



Antropología Biológica

# La formación de dentina como estimadora de la edad: análisis de metodologías superficiales y lineales en una colección osteológica documentada (La Plata, Argentina)

*Dentin formation as an age estimator: analysis of superficial and linear methodologies in a documented osteological collection (La Plata, Argentina)*

Gonzalo Garizoain<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONICET-Catedra de Citología, Histología y Embriología, Facultad de Ciencias Médicas (UNLP), Argentina. E-mail: [ggarizoain@med.unlp.edu.ar](mailto:ggarizoain@med.unlp.edu.ar); [gonzagarizoain@gmail.com](mailto:gonzagarizoain@gmail.com)

## Resumen

La dentina secundaria es un tejido dentario que se forma regularmente en la interfaz pulpa-dentina, una vez finalizada la erupción de la pieza dentaria generando con el paso del tiempo una disminución de la cavidad pulpar. A partir de imágenes radiográficas de dentición permanente, se han desarrollado ecuaciones de estimación de la edad basadas en medidas lineales y superficiales. Dada la falta de investigaciones locales respecto al rendimiento de estas metodologías, en el presente estudio se propone evaluar dos fórmulas de estimación de la edad basados en medidas lineales y superficiales de radiografías dentales. Se seleccionó una muestra de radiografías dentales de caninos superiores e inferiores pertenecientes a 83 individuos adultos de la colección "Prof. Dr. Rómulo Lambre" (FCM-UNLP). Los resultados de las estimaciones reportaron un sesgo inferior a 10 años e imprecisiones promedio a los 16 años de error en las dos metodologías analizadas. Por otro lado, también se reportó una tendencia de ambos a sobreestimar la edad en individuos jóvenes y a subestimarla en individuos adultos mayores. No obstante, se encontró que el método basado en medidas superficiales ofrece mejores resultados en individuos menores a 50 años.

**Palabras clave:** Estimación de edad; Cameriere; Kvaal; Esquelético.

## Abstract

Secondary dentine is a dental tissue that forms regularly at the pulp-dentine interface after the eruption of the tooth has finished, leading to a decrease in the pulp cavity over time. From radiographic images of permanent dentition, age estimation equations based on linear and surface measurements have been developed. Given the lack of local research on the performance of these methodologies, the present study proposes to evaluate two age estimation formulae based on linear and surface measurements of dental radiographs. A sample of dental radiographs of upper and lower canines belonging to 83 adult individuals from the "Prof. Dr. Rómulo Lambre" collection (FCM-UNLP) was selected. The estimations presented a bias of less than 10 years and average inaccuracies of 16 years of error in the two methodologies analyzed. On the other hand, a tendency to overestimate age in young individuals and to underestimate age in older individuals was found with both methods. However, the methodology based on surface measurements provided better results in individuals younger than 50 years.

**Keywords:** Age estimation; Cameriere; Kvaal; Skeletal

## Introducción

La dentina secundaria es un tipo de dentina que comienza a formarse en sentido pulpar en la interfaz pulpa/dentina una vez concluida la formación y erupción del diente. Con el paso del tiempo el incremento de este tejido genera una disminución de la cavidad pulpar del diente (Chiego Jr, 2014; Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2002). Este aspecto de la dentina secundaria ha posibilitado que la misma sea incluida y utilizada en numerosas propuestas

metodológicas para la estimación de la edad de muerte en individuos que finalizaron su crecimiento (Babshet et al., 2010; Cameriere et al., 2004; Cameriere et al., 2009; Garizoain, 2019; Garizoain et al.; 2022; Kvaal y Solheim, 1994, Luna, 2006).

El primer método que incorpora el análisis de la formación de dentina secundaria para la estimación de la edad fue el de Gustafson (1950), quien a partir de cortes delgados o secciones longitudinales de mayor grosor de dientes

Recibido 24-05-2022. Recibido con correcciones 22-08-2022. Aceptado 14-11-2022

Revista del Museo de Antropología 15 (3): 81-90 / 2022 / ISSN 1852-060X (impreso) / ISSN 1852-4826 (electrónico)  
<http://revistas.unc.edu.ar/index.php/antropologia/index>

IDACOR-CONICET / Facultad de Filosofía y Humanidades – Universidad Nacional de Córdoba - Argentina



unirradiculares, evaluó a través de un sistema de *scores* el grado de formación de dentina secundaria. Dicho score luego es utilizado junto con otros indicadores dentales de la edad (como la translucidez de la raíz, el desgaste dental, la retracción del periodoncio, entre otros) en una ecuación de regresión que permitía el cálculo de la edad (Gustafson, 1950).

Con la publicación del estudio realizado por Kvaal y Solheim (1994), la utilización de cortes histológicos para la estimación de la edad de muerte a partir de medidas de dentina y pulpa, es dejada de lado en pos de las imágenes radiográficas. Los mencionados autores proponen una metodología de estimación de la edad basada en medidas de raíz y pulpa de dientes unirradiculares sobre radiografías periapicales. A partir de las medidas relevadas se construyen un conjunto de cocientes que luego son utilizados en diversas ecuaciones de regresión para la estimación de la edad (Kvaal y Solheim, 1994; Kvaal et al., 1995).

A partir de estudios de validación realizados en diferentes poblaciones, se observó que las fórmulas propuestas por Kvaal y Solheim (1994) presentan errores que varían entre los -7.21 y 3.01 años de error (Bosman et al., 2005; Landa et al., 2009). Por otro lado, otras investigaciones han reportado errores mayores a los mencionados anteriormente los cuales exceden los 10 años y se ubican entre los 12,17 y 25,10 (Erbudak et al., 2012; Kanchan Talreja et al., 2012). Estos resultados evidencian una variabilidad en términos de precisión de este método. En Argentina, el único antecedente de aplicación de la propuesta de Kvaal y Solheim (1994) sobre una muestra de restos humanos contemporáneos evidenció errores en las estimaciones entre los -4,18 y 27,42 años de error, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas en las estimaciones en incisivos laterales superiores, incisivos centrales inferiores y caninos superiores (Garizoain, 2019). Contrariamente a los estudios mencionados anteriormente, el realizado por Kanchan Talreja y colaboradores (2012) no reportó un buen rendimiento de las ecuaciones, resultando significativas las diferencias entre edad estimada y documentada en todos los casos, y con errores que varían entre los 18 y 20 años. Por otro lado, un aspecto a destacar de la metodología propuesta de Kvaal y Solheim (1994) es que los cocientes no presentan el mismo grado de correlación etaria. De estos, el cociente FL es el que menor asociación con la edad exhibe (Babshet et al., 2010; Burke y Samarawickrama, 1995; Garizoain et al., 2022; Philippas, 1961; Prapanpoch et al., 1992). Esto se debería a que, al considerar la longitud de la pulpa, en la región del techo de la cámara pulpar la dentina no se depositaría con la misma regularidad que en otras regiones ya que se vería influenciado por factores extrínsecos (Babshet et al., 2010; Burke y Samarawickrama, 1995; Garizoain 2019; Garizoain et al., 2022; Philippas, 1961; Prapanpoch et al., 1992). Procesos de desgaste dental, estimulan la

