

# Limitaciones Técnicas del Método de Conteo de Anulaciones del Cemento para Estimación de Edad. Hallazgos a Partir de Una Revisión con Búsqueda Sistemática

Technical Limitations of Cementum Annulation Count Method for age Estimation.  
Findings From A Scoping Review

Fernando Rivera-Mendoza<sup>1</sup>; P. Valentina Espinoza-Silva<sup>1</sup> & Gabriel M. Fonseca<sup>1</sup>

---

RIVERA-MENDOZA, F.; ESPINOZA-SILVA, P. V. & FONSECA, G. M. Limitaciones técnicas del método de conteo de anulaciones del cemento para estimación de edad. Hallazgos a partir de una revisión con búsqueda sistemática. *Int. J. Morphol.*, 41(3):733-742, 2023.

**RESUMEN:** En la última década, la odontología forense se ha enfocado en el desarrollo de metodologías para la estimación de edad (EE) debido a la gran demanda en procesos identificatorios. Entre esas técnicas, el conteo de anulaciones del cemento dental (TCA) ha ofrecido resultados promisorios, pero también contradictorios que han generado dudas sobre su precisión y confiabilidad. El objetivo de este trabajo fue caracterizar, establecer alcances, e identificar las limitaciones del conteo de TCA según los actuales estándares normativos y metodológicos. Se realizó una revisión con búsqueda sistemática del método de conteo de TCA para EE incluyendo estudios experimentales y notas técnicas en las bases PubMed/Medline, Scopus, Web of Science (WoS) y Embase. Se emplearon los términos “estimation”, “age” y “cementum”, con búsqueda manual complementaria en Google Scholar. Se excluyeron revisiones, estudios en colecciones arqueológicas, estudios radiológicos y cartas al editor. La búsqueda arrojó un total de 273 artículos, seleccionándose 27 que cumplieron con los criterios de inclusión. La mayoría de los estudios fueron publicados en Asia, particularmente en India (n=21). Sólo 6 artículos declararon el número total de individuos, tipos de diente y de cortes histológicos, siendo el premolar el más estudiado. Apenas dos artículos evaluaron la calidad de la muestra a analizar mediante legibilidad de los cortes obtenidos. El test más empleado para evaluar la precisión del método fue el coeficiente de correlación de Pearson (n=21). Estos hallazgos exponen la alta heterogeneidad reportada en las metodologías de EE mediante conteo por TCA, por lo que aún no existe un proceso estandarizado que abarque todas sus etapas y entregue resultados confiables siguiendo los estándares jurídicos actuales para la evidencia científica. Un mayor control de las limitaciones técnicas detectadas aumentará el valor como prueba en un contexto identificatorio legal o forense.

**PALABRAS CLAVES:** Estimación de edad; Cemento dental; Odontología forense; Identificación forense.

---

## INTRODUCCIÓN

La odontología forense ha unido las disciplinas forenses y dentales contribuyendo a la identificación humana por medio del estudio de registros dentales (Pretty & Sweet, 2001), y se ha mencionado que una de sus contribuciones más significativas a este fin, es ofrecer diferentes metodologías para estimación de la edad (EE) (Adserias-Garriga, 2019).

En la actualidad se requiere contar con métodos para EE altamente precisos debido a la mayor demanda de procesos de identificación tanto de individuos vivos como fa-

llecidos (Ritz-Timme *et al.*, 2000). En la última década, la comunidad científica ha priorizado el desarrollo de metodologías de identificación dental especialmente en el área de la EE, representando un alto porcentaje de la productividad para cubrir los requerimientos identificatorios actuales (Espinoza-Silva *et al.*, 2022).

El cemento dental es un tejido mineralizado compuesto principalmente por fibras de colágeno (Yamamoto *et al.*, 2010) y ha sido objeto de estudios para EE debido a que se ha relacionado el proceso continuo de la aposición del

<sup>1</sup> Unidad de Estimación de Edad Dental, Centro de Investigación Odontología en Legal y Forense (CIO) Facultad de Odontología, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.  
Financiado por la Universidad de La Frontera, Proyecto DIUFRO DI19-0074.

tejido con la edad cronológica de los individuos (Zander HA & Hurzeler, 1958). Una técnica que centra su estudio en este tejido corresponde al conteo de anulaciones del cemento dental (Tooth cement annulation -TCA-), descrita por primera vez en animales por Laws (1952). El método evalúa las variaciones de la tasa y forma de calcificación dental en patrones de anillos, siendo un marcador fiable de estimación al sumar su número total a la edad de erupción dentaria (Pinto *et al.*, 2022)

En humanos, el conteo de TCA fue aplicado inicialmente por Stott *et al.* (1982) en dientes extraídos de cadáveres, mediante el análisis de cortes transversales bajo microscopía de campo claro, determinando que un anillo corresponde a un par de líneas clara y oscura. Posteriormente, diferentes autores han propuesto alternativas metodológicas buscando asegurar una mayor confiabilidad del método (Naylor *et al.*, 1985; Condon *et al.*, 1986; Charles *et al.*, 1986; Wittwer-Backofen, 2012; Naji *et al.*, 2016; Colard *et al.*, 2018).

A pesar de esas recomendaciones, han surgido cuestionamientos del método debido a los valores atípicos de sobre o subestimación, incluso de más de 15 años (Bertrand *et al.*, 2019b). De igual forma, se han reportado evaluaciones y resultados contradictorios, en los que las propuestas no han podido descartar posibles sesgos de observación en el proceso de conteo (Grosskopf & McGlynn, 2011). La EE mediante conteo de TCA ha sido discutida por supuesta falta de estándares y muestreos validados (Bertrand, 2019a), indicándose ausencia de pautas aceptadas para el aseguramiento de la calidad (Ritz-Timme *et al.*, 2000). Algunos autores han ido más allá, expresando dudas y escepticismo sobre la visibilidad e interpretación de las líneas incrementales en cortes histológicos para EE (Renz & Radlanski, 2006).

En 1993, la Corte Suprema de los Estados Unidos definió estándares mínimos para que una prueba judicial sea admisible en un tribunal, con la finalidad de identificar la “buena” ciencia obtenida por el método científico, y controlar las consecuencias derivadas de procedimientos deficientes (Daubert V. Merrell Dow Pharmaceuticals, 1993). Estos estándares han trascendido fronteras y disciplinas; particularmente en metodologías para EE, se ha sugerido que éstas deberían estar publicadas en revistas evaluadas por pares, haber probado su precisión con métodos estadísticos válidos, ser lo suficientemente precisas y, en caso de individuos vivos, respetar además normas de ética médica y legales (Ritz-Timme *et al.*, 2000).

