.03.003>
- Marroquin Penaloza, T. Y., Karkhanis, S., Kvaal, S. I., Nurul, F., Kanagasingam, S., Franklin, D., ..., Tennant, M. (2016). Application of Kvaal method for adult dental age estimation using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 44, 178-182. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2016.10.013>
- Mays, S. (2002). The relationship between molar wear and age in an early 19th century AD archaeological human skeletal series of documented age at death. *Journal of Archaeological Science*, 29, 86-871. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0751>
- Meinl, A., Tangl, S., Pernicka, E., Fenes, C. y Watzek, G. (2007). On the applicability of secondary dentin formation to radiological age estimation in young adults. *Journal of Forensic Sciences*, 52(2), 438-441. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00377.x>
- Mittal, S., Nagendrareddy, S. G., Sharma, M. L., Agnihotri, P., Chaudhary, S. y Dhillon, M. (2016). Age estimation based on Kvaal's technique using digital panoramic radiographs. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 8(2), 1-5. 10.4103/0975-1475.186378
- Murray, P. E., Stanley, H. R., Matthews, J. B., Sloan, A. J. y Smith, A. J. (2002). Age-related odontometric changes of human teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 93(4), 474-482. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.120974>
- Nawrocki, S. P. (2010) The nature and sources of error in the estimation of age at death from the skeleton. En K. Latham y M. Finnegan (Eds.). *Age estimation of the human skeleton* (pp. 79-101). Charles C. Thomas.
- Parra, R. C., Ubelaker, D. H., Adserias-Garriga, J., Escalante-Florez, K. J., Condori, L. A. y Buikstra, J. E. (2020). Root dentin translucency and forensic international dental database: Methodology for estimation age-at-death in adults using single-rooted teeth. *Forensic Science International*, 317, 110572. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110572>

- Petrone, S., Garizoain, G., García Mancuso, R. e Inda, A. M. (2020). Maximum length of deciduous dentition as an indicator of age during the first year of life: Methodological validation in a contemporary osteological collection. *Forensic Science International*, 303, 578-587. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00713.x>
- Philippas, G. G. (1961). Influence of occlusal wear and age on formation of dentin and size of pulp chamber. *Journal of Dental Research*, 40, 1186-1198. <https://doi.org/10.1177/00220345610400061301>
- Prapanpoch, S., Dove, S. B. y Cotton, J. A. (1992). Morphometric analysis of the dental pulp chamber as a method of age determination in human. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 13(1), 50-55. 10.1097/00000433-199203000-00011
- Prince, D. A. y Konigsberg, L. W. (2008). New Formulae for estimating age-at-death in the Balkans utilizing Lamendin's dental technique and Bayesian analysis. *Journal of Forensic Science*, 53(3), 608-611. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00713.x>
- Prince, D. A. y Ubelaker, D. H. (2002). Application of Lamendin's adult dental aging technique to a diverse skeletal sample. *Journal of Forensic Science*, 47(1), 107-116. 10.1520/JFS15209J
- Ramsthaler, F., Kettner, M. y Verhoff, M. A. (2014). Validity and reliability of dental age estimation of teeth root translucency based on digital luminance determination. *International Journal of Legal Medicine*, 128, 171-176. <https://doi.org/10.1007/s00414-013-0862-3>
- Ritz-Timme, S., Cattaneo, C., Collins, M. J., Waite, E. R., Schutz, H. W., Kaatsch, H. J., y Borrman, H. I. M. (2002). Age estimation: the state of art in relation to the specific demands of forensic practice. *International Journal of Legal Medicine*, 113, 129-136. <https://doi.org/10.1007/s004140050283>
- Rubinsztein, D. C., Marino, G. y Kroemer, G. (2011). Autophagy and Aging. *Cell*, 146, 682-695. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.07.030>
- Salceda, S. A., Desántolo, B., García Mancuso, R., Plischuk, M. e Inda, A. M. (2012). The 'Prof. Dr. Rómulo Lambre' collection: an Argentinian sample of modern skeletons. *Homo-Journal of Comparative Human Biology*, 63(4), 275-281. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2012.04.002>
- Sharma, R. y Srivastava, A. (2010). Radiographic evaluation of dental age of adults using Kvaal's method. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 2(1), 22-26. 10.4103/0974-2948.71053
- Star, H., Thevissen P., Jacobs, R., Fieuws, S., Solheim, T. y Willems, G. (2011). Human dental age estimation by calculation of pulp-tooth volume ratios yielded on clinically acquired cone beam computed tomography image of monoradicular teeth. *Journal of Forensic Sciences*, 56(s1), 77-82.