formación localizada de dentina terciaria generando de esta manera un impacto en la relación anteriormente mencionada (Chiego, 2014).

Décadas posteriores Cameriere y colaboradores desarrollan una metodología de estimación alternativa a las que utilizan medidas lineales de pulpa y raíz sobre imágenes radiográficas (Cameriere et al., 2004). En su estudio, los autores proponen una ecuación de regresión basada en la utilización de cocientes calculados a partir de medidas superficiales de pulpa y diente, cuyo error medio absoluto de los residuales es inferior a los 4 años y el error estándar de las estimaciones es de 5,35. Posteriormente llevan a cabo, sobre 3 muestras provenientes de cementerios históricos italianos, una evaluación de la utilidad de esta propuesta encontrando que el sesgo<sup>1</sup> y la imprecisión<sup>2</sup> es de 1,34 y 3,21 años respectivamente (Cameriere et al., 2007). Posteriormente, los autores desarrollan fórmulas específicas para caninos inferiores y superiores basadas en cocientes superficiales (Cameriere et al., 2009). Estas ecuaciones no reportan diferencias por sexo y ofrecen errores estándares de las estimaciones de +/- 9,87 en caninos superiores y +/- 8,91 en inferiores (Cameriere et al., 2009). Otro antecedente relevante es el estudio llevado a cabo por Babshet et al., (2011), quien utilizando la técnica de Cameriere desarrolla una serie de ecuaciones de regresión para tres dientes distintos. Los autores reportan errores en las estimaciones que varían entre los 12,12 y 13,08 años, lo cual contrasta con lo reportado por Cameriere en sus fórmulas. Sin embargo, encuentran que al combinar más de una pieza dentaria en las estimaciones los resultados mejoran, aunque no de forma considerable (Babshet et al., 2011).

A pesar de las diferencias en la manera de relevar los cambios que ocurren en la cavidad pulpar, la metodología propuesta por Kvaal y Solheim (1994) y Cameriere et al., (2004) comparten ciertas similitudes. Un punto en común es la no existencia de diferencias entre los sexos en la estimación de la edad. Tanto los estudios originales como aquellos que validan las propuestas no solo no reportan diferencias dimórficas en sus resultados, sino que tampoco generan ecuaciones específicas según esta variable (Cameriere et al., 2020; Garizoain, 2019; Garizoain et al., 2022; Jeevan et al., 2011; Star et al., 2011). Otra particularidad que comparten es la tendencia a sobreestimar la edad en individuos adultos jóvenes y a subestimarla en adultos mayores (Cameriere et al., 2006; Cameriere et al., 2007; Cameriere et al., 2012; Cameriere et al., 2020; De Luca et al., 2011; Drusini et al., 1997;

<sup>1</sup> Sesgo (Lovejoy et al. 1985): este concepto refiere al error promedio de las estimaciones que puede adoptar valores positivos o negativos indicando una tendencia a una subestimación (valores positivos) o sobrestimación (valores negativos). Es la diferencia entre la edad cronológica menos la edad estimada.

<sup>2</sup> Imprecisión (Lovejoy et al. 1985): este concepto refiere al error promedio absoluto de las estimaciones, el cual indica la magnitud promedio real de la diferencia entre edad cronológica y edad estimada. Su fórmula es igual a la del sesgo, pero como se mencionó anteriormente el resultado adopta valores absolutos.

Erbudak et al., 2012; Garizoain et al., 2022; Jeevan et al., 2011; Kanchan Talreja et al., Meinel et al., 2007; 2012; Star et al., 2011). No obstante, esta característica se evidencia en parte en otros métodos de estimación de la edad (Desántolo, 2013; Garizoain, 2019; Garizoain et al., 2020; Garizoain et al., 2021; Nawrocki, 2010; Murray y Murray, 1991; Moraitis et al., 2014; Parra et al., 2020).

A nivel nacional son escasos los estudios que han focalizado en el análisis de la dentina secundaria como estimadora de la edad en muestras contemporáneas de restos óseos. El primero en llevarse a cabo fue el de Luna (2006) sobre una muestra arqueológica de cazadores recolectores de la región Pampeana, donde el autor destaca buenos resultados de ciertos dientes unirradiculares en la estimación de la edad de muerte, así como también un grado de concordancia entre las estimaciones realizadas a partir de la dentición con aquellas llevadas a cabo con la sínfisis púbica y la carilla auricular. Posteriormente se destaca el de Garizoain (2019) donde se evalúa la propuesta de Kvaal y Solheim (1994) en una muestra de la colección Lambre. Por último, Garizoain y colaboradores (2022) realizan un análisis comparativo de cocientes calculados a partir de medidas lineales y superficiales de los cambios que ocurren en la cavidad pulpar vinculados con la edad. Los autores reportan que en general tanto cocientes lineales como superficiales se correlacionan con la edad, aunque estos últimos lo hacen de una mejor manera (Garizoain et al., 2022). Considerando la poca cantidad de esta clase de estudios a nivel local se propone evaluar y comparar las metodologías de estimación de la edad de muerte a partir de radiografías dentales propuestas por Kvaal y Solheim (1994) y Cameriere et al. (2009).