En 2009, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS) destacó la necesidad de atención sobre los limitados estándares de investigación en ciencias

forenses (Committee on Identifying the Needs of the Forensic Science Community *et al.*, 2009). El informe fue muy crítico sobre la definición de tasas de error y la confiabilidad de las metodologías de comparación presentadas en los juicios penales. Con la finalidad de contribuir al logro de validez científica, el Consejo de Asesores sobre Ciencia y Tecnología (PCAST) declaró que un método de estas características debe cumplir con estándares científicos mínimos como son repetibilidad, reproducibilidad, precisión, confiabilidad y consistencia (Cordner *et al.*, 2016). Según lo propuesto por el PCAST, no es necesario que el método sea perfecto, pero sí debe ser esencial su determinación de precisión, de manera que no se convierta en un esfuerzo inútil (PCAST Working Group, 2016). A más de una década del informe de la NAS, todavía existe baja incorporación de sus recomendaciones, lo que particularmente aplica además a las metodologías de EE a pesar de la relevancia y posicionamiento en el área de la odontología forense (Espinoza-Silva *et al.*, 2022).

Se presenta una revisión de la literatura con estrategia de búsqueda sistemática, de metodologías utilizadas para EE mediante conteo de TCA, con el objeto de caracterizarlas, establecer sus alcances, y fundamentalmente identificar sus limitaciones a la luz de los actuales estándares metodológicos.

## METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de la literatura con estrategia de búsqueda sistemática en las bases PubMed/Medline, Scopus, Web of Science (WoS), y Embase, utilizando los términos “age” AND “estimation” AND “cementum”, complementándola mediante búsqueda manual en “Google Scholar”. La estrategia de revisión e inclusión de los artículos siguió los lineamientos PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page *et al.*, 2021). Se incluyeron estudios experimentales y notas técnicas a texto completo en inglés, español y portugués, publicados entre el 18 de febrero de 2009 (fecha de publicación del informe de la NAS [Committee on Identifying the Needs of the Forensic Science Community *et al.*, 2009]) y el 3 de octubre de 2022. Se excluyeron revisiones y fuentes secundarias, cartas al editor y estudios basados en métodos radiográficos. Considerando la potencial aplicación de estas metodologías en individuos vivos, también fueron excluidos estudios que emplearan metodologías de EE sobre colecciones arqueológicas.

Dos investigadores de forma independiente (F.R.M. y P.V.E.S) realizaron el proceso de búsqueda y selección de

cada título de acuerdo al objetivo definido en el estudio. Los artículos incluidos fueron revisados a texto completo de manera independiente por cada investigador. La identificación de los artículos se llevó a cabo el 3 de octubre de 2022, y luego analizados entre el 4 de octubre y el 28 de noviembre de 2022. En caso de discrepancias, se revisaron los artículos a texto completo y se solicitó la revisión al tercer investigador (G.M.F) para la decisión final de la inclusión. El proceso de búsqueda manual incluyó títulos de publicaciones del área que no fueron detectados en la búsqueda electrónica. Se consideraron nombres de autores principales de estudios del área de EE y publicaciones en revistas especializadas del área forense que cumplieran los criterios de inclusión definidos.

## RESULTADOS

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo PRISMA con la identificación total de 273 artículos y la selección final de 27 de ellos de acuerdo a los criterios establecidos. La Tabla I presenta las variables de interés analizadas en esta revisión.

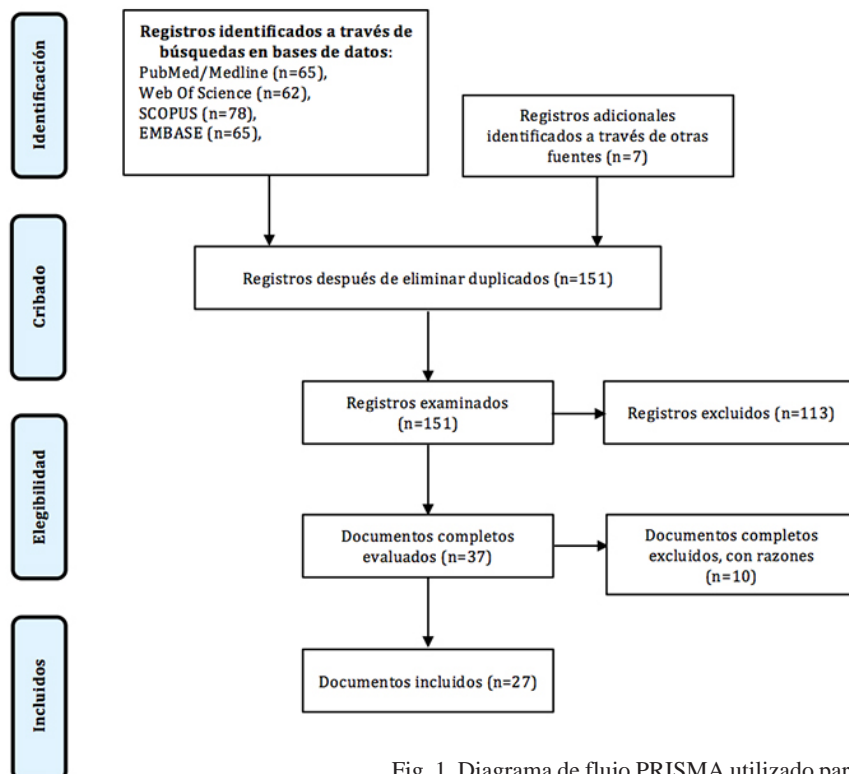


Fig. 1. Diagrama de flujo PRISMA utilizado para desarrollar la revisión con búsqueda sistemática.

**Cronología y distribución geográfica.** La productividad alcanzó el nivel más alto en el año 2015 (n=6) luego de lo cual disminuyó a un promedio anual de no más de 3 artículos en los años siguientes. Sin embargo, el segundo año con mayor número de publicaciones del periodo estudiado correspondió a 2022 (n=5).

Asia fue el continente más productivo con un 77,78 % (n=21), específicamente por autores de India. El continente europeo tuvo la segunda representación con un 14,81 % (n=4), concretamente en los países de Republica Checa, Italia, Francia y Reino Unido, con 1 estudio cada uno de ellos. La mitad de estos artículos contó con colaboraciones entre al menos dos instituciones de dos países diferentes (50 %). América del Sur (3,71 %) y África (3,71 %) tuvieron una menor representación, con solo 1 publicación en Brasil y Egipto respectivamente.

**Características de la muestra.** Existió gran heterogeneidad en el tipo de información provista sobre las muestras estudiadas. Un 22,22 % de los artículos (n=6) declaró el número total de individuos, de dientes y de cortes histológicos por diente. Un 77,78 % (n=21) sólo reportó información parcial de las variables estudiadas; de estos, un 25,93 % (n=7) sólo informó el número total de dientes e individuos, un 22,22 % (n=6) el número total de dientes y cortes histológicos por diente. Finalmente, otro 29,63 % (n=8) únicamente reportó el número de dientes incluidos.

Específicamente, con respecto al número de individuos, un 33,34 % de los artículos (n=9) declaró la participación de 30 o más individuos, un 14,81 % (n=4) reportó la evaluación de menos de 30 individuos, y un 51,85 % (n=14) no declaró el número total de participantes.