## Materiales y métodos

La muestra analizada se compone de 83 esqueletos de individuos adultos con información de edad y sexo documentada, provenientes de la colección "Prof. Dr. Rómulo Lambre" con grado variable de preservación dentaria (Garizoain et al., 2016). Dicha colección se encuentra conformada por restos esqueléticos de individuos adultos y subadultos provenientes

del Cementerio Municipal de La Plata, fallecidos principalmente en la segunda mitad de siglo XX (Plischuk et al., 2020; Salceda et al., 2012).

Si bien la propuesta de Cameriere no se restringe únicamente a los caninos para la estimación de edad (Cameriere et al., 2012; Cameriere et al., 2013), se optó por utilizar y evaluar la propuesta desarrollada para caninos inferiores y superiores a partir de una muestra portuguesa (Cameriere et al. 2009). Esta decisión se fundamenta principalmente en que los caninos (tanto superiores como inferiores) son los dientes mejor representados en la colección Lambre (Garizoain et al. 2016), por este motivo permitiría evaluar la mencionada metodología con el mayor número posible de individuos. Del total de individuos adultos de la colección Lambre, se seleccionó una muestra de 83 individuos adultos que presentaban al menos uno de los caninos superiores e inferiores derechos. Por otro lado, como criterio de inclusión solo fueron considerados dientes que no presenten patologías dentales asociadas y que la visualización radiográfica del diente sea óptima para el relevamiento de las medidas. Asimismo, solo se incluyeron dientes que presentaran un mínimo grado de desgaste (hasta un grado 3 inclusive) dental de acuerdo a la clasificación de Molnar (1971). Como resultado de los requisitos anteriormente mencionados se conformó una muestra de 71 caninos inferiores y 57 superiores para evaluar el método propuesto por Kvaal y Solheim (1994), y otra de 73 caninos inferiores y 50 superiores para el método de Cameriere et al. (2009).

Para la toma de las radiografías, los caninos fueron posicionados anatómicamente en una placa de cera dental roja sobre el plano mesiodistal. Las radiografías dentales se obtuvieron 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 propuestas por Kvaal y Solheim (1994) y superficiales por

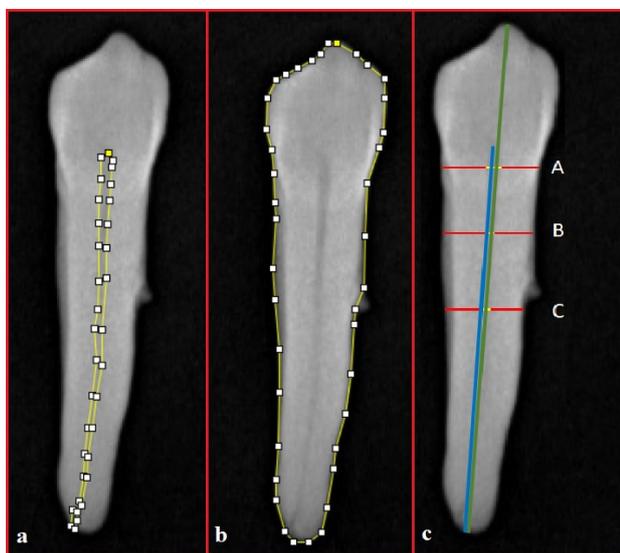
Cocientes Lineales	Cocientes Superficiales
FL=Longitud de la pulpa/Longitud del diente	APD= Superficie de la pulpa/Superficie del diente
FWCE (A) = Ancho de la pulpa/Ancho de la raíz (medidos a nivel de la unión cemento esmalte)	
FWMR (C)= Ancho de la pulpa/Ancho de la raíz (medidos a nivel medio de la raíz)	
FWM (B)= Ancho de la pulpa/Ancho de la raíz (medidos a nivel intermedio entre A y C)	
<b>Fórmulas Kvaal y Solheim (1994)</b>	<b>Fórmulas Cameriere et al. 2009</b>
<i>Canino superior</i>	<i>Canino Superior</i>
Edad=120.2-62.5*FL	Edad=101.3-556.68*APD
<i>Canino inferior</i>	<i>Canino inferior</i>
Edad=75.9-174.7*FWCE	Edad=93.27-492.05*APD

**Tabla 1.** Cocientes y fórmulas calculados a partir de medidas lineales (Kvaal y Solheim 1994) y superficiales (Cameriere et al. 2009) utilizados en el presente estudio.

**Table 1.** Ratios and formulae calculated from linear (Kvaal and Solheim 1994) and area measurements (Cameriere et al. 2009) used in the present study.

Cameriere (Cameriere et al., 2004; Cameriere et al., 2009) utilizando el software de análisis de imágenes ImageJ (Figura 1). Las mediciones propuestas por Kvaal y Solheim (1994) se realizan principalmente en la raíz y son el ancho de la raíz y pulpa a nivel de la unión cemento-esmalte (A), a nivel medio de la raíz (C) y en un punto intermedio entre estos dos (B). A partir de estas medidas se calculan los cocientes que se exponen en la Tabla 1. Asimismo, se releva la longitud de la pulpa y del diente, medidas utilizadas en el cálculo del cociente FL.

En cuanto a las medidas superficiales, utilizando el software Image J se fueron marcando puntos en el contorno del área del diente y de la pulpa (Figura 1). Luego a partir de un procedimiento del programa los puntos marcados en la imagen se unieron, delimitando y obteniendo de esta manera el valor de la superficie de las variables mencionadas anteriormente (Cameriere



**Figura 1.** a) La Figura muestra la forma de relevar la superficie de la pulpa sobre una radiografía de un canino inferior permanente. b) Se ilustra el relevamiento de la medida de superficie de la pieza dentaria sobre el mismo canino que (a). c) En la figura se muestran las medidas relevadas según la propuesta de Kvaal y Solheim (1994). En rojo se referencia las medidas del ancho de la raíz mientras que en amarillo el ancho de la pulpa. Las letras blancas A, B y C refieren al nivel donde se toman las medidas, es decir, a nivel de la unión cemento-esmalte (A), nivel medio de la raíz (C) y en un punto intermedio entre A-C (B). Por otro lado, en azul se indica la longitud de la pulpa y en verde la longitud del diente.

**Figure 1.** a) The figure shows how to measure the pulp surface on a radiograph of a permanent lower canine. b) The measurement of the tooth surface on the same canine as (a) is illustrated. c) The figure shows the measurements taken according to Kvaal and Solheim's (1994) proposal. Root width measurements are shown in red and pulp width in yellow. The white letters A, B and C refer to the level where the measurements are taken, i.e. at the cemento-enamel junction (A), at the middle level of the root (C) and at an intermediate point between A-C (B). On the other hand, the length of the pulp is indicated in blue and the length of the tooth in green.

Medidas lineales			
	n	K-S	p
Long. Pulpa	124	0,07	0,20
Long. Raíz	124	0,07	0,20
Long. Diente	124	0,09	0,20
Anc. Pulpa (A)	124	0,07	0,20
Anc. Raíz (A)	124	0,10	0,21
Anc. Pulpa (B)	124	0,09	0,20
Anc. Raíz (B)	124	0,09	0,20
Anc. Pulpa (C)	124	0,09	0,20
Anc. Raíz (C)	124	0,08	0,20
Medidas superficiales			
	n	K-S	p
Sup. Pulpa	124	0,12	0,00**
Sup. Diente	124	0,18	0,00**

**Tabla 2.** Resultados de las pruebas de normalidad. El test estadístico utilizado corresponde a la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar normalidad.

**Table 2.** Results of the normality tests. The statistical test used corresponds to the Kolmogorov-Smirnov test to assess normality.

et al., 2004; Cameriere et al., 2009). A partir de estas mediciones se calculó el cociente utilizado en las ecuaciones de regresión para la estimación de la edad.

En primera instancia se evaluó la normalidad de la distribución de las variables a fin de constatar el tipo de estadística a utilizar. En cuanto al error intraobservador, en estudios anteriores se ha realizado esta clase de análisis encontrándose tanto para medidas lineales como superficiales un elevado grado de reproductibilidad (Garizoain, 2019, Garizoain et al., 2022). En cuanto a los resultados de las estimaciones de la edad por ambos métodos, los mismos fueron analizados y comparados entre sí de forma general y segmentando en función de factores como la edad cronológica y el sexo. Asimismo, indicadores del error de los métodos tales como sesgo y la imprecisión fueron considerados en la evaluación de los métodos. Por último, todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software SPSS 23.0.

## Resultados

Las pruebas de normalidad realizadas ofrecieron resultados dispares entre medidas lineales y superficiales. Mientras que las medidas superficiales no siguen una distribución normal, las lineales si lo hacen. Por tal motivo es que se optó por utilizar estadística no paramétrica en la evaluación de los resultados de la propuesta de Cameriere et al. (2009), mientras que para la evaluación de las fórmulas de Kvaal y Solheim (1994) se utilizó paramétrica. El detalle de los resultados obtenidos puede observarse en la Tabla 2.

Método de Kvaal y Solheim (1994)				
		t	n	p
Canino Superior	Sesgo	0,13	57	0,89
	Imprecisión	0,76	57	0,44
Canino Inferior	Sesgo	0,65	71	0,51
	Imprecisión	1,02	71	0,30
Método de Cameriere et al. (2009)				
		z	N	P
Canino Superior	Sesgo	0,48	50	0,48
	Imprecisión	0,05	50	0,81
Canino Inferior	Sesgo	0,95	73	0,32
	Imprecisión	0,41	73	0,51

**Tabla 3.** Comparación del error en las estimaciones de los métodos evaluados en función del sexo. El test estadístico utilizado en el método de Kvaal y Solheim (1994) es la prueba t de Student mientras que en el de Cameriere et al. (2009) se implementó la prueba de rangos con signos de Wilcoxon.

**Table 3.** Comparison of the error in the estimates of the methods evaluated according to sex. The statistical test used in the method of Kvaal and Solheim (1994) is the Student's t-test while in the method of Cameriere et al. (2009) the Wilcoxon signed-rank test was conducted.

En cuanto a la evaluación de las formulas propuestas por Kvaal y Solheim (1994) los resultados obtenidos no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre edad estimada y documentada en caninos superiores, siendo el sesgo e imprecisión de -1,47 y 16,50 años ( $t=-0,57$ ;  $n=57$ ;  $p=0,56$ ). Por el contrario, en caninos

inferiores se registraron diferencias significativas entre las edades comparadas con un sesgo e imprecisión de 6,70 y 16,73 años respectivamente ( $t=2,98$ ;  $n=71$ ;  $p=0,00$ ). Asimismo, en ambos dientes se observa un incremento del sesgo con la edad (Figura 2).

Al comparar los errores en las estimaciones entre los sexos no se reportaron diferencias estadísticamente significativas en ningunos de los dientes analizados (Tabla 3). En cuanto al análisis de las estimaciones según la edad, se encontró que solo en la cohorte etaria de 36-50 años las diferencias entre edad estimada y documentada no resultó estadísticamente significativa, obteniéndose valores de sesgo e imprecisión de -4.06 y 9,56 años respectivamente (Tabla 4).

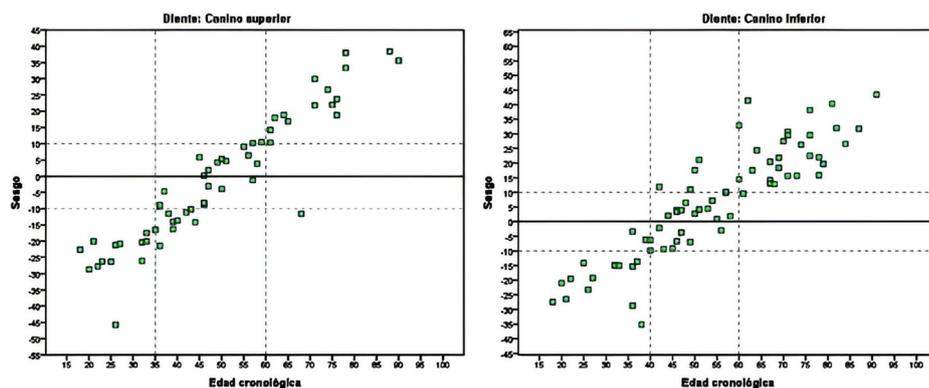
En el caso de la metodología propuesta por Cameriere y colaboradores (2009) se encontró que la misma aplicada a la muestra en general ofrece diferencias estadísticamente significativas entre edad estimada y documentada. En caninos superiores el sesgo y la imprecisión fueron de 9,30 y 16,19 años respectivamente ( $z=-3,13$ ;  $n=50$ ;  $p=0,00$ ). Por el contrario, en caninos inferiores el sesgo fue de 10,13 años, mientras que se obtuvo una imprecisión de 16,15 ( $z=-4,31$ ;  $n=73$ ;  $p=0,00$ ). Asimismo, ambos elementos de la dentición evidenciaron un aumento del sesgo con la edad (Figura 3).