Con respecto al tipo de diente, los más estudiados fueron los premolares con un 51,85 % (n=14), en segundo lugar, estuvieron los caninos e incisivos con un 44,44 % (n=12) y finalmente los molares con un 29,62 % (n=8). A su vez, el 18,51 % de los artículos (n=5) declaró que el estudio fue desarrollado en “dientes unirradiculares” (sin especificar tipo), y un 29,62 % (n=8) no especificó el tipo de diente incluido en el estudio.

Tabla I. Características de los estudios incluidos.

#	Referencia	País	Tamaño de muestra (Individuos/ dientes/ cortes)	Tipo de diente *	Preparación de muestra	Evaluación Legibilidad de muestra	Tipo Microscopía **	Aumento	Evaluación concordancia ***
1	Zazvomilová <i>et al.</i> (2022)	República Checa	77/101/575	I - C - PM	Transversal (100 µm)	Índice con escala de 0 a 4	P	200 - 400 x	0
2	Gualdi-Russo <i>et al.</i> (2022)	Italia	67/67/ 201	I - C - PM - M	Transversal (10 µm)	-	C	10 - 40 x	2
3	Baliga <i>et al.</i> (2022)	India	35/32/ -	I - C - PM	Longitudinal (100 µm)	-	P	40 x	0
4	Patel <i>et al.</i> (2022)	India	30/30/-	I - C - PM	Longitudinal (80 µm)	-	C - P - CF	10 x	0
5	Geetha <i>et al.</i> (2022)	India	100/100/-	Unirradicular	Longitudinal (100 µm)	-	C - P - CF - E	10 x	0
6	Sultana <i>et al.</i> (2021)	India	- /60/ -	I - C - PM - M	Longitudinal	-	CF	10 x	0
7	Pradeep <i>et al.</i> (2021)	India	- /50/100	PM (Inferiores)	Transversal	-	C - P - CF	20 x	0
8	Bomm-anavar <i>et al.</i> (2019)	India	60/60/-	Unirradicular	Longitudinal (0,25 mm)	-	C - P	-	1
9	Mohan <i>et al.</i> (2018)	India	-/20/-	PM - M	Longitudinal (80-120 µm)	-	C	10 x	1
10	Swetha <i>et al.</i> (2018)	India	80/80/-	Unirradicular	Corte (80 µm)	-	CF	20 x	0
11	Nayar <i>et al.</i> (2017)	India	-/60/-	No declarado	Longitudinal	-	C	-	1
12	Natesan <i>et al.</i> (2017)	India	-/30/-	I - C - PM - M	Longitudinal	-	CF	-	0
13	Broucker <i>et al.</i> (2016)	Francia	18/41/246	I - C - PM - M	Transversal (100 µm)	-	P	200 x	1
14	Mallar <i>et al.</i> (2015)	USA	-/50/55	No declarado	Longitudinal - Transversal	-	C	10 x	1
15	Kaur <i>et al.</i> (2015)	India	60/60/60	I - C - PM - M	Longitudinal	-	C - P - CF	40 x	0
16	Padavala <i>et al.</i> (2015)	India	16/20/20	No declarado	Longitudinal	-	P	-	0
17	Shruthi <i>et al.</i> (2015)	India	-/150/-	Unirradicular	Longitudinal (150 µm)	-	C - E	-	0
18	Alghonamy <i>et al.</i> (2015)	Egipto	-/60/60	Unirradicular	Longitudinal	-	C - P - CF	400 x	1
19	Bhondey <i>et al.</i> (2015)	India	-/50/50	I - C - PM - M	Longitudinal (80 µm)	-	C - P - CF	10 x	1
20	Gupta <i>et al.</i> (2014)	India	-/100/-	No declarado	Longitudinal	-	C	-	0
21	Arora <i>et al.</i> (2013)	India	103/103/-	I - C - PM	Transversal (100 µm)	-	C	-	1
22	Gocha <i>et al.</i> (2013)	USA	24/30/180	I - C - PM - M, 2°M	Transversal (50-60 µm)	Índice con escala de 0 a 3	C	200 x	1
23	Dias <i>et al.</i> (2010)	Brasil	25/31/-	No declarado	Transversal (30 µm)	-	C	-	2
24	Kasety <i>et al.</i> (2010)	India	-/200/400	No declarado	Longitudinal (100 µm)	-	P	10 x	2
25	Joshi <i>et al.</i> (2010)	India	-/30/-	No declarado	Longitudinal	-	P - CF	-	0
26	Pundir <i>et al.</i> (2009)	India	-/40/40	I - C - PM	Longitudinal (80 µm)	-	C - P - CF	10 x	0
27	Avadhani <i>et al.</i> (2009)	India	-/25/-	No declarado	Longitudinal - Transversal	-	C	10 x	2

\* Tipo de diente: I (Incisivo), C (Canino), PM (Premolar), M (Molar)

\*\* Microscopía: C (Convencional), CF (Contraste de Fase), P (Polarizada), E (Estereomicroscopía)

\*\*\* Concordancia: 0 (No declarado), 1 (referencia sin resultados explícitos o suficiente), 2 (referencia con resultados explícitos)

Tabla II. Correlación entre edad estimada y edad cronológica según tipo de microscopía.

Autor	Edad	Microscopía Contraste de Fase	Microscopía Convencional	Microscopía Polarizada	Esteriomicroscopía
Zazvonilová <i>et al.</i> (2022)	14-86	-	-	r = 0,96	-
Gualdi-Russo <i>et al.</i> (2022)	≤30	-	r = 0,753	-	-
	31-59	-	r = 0,397	-	-
	≥60	-	r = -0,219	-	-
Baliga <i>et al.</i> (2022)	-	-	-	r = 0,261 (método 1) r = 0,197 (método 2)	-
Geetha <i>et al.</i> (2022)	21-30	r = 0,866	r = 0,875	r = 0,877	r = 0,457
Pradeep <i>et al.</i> (2021)	13-79	r = 0,986	r = 0,972	r = 0,961	-
Bommanavar <i>et al.</i> (2019)	20-80	-	r = 0,725	r = 0,697	-
Mohan <i>et al.</i> (2018)	15-39	-	r = 0,799	-	-
Swetha <i>et al.</i> (2018)	22-60	r = 0,988	-	-	-
Nayar <i>et al.</i> (2017)	18-72	-	r = 0,9	-	-
Natesan <i>et al.</i> (2017)	30-66	r = 0,928	-	-	-
Broucker <i>et al.</i> (2016)	34-78	-	-	r = 0,62 (1/3 apical) r = 0,92 (1/3 medio) r = 0,85 (1/3 cervical)	-
Mallar <i>et al.</i> (2015)	<20-70	-	r = 0,194 (transversal) r = 0,581 (longitudinal)	-	-
Kaur <i>et al.</i> (2015)	-	r = 0,989	r = 0,347	r = 0,557	-
Shruthi <i>et al.</i> (2015)	15-75	-	r = 0,98	-	-
Gupta <i>et al.</i> (2014)	20-60	-	r = 0,985	-	-
Arora <i>et al.</i> (2013)	15-75	-	r = 0,9 (dientes periodontales) r = 1 (dientes no periodontales)	-	-
Gocha <i>et al.</i> (2013)	13-82	-	r = 0,522	-	-
Dias <i>et al.</i> (2010)	17-77	-	r = 0,58	-	-
Kasetty <i>et al.</i> (2010)	<35-60	-	-	r = 0,42	-
Joshi <i>et al.</i> (2010)	25-65	r = 0,728	r = 0,395	-	-