En cuanto al análisis del error en función del sexo se encontró que las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 3). Por el contrario, en cuanto a la

**Tabla 4.** Comparación entre edad documentada y estimada de los métodos analizados por grupos de edad. Para el método de Kvaal y Solheim (1994) se utilizó la prueba de t de Student para muestras relacionadas, mientras que para el de Cameriere et al. (2009) se implementó la prueba de rangos con signos de Wilcoxon.

**Table 4.** Comparison between documented and estimated age of the methods analysed by age group. For the method of Kvaal and Solheim (1994) the Student's t-test for related samples was used, while for the method of Cameriere et al. (2009) the Wilcoxon signed-rank test was used.

Método de Kvaal y Solheim (1994)										
	Canino superior				Canino inferior					
	Sesgo	Imprecisión	n	t	p	Sesgo	Imprecisión	n	t	p
<35	-24,28	24,28	14	12,52	0,00**	-19,62	19,62	1 0	-12,58	0,00**
36-50	-7,10	8,84	20	-4,17	0,00**	-4,06	9,56	2 3	-1,6	0,12
51-65	10,14	10,34	12	5,73	0,00**	13,13	13,54	1 5	4,09	0,00**
66-80	22,51	25,08	9	4,77	0,00**	21,91	21,91	1 8	13,03	0,00**
>80	36,98	26,98	2	25,90	0,02*	34,85	34,85	5	11,3	0,00**
Método de Cameriere et al. (2009)										
	Canino superior					Canino inferior				
	Sesgo	Imprecisión	n	z	p	Sesgo	Imprecisión n	n	z	P
<35	-9,04	10,95	13	2,27	0,02*	-6,58	12,16	11	1,86	0,06
36-50	3,35	9,64	15	-1,07	0,28	-1,15	8,97	23	0,76	0,44
51-65	20,01	19,03	10	-2,80	0,00**	15,06	15,06	15	-3,40	0,00**
66-80	24,68	24,68	10	-2,80	0,00**	21,61	21,61	18	-3,72	0,00**
>80	42,85	42,85	2	-	-	37,35	37,35	6	-2,20	0,02*



**Figura 2.** Tendencia en el sesgo en función de la edad cronológica de los individuos según la metodología de Kvaal y Solheim (1994) en los dientes analizados.

**Figure 2.** Trend in bias according to the chronological age of the individuals based on the methodology of Kvaal and Solheim (1994) for the teeth analysed.

edad se observaron resultados disímiles entre los grupos etarios considerados. En el caso del canino superior, solo entre los 35 y 50 años las diferencias entre edad estimada y documentada (sesgo=3,35; imprecisión=9,64) no fueron estadísticamente significativas (Tabla 4). A partir de los 50 años los errores adoptan valores superiores a los 10 años de error. Por otro lado, en caninos inferiores en las cohortes etarias de menores de <35 y 36-50 años las diferencias entre edad estimada y documentada no resultó estadísticamente significativa. En ambas cohortes los errores fueron aceptables (excepto por los valores promedios de imprecisión en individuos menores a 35 años (Tabla 4).

### Discusión

Las estimaciones de la edad realizadas a partir de las formulas propuestas por Kvaal y Solheim (1994) y Cameriere et al. (2009) evidenciaron resultados positivos, aunque con cierto grado de variabilidad. Asimismo, los errores y las tendencias de los mismos reportados evidencian similitudes con otras propuestas evaluadas sobre la misma muestra basadas en indicadores dentarios de la edad como la translucidez dentinal radicular (Garizoain et al. 2020). No obstante, los errores reportados en los estudios anteriores (a los que se hace referencia) son levemente menores a los obtenidos por los métodos analizados en el presente estudio. Por otro lado, es de destacar que tanto el método de Lamendin y colaboradores (1992), como los de Kvaal y Solheim (1994)

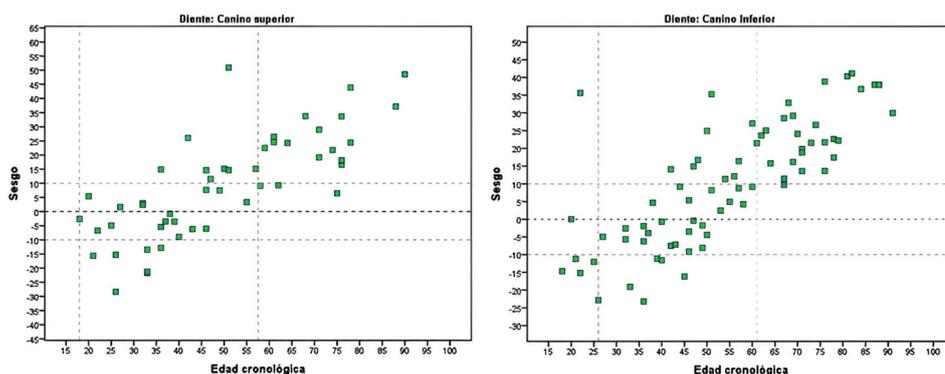
y Cameriere et al. (2009), reportaron mayor precisión en la estimación de la edad en la misma cohorte etaria.

Un primer análisis general muestra que la propuesta de Kvaal y Solheim (1994), considerando solamente el sesgo y que en caninos superiores las diferencias no fueron significativas, ofrecería mejores resultados. Sin embargo, cuando se considera la imprecisión en el análisis, ambos métodos presentan errores similares, incluso se observan valores menores de este error en el método de Cameriere et al. 2009. Esta particularidad, se debe a que la propuesta de Kvaal y Solheim (1994) tendería a ofrecer resultados que sobreestiman y subestiman la edad por igual. Entonces al promediarse valores negativos y positivos del sesgo, el mismo se ubica en torno a cero. Por el contrario, la imprecisión al ser el error en términos absolutos revela su magnitud promedio, que en casos como el de Kvaal y Solheim (1994) puede verse enmascarada.

A pesar de esta aparente similitud en la imprecisión obtenida en la estimación de la edad, es conocido que factores como la edad deben tenerse en cuenta (Garizoain, 2019; Garizoain et al., 2022; Nawrocki, 2010). En el presente estudio, ambos métodos analizados evidenciaron los mejores resultados en las estimaciones en individuos menores a 50 años. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por otras investigaciones. Por ejemplo, Babshet y colaboradores (2010) analizan la propuesta de Cameriere et al. (2007) en una muestra hindú. En su trabajo los autores reportan errores promedio

**Figura 3.** Tendencia en el sesgo en función de la edad cronológica de los individuos según la metodología de Cameriere y colaboradores (2009) en los dientes analizados.

**Figure 3.** Trend in bias according to the chronological age of the individuals using the methodology of Cameriere et al (2009) for the teeth analysed.



de 11 años en las estimaciones con un 55,24%, las cuales se ubican en un rango inferior a +/- 10 años de error. Asimismo, se observa que la mayor parte de las que se ubican dentro del rango de error mencionado pertenecen a individuos de entre 30 y 50 años, mientras que a partir de los 51 años se observa una tendencia a la subestimación de la edad y un aumento considerable del error (Babshet et al., 2010).

Asimismo, considerando la edad cronológica como un factor de influencia en las estimaciones, es posible vislumbrar diferencias en el rendimiento de ambas propuestas. Si bien a partir de los 50 años ambos métodos no serían de utilidad para la estimación de la edad, en individuos más jóvenes existen diferencias entre ambos. En la cohorte de 36-50 años, solo la metodología basada en medidas superficiales produjo estimaciones de la edad que no difirieron estadísticamente de la edad documentada. Por otro lado, en este grupo el sesgo y la imprecisión fue de 3,35 y 9,64 años respectivamente, frente a los 10,14 (sesgo) y 10,34 (imprecisión) del método de Kvaal y Solheim (1994). En el caso de la propuesta de Cameriere et al. 2009, los resultados coinciden con lo reportado por otros estudios y marcan su falta de utilidad en individuos mayores a los 50 años.

Las limitaciones en la estimación de la edad en individuos de edades avanzadas podrían tener su origen en factores de índole biológica. Investigaciones llevadas a cabo en dentición humana y de roedores han encontrado que una disminución en la actividad lisosómica autofágica de los odontoblastos con la edad impacta en su actividad secretora (Couve, 1986; Couve y Schmachtenberg, 2011; Couve et al., 2013). Esto se debe a que en el caso de células postmitóticas, como es el caso de los odontoblastos, el sistema lisosómico autofágico actúa como mediador en el recambio de proteínas y organelas de larga duración a fin de sostener la homeostasis celular interna (Couve et al. 2013). Con el paso del tiempo, esta actividad autofágica ocasiona el incremento de depósitos de lipofuscinas dentro de vacuolas en el citoplasma, aspecto característico de los odontoblastos envejecidos. La acumulación de estos pigmentos en el citoplasma genera una disminución en la actividad funcional y fisiológica de la célula, así como también en la actividad mineralizadora (Couve et al., 2013, Lee et al., 2013). Asimismo, estudios de microscopía electrónica en odontoblastos envejecidos han revelado un menor desarrollo de organelas claves en la exportación de productos de secreción como lo son el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi (Couve, 1986). Como consecuencia de este proceso, y puntualmente en el caso de la dentina secundaria, los odontoblastos envejecidos verían disminuida su actividad secretora y de respuesta (Couve et al., 2011; Couve et al., 2013; Lee et al., 2013). Esto produciría que con el paso del tiempo el ritmo de secreción de dentina secundaria no sería constante y disminuiría (Babshet et al. 2010; Garizoain et al., 2022). De esta forma se perdería la

relación con la edad cronológica, ocasionando el aumento del error en las estimaciones, puntualmente hacia una subestimación de la edad. Precisamente esta tendencia en el error es un aspecto metodológico mencionado en numerosas investigaciones realizadas en diferentes poblaciones (Aykroyd et al., 1997; Babshet et al., 2010; Cameriere et al., 2007; Drusini et al. 1997; Erbudak et al. 2012; Garizoain, 2019; Ge et al., 2015; Jeevan et al., 2011; Karkhanis et al., 2013; Limbdiwala y Shah, 2013).

A pesar de que este proceso a nivel celular afecta de igual manera a los métodos basados en medidas lineales como superficiales, es posible identificar algunas diferencias entre ambos. Como bien muestran los resultados de las estimaciones en las diferentes cohortes etarias, en individuos menores a 50 años se observan los mejores resultados de estas metodologías, así como también las principales diferencias entre ambas. Entre los 35 y 50 años tanto el método de Cameriere como el de Kvaal y Solheim no presentan diferencias estadísticamente significativas entre edad estimada y documentada, no obstante, tanto el sesgo como la imprecisión del primero es menor. Asimismo, en el grupo de individuos adultos más jóvenes el método de Cameriere no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre edades, a diferencia del propuesto por Kvaal y Solheim. Estas diferencias evidenciarían un mejor rendimiento de las propuestas basadas en medidas lineales y se deberían a que un relevamiento lineal de la pulpa y diente no refleja la heterogeneidad de la formación de la dentina secundaria (Babshet et al., 2010; Garizoain et al., 2022; Kanchan Talreja et al., 2012). Este tejido no se forma regularmente en toda la interfaz pulpo/dentinal, por lo que una aproximación utilizando medidas lineales no lograría captar en su totalidad este proceso. Estudios realizados anteriormente sobre la misma muestra analizada en la presente investigación evidenciaron diferencias en el grado de correlatividad entre los cocientes calculados, lo cual indica que no se forma dentina secundaria con la misma regularidad en toda la superficie pulpodentinal (Garizoain, 2019). Asimismo, otras investigaciones encontraron que el cociente que se calcula con la longitud del diente y de la pulpa no se correlaciona significativamente con la edad, lo que pone de manifiesto aún más la irregularidad superficial en la formación de este tejido dentinal (Garizoain, 2019; Kanchan Talreja et al., 2012). Esta menor correlación etaria del cociente calculado sobre el eje axial del diente podría verse explicada en parte también por el impacto de los procesos de desgaste dental. Como respuesta a estos procesos, la dentina responde formando un tipo de tejido denominado dentina terciaria, de respuesta o reparativa. Puntualmente la región en donde se ve un mayor estímulo a la formación de dentina terciaria es el techo de la cámara pulpar, lo que termina en última instancia repercutiendo en la correlación etaria del cociente FL (Chiego, 2014; Kanchan Talreja et al., 2012). Por el contrario, un relevamiento superficial de pulpa y