**Preparación de cortes y microscopía.** El corte longitudinal de los dientes fue el procedimiento más utilizado con un 70,37 % (n=19), siguiéndole el corte transversal con un 33,33 % (n=9). Un 3,70 % (n=1) no declaró el tipo de corte realizado. En relación con la visualización microscópica, la más empleada fue la convencional en un 66,67 % (n=18), siguiéndole la microscopía de polarización en un 51,85 % (n=14), en tercer lugar, el contraste de fase en un 40,74 % (n=11), y finalmente la estereoscopia con un 7,40 % (n=2). En particular, un 37,03 % (n=10) utilizó más de una técnica de visualización microscópica para el conteo de TCA.

Sólo un 7,40 % (n=2) evaluó la calidad de la muestra obtenida por la legibilidad de los cortes obtenidos. Para la evaluación de concordancia entre observadores, 4 artículos declararon resultados explícitos, 9 sólo informaron referencias sin resultados explícitos o suficientes, y 14 artículos no declararon referencias metodológicas sobre su utilización.

**Resultados de estimación.** El coeficiente de correlación de Pearson fue el test más empleado en un 77,78 % de los artículos (n=21) para expresar la fuerza de la relación entre la edad cronológica y la edad estimada (Tabla II). Sin embargo, las pruebas presentaron una heterogeneidad de resultados entre las metodologías empleadas (r = 0,194 a r = 1). Un artículo declaró la no existencia de una correlación significativa, obteniéndose una EE inexacta en 15 de las muestras estudiadas.



## DISCUSIÓN

A más de una década de las recomendaciones del reporte de la NAS (Committee on Identifying the Needs of the Forensic Science Community *et al.*, 2009), los desafíos impuestos aún se encuentran pendientes por cumplir en el área de la odontología forense, y sobre todo en el desarrollo de las metodologías para EE (Espinoza-Silva *et al.*, 2022). Han surgido reflexiones que han puesto énfasis en una mayor cooperación entre las disciplinas y el conocimiento, exigiendo a los profesionales incluso conocer otras metodologías de EE, aun cuando éstas sean lejanas a su área de trabajo habitual (Bassed, 2012). Si bien los esfuerzos para alcanzar métodos válidos, precisos y confiables se han centrado en áreas específicas de las ciencias forenses -particularmente en las metodologías de comparación aplicadas en huellas de mordedura, dactilares o registros de armas de fuego (PCAST Working Group, 2016), no son pocas las dificultades que han surgido para dar cumplimiento con mejoras tales como la estandarización de las terminologías, la minimización del error o el mismo control de los posibles sesgos. Aun así, Kaye (2010) ha aportado una visión esperanzadora bajo este complejo escenario, señalando que solo se generarán efectos saludables en el desarrollo de las ciencias forenses a partir de las recomendaciones de la NAS.

Stott *et al.* (1982) publicaron en 1982 la primera investigación de conteo de TCA en humanos para EE, tras evaluar bajo microscopía de campo claro una serie de cortes transversales radiculares delgados, obteniendo resultados prometedores para la época. A partir de este primer reporte, la metodología ha presentado un desarrollo dinámico con una serie de propuestas y recomendaciones promisorias (Naylor *et al.*, 1985; Charles *et al.*, 1986; Grosskopf, 1990; Jankauskas *et al.*, 2001; Wittwer-Backofen, 2012; Naji *et al.*, 2016; Colard *et al.*, 2018). Sin embargo, y a pesar de los múltiples esfuerzos por depurar el método, esta revisión expone una diversidad y heterogeneidad en las propuestas con resultados sumamente contradictorios. Aun así, compartimos que la necesidad planteada por Bertrand *et al.* (2019b) de continuar promoviendo el avance de la ciencia hacia la adopción de metodologías estandarizadas, las que, si bien no eliminan los errores, minimizarán la posibilidad de cometerlos. Esta investigación no pretende generar o recomendar un protocolo por sobre otro en base a un prometedor método o un mejor resultado, sino evidenciar el cumplimiento de criterios disponibles a partir de informes de la comunidad científica, estándares legales de admisibilidad o reflexiones críticas de la literatura a la metodología por TCA.

**Distribución geográfica.** India tuvo la mayor representación de la productividad global de EE mediante conteo de

TCA en el periodo estudiado; coincidimos con Espinoza-Silva *et al.* (2022) en que los resultados reportados ese país presentan una alta heterogeneidad para EE. La comunidad científica ha puesto de manifiesto algunas consideraciones sobre la calidad de investigación proveniente de ese país; en 2021, Kathane *et al.* (2021) señalaron que las ciencias forenses de la India han presentado deficiencias por falta de certificación de expertos, indisponibilidad de bases de datos, estadísticas y aplicación de códigos de ética, haciendo urgente la necesidad de mejorar sus capacidades científicas. De acuerdo con Lidén & Dror (2021) una disparidad de resultados en EE genera falta de confiabilidad y más aún, dilema sobre cómo ser aplicadas en un contexto legal, debido a las contradicciones al examinarse una misma prueba. Según Page *et al.* (2011) esta problemática debe ser abordada no sólo en una mirada de limitación o exclusión de la prueba, sino bajo la premisa de continuar con el desarrollo de investigaciones que permitan validarlas para garantizar una admisibilidad en un contexto judicial o legal.

**Muestra.** En esta revisión, se detectaron amplias diferencias en el número de dientes utilizados, con un mínimo de 20 (Padavala *et al.*, 2015) a un máximo de 200 dientes (Kasetty *et al.*, 2010). Si bien cualquier diente es adecuado para EE mediante conteo de TCA, la mayoría de los estudios de validación se ha centrado en dientes unirradiculares -incisivos, caninos o premolares- (Wittwer-Backofen, 2012), generando fuertes críticas sobre la estandarización del muestreo y el uso de las estrategias oportunistas o de conveniencia para la elección de esta (Bertrand, 2019a,b). No obstante, Gualdi-Russo *et al.* (2022) han afirmado la no existencia de diferencias significativas de estimación entre dientes unirradiculares y multirradiculares, permitiendo aplicar su metodología de EE a cualquier tipo de diente. Un 29,62 % de los artículos no declaró el tipo de diente, y un 18,51 % reportó estudios en dientes unirradiculares de forma genérica. Wittwer-Backofen *et al.* (2004) establecieron las bases para el estudio de la variabilidad intraindividual en múltiples dientes extraídos de un mismo individuo, reportando que solo un 57 % presentó estimaciones cercanas a la edad real. En la misma línea, Zazvonilová *et al.* (2022) reportaron diferencias de estimaciones en un rango individual entre 0,9 y 10,8 años con sub y sobre estimaciones de edad. Esta variable resalta la necesidad no sólo de conocer el tipo de diente, sino además de precisar el número de dientes aportados por cada individuo, y la relación entre la variabilidad individual con la EE. Esta serie de discrepancias entre los artículos se contraponen con las premisas del PCAST Working Group (2016) para un desarrollo de metodologías repetibles, reproducibles y confiables, convirtiéndose en un potencial efecto perjudicial para los resultados obtenidos. Asimismo, Baliga *et al.* (2022) expresan la necesidad de contar con tamaños muestrales mayores para establecer ecuaciones más precisas de estimación.

**Preparación de cortes y microscopía.** Respecto al tipo de corte histológico, se detectó mayor preferencia por los cortes longitudinales en contraposición con lo propuesto inicialmente por Stott *et al.* (1982). Mallar *et al.* (2015) declararon una mayor consistencia y concordancia intraobservador en cortes longitudinales, comparados con los transversales. No obstante, Avadhani *et al.* (2009) afirmaron que las secciones transversales son ideales para realizar el conteo de TCA con una fiabilidad del método del 94,73 %. Por su parte, Pinto *et al.* (2022) recomendaron un protocolo que considere en futuros estudios, la preparación de secciones transversales en el tercio medio. Según Bertrand *et al.* (2019b), la diversidad de técnicas existentes se correlaciona con las distintas disciplinas que han realizado investigaciones y el origen de la muestra. No puede perderse de vista que la discusión debe centrarse no sólo en el tipo de corte elegido, sino también en el proceso de seccionamiento realizado y la calidad de las muestras obtenidas (Perrone *et al.*, 2022).

Según Grosskopf & McGlynn (2011), una de las fuertes críticas del método se ha centrado en la variabilidad de la calidad óptica de las líneas incrementales y los errores que pueden influir en los observadores en su correcta visualización. Esta compleja problemática no sólo puede atribuirse a la preparación y calidad de los cortes histológicos, sino también a las posibles diferencias en la mineralización que presenta el cemento, la real aposición anual, la coexistencia de líneas diagonales con líneas concéntricas, y la presencia de cementocitos que puedan alterar los patrones de las anulaciones (Renz & Radlanski, 2006). En esta revisión, sorprende que solo los 2 artículos (Gocha & Schutkowski, 2013; Zazvonilová *et al.*, 2022) han considerado esta variable evaluando la calidad y legibilidad en los cortes preparados previo al proceso de conteo de las líneas incrementales. De acuerdo con Zazvonilová *et al.* (2022) sólo el 11,3 % del total de los preparados obtuvo la más alta calidad de legibilidad, con una relación entre las subestimaciones y un bajo índice de legibilidad. Asimismo, Gocha & Schutkowski (2013) evaluaron visibilidad de las anulaciones de cemento en dientes sometidos a altas temperaturas obteniendo solo muestras con una moderada y mala calidad de definición. Si bien no debe perderse de vista que las condiciones del estudio fueron extremas, la necesidad de evaluar la legibilidad no debe pasarse por alto y deben profundizarse su aplicación e interpretación en estudios futuros.

Otra de las limitaciones se ha conducido específicamente al conteo de las TCA por parte de los observadores (Naji *et al.*, 2016). Si bien en esta revisión 13 artículos incluyeron evaluaciones de concordancia entre observadores, sólo el 14,87 % informó resultados explícitos con rangos de acuerdo categorizados en una evaluación casi perfecta. Naji & Koel-Abt (2017) también señalaron una

serie de obstáculos técnicos y teóricos destacando la necesidad de realizar un entrenamiento adecuado entre los observadores para controlar y eliminar los posibles sesgos inherentes a una subjetividad. La mayoría de los estudios seleccionados declararon como resultado un coeficiente de correlación de Pearson, siendo necesario precisar que éste no debe confundirse con la evaluación de una concordancia, ya que la primera sólo entrega la existencia de una relación entre puntuaciones (Correa-Rojas, 2021).

Diversos estudios han concentrado sus esfuerzos en comparar el rendimiento en diferentes tipos de microscopios; Perrone *et al.* (2022) realizaron una comparación crítica de la EE mediante conteo de TCA, exponiendo las discrepancias de los investigadores en la elección del tipo de microscopía, recomendando comparar los tejidos bajo luz transmitida y reflejada. Esta diversidad también fue destacada por Zazvonilová *et al.* (2022) quienes precisaron inconsistencias respecto a la preparación de las secciones y enfoques microscópicos. Estamos de acuerdo con estas afirmaciones, ya que un 66,67 % de los estudios declaró el uso de microscopía convencional y un 51,85 % de microscopía polarizada, con diversidad en los aumentos empleados (10x, 40x, 200x, 400x), en los distintos tipos de microscopía y cortes histológicos preparados. Es importante precisar que un 33,33 % de los estudios no reportó un tipo de aumento empleado, complejizando la interpretación de sus resultados y, más aún, la replicabilidad y contrastabilidad de la metodología. Además, un 37,03 % de los artículos realizó una comparación de la precisión en distintos tipos de microscopios; entre ellos, la microscopía de contraste de fase obtuvo una mayor precisión debido a la obtención de imágenes más claras (Pundir *et al.*, 2009; Joshi *et al.*, 2010; Alghonamy *et al.*, 2015; Bhondey *et al.*, 2015; Kaur *et al.*, 2015; Pradeep *et al.*, 2021; Patel *et al.*, 2022). A diferencia de la mayoría de los autores, Geetha *et al.* (2018) afirmaron detectar un mejor rendimiento de la microscopía polarizada comparada con la convencional, la de contraste de fase y la estereomicroscopía. Por lo anterior, se haría necesario profundizar en este punto, debido que sólo la convencional y la polarizada han sido estudiadas en al menos la mitad de los artículos incluidos.

**Relación entre la edad cronológica y EE.** Se detectó una heterogeneidad en los valores de las EEs; el 77,78 % de los estudios incluidos en esta revisión reportó como parte de los resultados principales, la determinación del coeficiente de correlación de Pearson para establecer la precisión del método. Coincidimos con Bertrand *et al.* (2019b) en la existencia de una importante diversidad de valores de coeficientes de correlación (entre un rango de 0,42 a 0,97), haciéndose necesario realizar análisis categorizados por edad, debido al amplio rango detectado en los artículos incluidos (0,197

a 1). Le Cabec *et al.* (2019) reportaron una baja en la precisión de EE de más de 20 años para individuos que superaban los 50 años, debido a una posible influencia de factores ambientales. En esta revisión, también se detectaron diferencias en los grupos de mayor edad; de acuerdo con Shruthi *et al.* (2015) discrepancias de 11,1 años fueron detectadas en individuos con edades entre los 66 y los 75 años. Gualdi-Russo *et al.* (2022) obtuvieron subestimaciones sobre los 10 años en individuos mayores de 43 años; Arora *et al.* (2013) reportaron un error medio absoluto de aproximadamente 8 años en individuos de 48 a 75 años. Gupta *et al.* (2014) asociaron que la menor representatividad en individuos mayores de 55 años podría deberse a una disminución en la aposición del cemento o a trastornos metabólicos individuales asociados a la edad (Sultana *et al.*, 2021).