diente (como propone el método de Cameriere et al. 2009) no supondría este inconveniente dado que se considera toda la interfaz dentino-pulpa. En este aspecto radicaría una de las principales diferencias entre sendos métodos, lo cual se traduce en mejores resultados en las estimaciones por parte del método de Cameriere et al. 2009.

### Consideraciones finales

Los métodos radiográficos de estimación de la edad resultan de importancia en la práctica forense ya que posibilitan su aplicación tanto en individuos vivos como fallecidos. Si bien es muy extendido el uso de radiografías dentales para la estimación de la edad en individuos que no finalizaron su crecimiento y desarrollo, en individuos adultos la evaluación del incremento de dentina secundaria a partir de imágenes radiográficas tiene un desarrollo considerable en las últimas tres décadas. No obstante, a nivel nacional esta clase de investigaciones han sido poco desarrolladas. En este sentido el presente estudio es uno de los primeros que analiza y compara dos metodologías de estimación de la edad a partir de dentina secundaria con un soporte radiográfico.

Tanto la metodología propuesta por Cameriere (superficial) como por Kvaal y Solheim (lineal), mostraron resultados aceptables en las estimaciones en individuos menores a 50 años. Sin embargo, el método basado en medidas lineales presentó diferencias significativas en la edad estimada en individuos menores a 35 años y errores más altos en todas las cohortes en comparación al método superficial. Estas diferencias se deberían principalmente a las ventajas que supone un relevamiento superficial de las medidas de pulpa y diente, lo cual se ve traducido en un mejor rendimiento de esta metodología.

Si bien es necesario profundizar esta clase de investigaciones a través del incremento de las muestras, de la utilización de otros modelos estadísticos para el desarrollo de fórmulas predictoras de la edad o también a partir de la utilización de microtomografías computadas, los resultados obtenidos son alentadores. En este sentido se destaca que la dentina secundaria es factible de ser aplicada para la estimación de la edad en individuos adultos jóvenes como método complementario o en casos donde la utilización de otros elementos esqueléticos no sea posible.

### Agradecimientos

El autor quisiera agradecer al CONICET y a la Universidad Nacional de La Plata, quienes a través de diversos mecanismos de financiación (becas y subsidios) posibilitaron la realización del presente estudio. Al personal y autoridades del Cementerio Municipal de La Plata por la ayuda fundamental en la conformación de la colección Lambre.

### Referencias bibliográficas

- Aykroyd, R.G., Lucy, D., Pollard, A.M. y Solheim, T. (1997) Technical note: regression analysis in adult age estimation. *American Journal of Physical Anthropology* 104(2):259-265 doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199710\)104:2<259::AID-AJPA11>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199710)104:2<259::AID-AJPA11>3.0.CO;2-Z)
- Babshet, M., Acharya, A. B. y Naikmasur, V. G. (2010) Age estimation in Indians from pulp/tooth area ratio of mandibular canines. *Forensic Science International*. 197:125e.1-4 doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.12.065>
- 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.08.017>
- Burke F. M. y Samarawickrama D. Y. D. (1995) Progressive changes in the pulpo-dentinal complex and their clinical consequences. *Gerodontology* 12(2):57-66 doi: <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.1995.tb00132.x>
- 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 doi: 10.1520/JFS2003259
- Cameriere, R., Brogi, G., Ferrante, L., Mirtella, D., Vultaggio, C., Cingolani, M. y Fornaciari, G. (2006) Reliability in age determination by pulp/tooth ratio in upper canines in skeletal remains. *Journal of Forensic Sciences* 51(4):861-864 doi: <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 ratio in canines by mesio and vestibular peri-apical X-rays. *Journal of Forensic Sciences* 52(5):1151-1155 doi: <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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.09.011>
- Cameriere, R., De Luca, S., Aleman, I., Ferrante, L. y Cingolani, M. (2012) Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. *Forensic Science*

- International* 214(1-3):105112 doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.07.028>
- Cameriere, R., Cunha, E., Wasterlain, S.N., De Luca, S., Sassaroli, E., Pagliara, F., Nuzzolese, E., Cingolani, M. y Ferrante, L. (2013) Age estimation by pulp/tooth ratio in lateral and central incisors by periapical X-ray. *Journal of Forensic Legal Medicine* 20(5):530-536 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2013.02.012>
- Cameriere, R., De Luca, S., Soriano Vázquez, 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. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 20(5):530-536 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2013.02.012>
- Chiego, D.J. (2014) *Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica* (4ta edición). Elsevier, Inc. Barcelona, España.
- Couve, E. (1986) Ultrastructural changes during the life cycle of human odontoblast. *Archives of oral biology* 31(10):643-651 doi: [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(86\)90093-2](https://doi.org/10.1016/0003-9969(86)90093-2)
- Couve, E. y Schmachtenberg, O. (2011) Autophagic activity and aging in human odontoblast. *Journal of Dental Research* 90(4):523-528 doi: <https://doi.org/10.1177/0022034510393347>
- Couve, E., Osrio, R. y Schmachtenber, O. (2013) The amazing odontoblast: Activity, autophagy and aging. *Journal of Dental Research*. 92(9):765-772 doi: <https://doi.org/10.1177/0022034513495874>
- Desántolo, B. (2013) *Validación Metodológica para la estimación de la edad en restos óseos humanos adultos: Analisis histomorfo métrico*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Médicas, Ms.
- De Luca, S., Bautista, J., Aleman, 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 doi: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01784.x>
- Drusini, A.G., Toso, O. y Ranzato, C. (1997) The coronal pulp cavity index: A biomarker for age determination in human adults. *American Journal of Physical Anthropology*. 103:353-363. doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199707\)103:3<353::AID-AJPA5>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199707)103:3<353::AID-AJPA5>3.0.CO;2-R)
- 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.12.012>
- Garizoain, G. (2019) *Patrones estructurales en dentición permanente humana como predictores de edad y sexo. Análisis de una colección osteológica documentada*. (Tesis de Postgrado). Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Garizoain, G., Petrone, S., Plischuk, M., Inda, A.M. y García, M.N. (2020) Evaluation of Lamendin's age-at-death estimation method in a documented osteological collection (La Plata, Argentina). *Forensic Science International: Reports* 2:1-8 doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100060>
- Garizoain, G., Plischuk, M., Salceda, S.A. y García, M.N. (2022) 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. *Intersecciones en Antropología (en prensa)*
- Ge, Z., Ma, R., Li, G., Zhang, J. y Ma, X. (2015) Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography. *Forensic Science International* 253:133.e1-133.e7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.05.004>
- Gómez de Ferraris, E. y Campos Muñoz, A. (2002) *Histología y embriología bucodental*. Editorial Medica Panamericana.
- Gustafson, G. (1950) Age determination on teeth. *The Journal of the American Dental Association*. 41:45-54 doi: <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1950.0132>
- Jeevan, M.B., Kale, A.D., Angadi, P.V. y Hallikerimath, S. (2011) Age estimation by pulp/tooth area ratio in canines: Cameriere's method assessed in an Indian sample using radiovisiography. *Forensic Science International* 209:1-5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.08.017>
- Kanchan Talreja, P., Acharya, A.B. y Naikmasur, V.G. (2012) An asseessment of the versatility of Kvaal's method of adult dental age estimation in Indians. *Archives of Oral Biology* 57:277-284. doi: <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.08.020>
- Karkhanis, S., Mack, P. y Franklin, D. (2013) Age estimation

- standards for a western Australian population using the coronal pulp cavity index. *Forensic Science International*. 231:412.e1-412.e6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.04.004>
- Kvaal, S. I. y Solheim, T. (1994) A non-destructive dental method for age estimation. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology* 12(1):6-11
- Kvaal, S. I., Kollveit, K. M., Thomsen, I. O. y Solheim, T. (1995) Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Science International*. 74:175-185 doi: [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(95\)01760-G](https://doi.org/10.1016/0379-0738(95)01760-G)
- 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* 123:1223-1228. doi: <https://doi.org/10.1007/s00414-008-0268-9>
- Limbdiwala, P.G. y Shah, J.S. (2013) Age estimation by using dental radiographs. *Journal of Forensic Dental Sciences*. 5(2): 118-122. doi: 10.4103/0975-1475.119778
- Lee, Y., Kim, G., Cho, H., Yu, M., Bhattarai, G., Lee, N. y Yi, H. (2013) Aging of *In Vitro* pulp illustrates changes of inflammation and dentinogenesis. *Journal of Endodontics* 39(3):340-345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.10.031>
- 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 Sciences* 33:1706-1717 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.03.003>
- Lovejoy, L. H., Meindl, R. S., Mensforth, R. P. y Barton, T. J. (1985) Multifactorial determination of skeletal age at death: A method and blind tests of its accuracy. *American Journal of Physical Anthropology* 68(1):1-14. doi: <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680102>
- Martrille, L., Ubelaker, D. H., Cattaneo, C., Seguret, F., Tremblay, M. y Baccino, E. (2007) Comparison of four skeletal methods for the estimation of age at death on white and black adults. *Journal of Forensic Sciences* 52(2):302-307 doi: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00367.x>
- Meinl A, Huber C. D., Tangl S., Gruber G. M., Teschler-Nicola M. y G. Watzek (2008) Comparison of the validity of three dental methods for the estimation of age at death. *Archives of Oral Biology* 178:96-105 doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.02.008>
- Murray, K. y Murray, T. (1991) A test of the auricular Surface aging techniques. *Journal of Forensic Sciences* 55:588-593.
- Molnar, S. (1971) Human tooth wear, tooth function and cultural variability. *American Journal of Physical Anthropology* 34(2):175-189 doi: <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330340204>
- Moraitis, K., Zorba, E., Eliopoulos, C. y Fox, S. (2014) A test of the revised auricular surface aging method on a modern european population. *Journal of Forensic Sciences* 59(1):188-194 doi: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12303>
- Nawrocki S. P. (2010) The nature and sources of error in the estimation of age at death from the skeleton. En: *Age estimation of the human skeleton*, editado por: Latham K. y M. Finnegan. Charles C. Thomas Publisher Ltd. Springfield, US.
- 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 doi: <https://doi.org/10.1177/00220345610400061301>
- Plischuk, M., Garizoain, G., Petrone, S., Desántolo, B., García Mancuso, R., Salceda, S.A y Inda, A.M. (2020) El aporte de las colecciones osteológicas documentadas: líneas de investigación en la colección "Prof. Dr. Rómulo Lambre" (La Plata, Argentina). *Jangwa Pana* 19(1):1-25 doi: <https://doi.org/10.21676/16574923.3447>
- Prapanpoch, S., Dove S. B. y Cotton, J. A. (1992) Morphometric analysis of the dental pulp chamber as a method of age determination in humans. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 13(1):50-55 doi: 10.1097/00000433-199203000-00011
- Salceda S. A., Desántolo B., García Mancuso R., Plischuk M. y A. M. Inda (2012) The 'Prof. Dr. Rómulo Lambre' collection: an Argentinian sample of modern skeletons. *Homo-Journal of Comparative Human Biology* 63(4):275-281 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2012.04.002>
- 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 images on monoradicular teeth. *Journal of Forensic Sciences*. 56(S1):S77-S82 doi: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01633.x>