Es importante mencionar que esta revisión identificó resultados desfavorables, o sin correlaciones significativas para EE (Padavala *et al.*, 2015), y afirmaciones sobre la no aplicabilidad del método al emplearse dientes periodontalmente afectados (Dias *et al.*, 2010; Alghonamy *et al.*, 2015). Esto último se contrapone a la diferencia de un año para las estimaciones en dientes tanto sanos como periodontalmente comprometidos reportada por Sultana *et al.* (2021), y la fuerte correlación de EE obtenida por Broucker *et al.* (2016). Estas discrepancias podrían deberse a los distintos espesores, tipo y número cortes histológicos obtenidos, exponiéndose una vez más la heterogeneidad existente, y la falta de adhesión a un protocolo estandarizado.

En una revisión sistemática, Suciyanie *et al.* (2022) recomendaron la técnica de EE mediante conteo de TCA en adultos jóvenes con edades entre 15 y 44 años, atribuyendo la subestimación de edad a una disminución de las funciones corporales y a la influencia de condiciones patológicas. Si bien se reportan fuertes correlaciones entre la edad cronológica y la EE, compartimos la recomendación de Bertrand *et al.* (2019b) sobre la necesidad de que la EE también sea evaluada en forma absoluta (años) y relativa (porcentaje) como medida de control de calidad de las lecturas de los observadores. En esta revisión, sólo Zazvonilová *et al.* (2022) incorporaron estos parámetros, obteniendo una fuerte correlación de estimación ( $r = 0,96$ ) junto con una precisión absoluta de 2,2 años y relativa del 4,9 %. Es posible que la incorporación de estas medidas permita avanzar en estimaciones más precisas con índices de error bien establecidos, minimizando las posibles opiniones sobre una técnica forense y de esta manera cumpliendo de mejor forma con los requisitos para admisibilidad de una prueba científica (Murrie *et al.*, 2019).

Cameriere *et al.* (2013) afirman que aunque históricamente la EE ha sido considerada “más un arte que una

ciencia precisa”, la resignificación establecida por Daubert ha transformado a la era actual en una búsqueda permanente de validación y rigor científico, problema que debe ser necesariamente abordado. Para los autores, los recientes avances han buscado profundizar sobre viejas y nuevas técnicas que permitan su estandarización y posibilidad de ser ofrecidas a las autoridades que las soliciten. Coincidimos con Bertrand *et al.* (2019b) en que el uso de protocolos estandarizados en metodologías para EE mediante conteo de TCA reducirá el enfoque instintivo en cementocronología lo que permitirá asegurar la reproducibilidad y contrastabilidad de las estimaciones. Aunque para esos autores el mundo de la investigación tiene dificultades para adaptarse al rigor de las restricciones normativas (hoy exigencias en cualquier tribunal judicial), coincidimos con ellos en que el conteo de TCA para EE, aunque promisorio, necesita de la adopción a procedimientos estandarizados dada la gran heterogeneidad de sus propuestas técnicas.

## CONCLUSIONES

Existe una gran heterogeneidad en las metodologías de EE mediante conteo de TCA. A pesar de los múltiples protocolos propuestos, aún no existe un procedimiento que estandarice íntegramente la técnica en todas las etapas para garantizar una reproductibilidad confiable y precisa. Los estándares judiciales actuales exigen un mayor refinamiento y robustez de los métodos aplicados, que no sólo entreguen un valor de estimación, sino que sea un real aporte a la creciente demanda de procesos identificatorios con fines legales o forenses. Se recomienda realizar nuevas investigaciones con tamaños muestrales mayores en otras poblaciones más allá de las reportadas debido al bajo número de estudios de estimación detectados. Las limitaciones presentadas en revisión pueden aportar al desarrollo de futuras investigaciones de EE mediante conteo de TCA de manera de subsanar las discrepancias, las limitaciones técnicas actuales, y poder aumentar la confiabilidad de las mismas.

---

**RIVERA-MENDOZA, F.; ESPINOZA-SILVA, P. V. & FONSECA, G. M.** Technical limitations of cementum annulation count method for age estimation. Findings from a scoping review. *Int. J. Morphol.*, 41(3):733-742, 2023.

**SUMMARY:** In the last decade, forensic odontology has focused on the development of age estimation (AE) methodologies due to the great request in identification processes. Among these techniques, the tooth cementum annulation (TCA) count method has offered promising but also contradictory results, raising questions about its accuracy and reliability. The aim of this work was to characterize, establish the scope, and identify



the limitations of the TCA count method according to the current normative and methodological standards. A scoping review was carried out for TCA count methods for AE, including experimental studies and technical notes in the PubMed/Medline, Scopus, Web of Science (WoS) and Embase databases. The terms "estimation", "age" and "cementum" were used, with a complementary manual search in Google Scholar. Reviews, studies in archaeological collections, radiological studies and letters to the editor were excluded. The search yielded a total of 273 articles, selecting 27 of them that met the inclusion criteria. Most of the studies were published in Asia, particularly India (n=21). Only 6 articles declared the total number of individuals, types of teeth, and histological sections, with the premolar being the most studied. Only two articles evaluated the quality of the sample to be analyzed through the legibility of the cuts obtained. The most widely used test to assess the precision of the method was the Pearson correlation coefficient (n=21). These findings expose the high heterogeneity reported in EE methodologies by counting TCA, so there is still no standardized process that covers in all its stages and delivers reliable results following current legal standards for scientific evidence. More control of the detected technical limitations will increase the value as evidence in a legal or forensic identification context.

**KEY WORDS: Age estimation; Tooth cementum annulations; Dental cementum; Forensic odontology; Identification.**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adserias-Garriga, J. *Evolution of Methods and State-of-the-Art in Dental Age Estimation*. En: Adserias-Garriga, J. (Ed.) *Age Estimation, a Multidisciplinary Approach*. San Diego, Academic Press, 2019.
- Alghonamy, W. Y.; Gaballah, O. M. & Labah, D. A. Age estimation in adult human sound and periodontally affected teeth using tooth cementum annulations. *Tanta Dent. J.*, 12(4): 277-85, 2015.
- Arora, J.; Sahni, D.; Talwar, I. & Rattan, V. Age estimation among North Indians by cementum annulation count: A light microscopic study. *J. Anat. Soc. India*, 62(2):110-4, 2013.
- Avadhani, A.; Tupkari, J.; Khambaty, A. & Sardar, M. Cementum annulations and age determination. *J. Forensic Dent. Sci.*, 1(2):73-6, 2009.
- Baliga, R.; D'costa, N.E.; Fatima, S.; Srikant, N.; Yellapurkar, S.; Poojary, D. & Prince, J. Precision of cementum annulations to estimate age: a polarized microscope study. *J. Punjab Acad. Forensic Med. Toxicol.*, 22(1):53-7, 2022.
- Bassed, R. B. Advances in forensic age estimation. *Forensic Sci. Med. Pathol.*, 8(2):194-6, 2012.
- Bertrand, B. Age-at-death estimation by cementochronology - Somewhere between indifference and overconfidence. *Forensic Sci. Int.*, 302:109886, 2019a.
- Bertrand, B.; Oliveira-Santos, I. & Cunha, E. *Cementochronology: A Validated but Disregarded Method for Age at Death Estimation*. En: Adserias-Garriga, J. (Ed.) *Age Estimation, a Multidisciplinary Approach*. San Diego, Academic Press, 2019b.
- Bhondey, A.; Thakur, M.; Palve, D.; Dhengar, Y. S.; Bhagwatkar, T. & Chaturvedi, S. Age revealing annulations: Application for estimation of age in central India population. *Ann. Dent. Spec.*, 3(4):96-9, 2015.
- Bommanavar, S.; Joshi, S.; Mashalkar, V.; Baad, R.; Vibhute, N.; Belgaumi, U. & Kadashetti, V. Comparative study of age estimation by cemental annulations by polarizing and light microscopic methods using digital method adobe photoshop 7 version. *Indian J. Forensic Med. Toxicol.*, 13(2):222-7, 2019.
- Broucker, A.; Colard, T.; Penel, G.; Blondiaux, J. & Najji, S. The impact of periodontal disease on cementochronology age estimation. *Int. J. Paleopathol.*, 15:128-33, 2016.
- Cameriere, R.; Cunha, E.; Wasterlain, S. N.; De Luca, S.; Sassaroli, E.; Pagliara, F.; Nuzzolese, E.; Cingolani, M. & Ferrante, L. Age estimation by pulp/tooth ratio in lateral and central incisors by peri-apical X-ray. *J. Forensic Leg. Med.*, 20(5):530-6, 2013.
- Charles, D. K.; Condon, K.; Cheverud, J. M. & Buikstra, J. E. Cementum annulation and age determination in Homo sapiens. I. Tooth variability and observer error. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 71(3):311-20, 1986.
- Colard, T.; Bertrand, B.; Najji, S.; Delannoy, Y. & Bécart, A. Toward the adoption of cementochronology in forensic context. *Int. J. Legal Med.*, 132(4):1117-24, 2018.
- Committee on Identifying the Needs of the Forensic Science Community; Committee on Science, Technology & Law Policy and Global Affairs, Committee on Applied and Theoretical Statistics, Division on Engineering and Physical Sciences. National Research Council of the National Academies. *Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward*. Washington DC, The National Academies Press, 2009.
- Condon, K.; Charles, D. K.; Cheverud, J. M. & Buikstra, J. E. Cementum annulation and age determination in Homo sapiens. II. Estimates and accuracy. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 71(3):321-30, 1986.
- Cordner, S.; Ranson, D. & Bassed, R. The foundations of the comparison forensic sciences: Report of the President's Council of Advisors on Science and Technology. *J. Law Med.*, 24(2):297-302, 2016.
- Correa-Rojas, J. Coeficiente de correlación intraclass: aplicaciones para estimar la estabilidad temporal de un instrumento de medida. *Cienc. Psicol.*, 15(2):e2318, 2021.
- Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals Inc., 509 U.S. 579 (1993). Web Site. *JUSTIA, U.S. Supreme Court*, 1993. Disponible en: <https://supreme.justia.com/cases/federal/us/509/579/>
- Dias, P. E.; Beaini, T. L. & Melani, R. F. Age estimation from dental cementum incremental lines and periodontal disease. *J. Forensic Odontostomatol.*, 28(1):13-21, 2010.
- Espinoza-Silva, P.; López-Lázaro, S. & Fonseca, G. M. Forensic odontology and dental age estimation research: a scoping review a decade after the NAS report on strengthening forensic science. *Forensic Sci. Med. Pathol.*, 2022. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s12024-022-00499-w>
- Geetha, H. L.; Baghisath, V. P.; Vinay, H. B.; Sudheer, B.; Kumar, V. J. & Gayathri, C. H. Age estimation using tooth cementum annulations method by different types of microscope: A comparative study. *Int. J. Oral Health Sci.*, 8(2):73-80, 2018.
- Gocha, T. P. & Schutkowski, H. Tooth cementum annulation for estimation of age-at-death in thermally altered remains. *J. Forensic Sci.*, 58 Suppl. 1:S151-5, 2013.
- Grosskopf, B. & McGlynn, G. Age diagnosis based on incremental lines in dental cementum: a critical reflection. *Anthropol. Anz.*, 68(3):275-89, 2011.
- Grosskopf, B. Individual age determination using growth rings in the cementum of buried human teeth. *Z. Rechtsmed.*, 103(5):351-9, 1990.
- Gualdi-Russo, E.; Saguto, I.; Frisoni, P.; Neri, M.; Mongillo, J. & Rinaldo, N. Age estimation using tooth cementum annulations: bias and sources of inaccuracy. *Front. Biosci. (Landmark Ed.)*, 27(5):141, 2022.
- Gupta, P.; Kaur, H.; Shankari, G. S. M.; Jawanda, M.K. & Sahi, N. Human age estimation from tooth cementum and dentin. *J. Clin. Diagn. Res.*, 8(4):ZC07-10, 2014.
- Jankauskas, R.; Barakauskas, S. & Bojarun, R. Incremental lines of dental cementum in biological age estimation. *Homo*, 52(1):59-71, 2001.
- Joshi, P. S.; Chougule, M. S. & Agrawal, G. P. Comparison of polarizing and phase contrast microscopy for estimation of age based on cemental annulations. *Ind. J. Forensic Odontol.*, 3:87-95, 2010.

- Kasetty, S.; Rammanohar, M. & Raju Ragavendra, T. Dental cementum in age estimation: a polarized light and stereomicroscopic study. *J. Forensic Sci.*, 55(3):779-83, 2010.
- Kathane, P.; Singh, A.; Gaur, J. R. & Krishan, K. The development, status and future of forensics in India. *Forensic Sci. Int. Rep.*, 3:100215, 2021.
- Kaur, P.; Astekar, M.; Singh, J.; Arora, K. S. & Bhalla, G. Estimation of age based on tooth cementum annulations: A comparative study using light, polarized, and phase contrast microscopy. *J. Forensic Dent. Sci.*, 7(3):215-21, 2015.
- Kaye, D. H. The good, the bad, the ugly: the NAS report on strengthening forensic science in America. *Sci. Justice*, 50(1):8-11, 2010.
- Laws, R. M. A new method of age determination for mammals. *Nature*, 169(4310):972-3, 1952.
- Le Cabec, A.; Tang, N. K.; Ruano Rubio, V. & Hillson, S. Nondestructive adult age at death estimation: Visualizing cementum annulations in a known age historical human assemblage using synchrotron X-ray microtomography. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 168(1):25-44, 2019.
- Lidén, M. & Dror, I. E. Expert reliability in legal proceedings: "Eeny, meeny, miny, moe, with which expert should we go?". *Sci. Justice*, 61(1):37-46, 2021.
- Mallari, K. B.; Girish, H. C.; Murgod, S. & Kumar, B. Y. Age estimation using annulations in root cementum of human teeth: A comparison between longitudinal and cross sections. *J. Oral. Maxillofac. Pathol.*, 19(3):396-404, 2015.
- Mohan, N.; Gokulraj, S. & Thomas, M. Age estimation by cemental annulation rings. *J. Forensic Dent. Sci.*, 10(2):79-83, 2018.
- Murrie, D. C.; Gardner, B. O.; Kelley, S. & Dror, I. E. Perceptions and estimates of error rates in forensic science: A survey of forensic analysts. *Forensic Sci. Int.*, 302:109887, 2019.
- Naji, S. & Koel-Abt, K. Cementochronology – The still underestimated old "new" method for age-at-death assessment. *J. Forensic Sci. Crim. Investig.*, 3(5):555630, 2017.
- Naji, S.; Colard, T.; Blondiaux, J.; Bertrand, B.; d'Incau, E & Bocquet-Appel, J. P. Cementochronology, to cut or not to cut?. *Int. J. Paleopathol.*, 15:113-9, 2016.
- Natesan, S. C.; Krishnapillai, R.; Ramakrishnan, B. P. & Thomas, P. Phase-contrast microscopy: an adjunct tool to assess cementum annulation in forensic dentistry. *Oral Maxillofac. Pathol. J.*, 8(1):5-8, 2017.
- Nayar, A. K.; Parhar, S.; Thind, G.; Sharma, A. & Sharma, D. Determination of age, sex, and blood group from a single tooth. *J. Forensic Dent. Sci.*, 9(1):10-4, 2017.
- Naylor, J. W.; Miller, W. G.; Stokes, G. N. & Stott, G. G. Cemental annulation enhancement: a technique for age determination in man. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 68(2):197-200, 1985.
- Padavala, S. & Gheena, S. Estimation of age using cementum annulations. *J. Pharm. Sci. Res.*, 7(7):461-3, 2015.
- Page, M. J.; McKenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I.; Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J. M.; Akl, E. A.; Brennan, S. E.; et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372:n71, 2021.
- Page, M.; Taylor, J. & Blenkin, M. Forensic identification science evidence since Daubert: Part I--A quantitative analysis of the exclusion of forensic identification science evidence. *J. Forensic Sci.*, 56(5):1180-4, 2011.
- Patel, A.; Parikh, N.; Patel, U.; Nandini, C.; Jadeja, N. & Bajaj, S. Age estimation based on incremental lines of Cementum using three different microscopes. *NeuroQuantology*, 20(10):7561-9, 2022.
- PCAST Working Group. *Forensic science in criminal courts: ensuring scientific validity of feature-comparison methods*. Houston, Baker Institute for Public Policy, Rice University, 2016.
- Perrone, V.; Gocha, T.P.; Randolph-Quinney, P. & Procopio, N. Tooth cementum annulation: a literature review. *Forensic Sci.*, 2(3):516-50, 2022.
- Pinto, P. H. V.; Fares, L. C. & Silva, R. H. A. D. Dental age estimation by cementum incremental lines counting: A systematic review and meta-analysis. *Forensic Sci Int.*, 341:111492, 2022.
- Pradeep, L.; Kokila, G.; Gopinathan, P. A.; Guruswamy, S.; Nazir, S. H. & Chatterjee, A. Age estimation with cemental annulation using light, phase contrast and polarized microscopy. *J. Microsc. Ultrastruct.*, 9(2):55-60, 2021.
- Pretty, I. A. & Sweet, D. A look at forensic dentistry--Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *Br. Dent. J.*, 190(7):359-66, 2001.
- Pundir, S.; Saxena, S. & Aggrawal, P. Estimation of age based on tooth cementum annulations using three different microscopic methods. *J. Forensic Dent. Sci.*, 1(2):82-7, 2009.
- Renz, H. & Radlanski, R. J. Incremental lines in root cementum of human teeth--a reliable age marker?. *Homo*, 57(1):29-50, 2006.
- Ritz-Timme, S.; Cattaneo, C.; Collins, M. J.; Waite, E. R.; Schütz, H. W.; Kaatsch, H. J. & Borrmann, H. I. Age estimation: the state of the art in relation to the specific demands of forensic practise. *Int. J. Legal. Med.*, 113(3):129-36, 2000.
- Shruthi, B. S.; Donoghue, M.; Selvamani, M. & Kumar, P. V. Comparison of the validity of two dental age estimation methods: a study on South Indian population. *J. Forensic Dent. Sci.*, 7(3):189-94, 2015.
- Stott, G. G.; Sis, R. F. & Levy, B. M. Cemental annulation as an age criterion in forensic dentistry. *J. Dent. Res.*, 61(6):814-7, 1982.
- Suciyanie, I. M.; Gultom, F. P.; Hidayat, A. N.; Suhartono, A. W.; Yuniastuti, M. & Auerkari, E. I. Accuracy of forensic age estimation using cementum annulation and dentin translucency in adult: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Legal Med.*, 136(5):1443-55, 2022.
- Sultana, A.; Zainab, H.; Jahagirdar, P.; Hugar, D. & Shaimaa. Age estimation with cemental incremental lines in normal and periodontally diseased teeth using phase contrast microscope: an original research. *Egypt. J. Forensic Sci.*, 11:39, 2021.
- Swetha, G.; Kattappagari, K. K.; Poosarla, C. S.; Chandra, L. P.; Gontu, S. R. & Badam, V. R. Quantitative analysis of dental age estimation by incremental line of cementum. *J. Oral Maxillofac. Pathol.*, 22:138-42, 2018.
- Wittwer-Backofen, U. Age estimation using tooth cementum annulation. *Methods Mol. Biol.*, 915:129-43, 2012.
- Wittwer-Backofen, U.; Gampe, J. & Vaupel, J. Tooth cementum annulation for age estimation: results from a large known-age validation study. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 123(2):119-29, 2004.
- Yamamoto, T.; Li, M.; Liu, Z.; Guo, Y.; Hasegawa, T.; Masuki, H.; Suzuki, R. & Amizuka, N. Histological review of the human cellular cementum with special reference to an alternating lamellar pattern. *Odontology*, 98(2):102-9, 2010.
- Zander, H. A. & Hurzeler, B. Continuous cementum apposition. *J. Dent. Res.*, 37(6):1035-44, 1958.
- Zazvonilová, E.; Velemínský, P.; Cermíková, A.; Danielisová, A. & Bruzek, J. Protocol matters: A need for standardized procedure in cementochronology. *Forensic. Sci. Int.*, 340:111439, 2022.

Dirección para correspondencia:

Fernando Rivera Mendoza  
Centro de Investigación en Odontología Legal y Forense -CIO  
Facultad de Odontología Universidad de La Frontera  
Avenida Francisco Salazar 01145 Edificio L.  
Temuco 4811230  
CHILE

E-mail: fernando.rivera@ufrontera.cl