

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

FACULTADE DE MEDICINA E ODONTOLOXÍA

TRABALLO FIN DE GRAO DE ODONTOLOXÍA

Título do TFG: Capacidad predictiva de distintas relaciones anatómicas dentarias para la determinación de la edad cronológica mediante la aplicación de un método semi-automatizado

AUTOR: Vázquez Bouzo, Ana

TITOR/A: Tomás Carmona, Inmaculada

COTITOR/A: Varas Quintana, Paulina

Departamento: Departamento de Cirurxía e Especialidades Médico-Cirúrxicas

Curso académico: 2019-2020

Convocatoria: 2ª Convocatoria

AGRADECIMIENTOS

Debo expresar mi más sincero agradecimiento al equipo de la Unidad Clínica de Pacientes con Necesidades Especiales coordinado por la Dra. Tomás, por transmitirme sus conocimientos sobre esta profesión, ayudarme y orientarme en esta carrera siempre con una sonrisa y un ambiente inmejorable. Especialmente a mi tutora Inmaculada Tomás Carmona, por la confianza que siempre me ha mostrado, su dedicación y atención durante la realización del proyecto, y por mostrarme el camino a la interesante rama investigadora de esta profesión a través de un trabajo multidisciplinar y punto de partida para nuevos hallazgos.

A mi cotutora Paulina, por su colaboración y por su tiempo para solventar dudas. También a Nicolás Vila, Carlos Balsa y María J. Carreira por su valiosa aportación en el terreno informático y estadístico.

A todos los profesores y compañeros que a lo largo de estos cursos me transmitieron su pasión por la Odontología.

Y por último, a mis familiares y amigos, que han compartido conmigo estos últimos 5 años, con un final inesperado por la compleja situación sanitaria vivida en estos momentos a nivel mundial.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Castellano:

Este trabajo presenta un método para estimar la edad cronológica de niños y adolescentes basado en la medición de la altura y anchura de ocho dientes mandibulares.

Se analizaron 650 ortopantomografías de individuos caucásicos españoles (330 niños, 320 niñas) de entre 5 y 16 años, obtenidas de la Facultad de Medicina e Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela (USC, Galicia, España). Se establecieron 11 grupos por rangos de edad.

Se midieron las alturas y anchuras de los dientes 47, 46, 45, 44, 34, 35, 36 y 37. La variable ratio altura/anchura del diente 47 mostró el mayor valor de correlación con la edad cronológica, por lo que esta variable fue la utilizada para la predicción de la edad cronológica, aplicando regresión lineal simple y evaluando el modelo obtenido mediante el coeficiente de determinación (R^2).

La ratio altura/anchura del diente 47 mostró una media y mediana de los errores de 8.924^{-17} y -0.029 años en hombres y 5.770^{-17} y -0.010 años en mujeres, respectivamente. El error absoluto medio y mediano fue de 0.944 y 0.810 años en hombres y 0.971 y 0.892 años en mujeres, respectivamente. Los grupos de edad con un menor y mayor error absoluto fueron el de 6-9 años y el de 15-16 años, respectivamente, en ambos sexos.

La relación anatómica basada en la ratio altura/anchura de la pieza dentaria 47 estima la edad cronológica de sujetos hasta los 16 años de edad con un error medio inferior a un año. Este nivel de precisión óptimo es comparable al detectado con otros métodos de estimación de edad en niños y adolescentes, teniendo además como valor añadido la mayor facilidad en la determinación de las mediciones frente a otros métodos como el de Cameriere.

Palabras clave: Edad dental; Edad cronológica; Mineralización dental; Medidas morfológicas; Dientes mandibulares; Radiografía panorámica.

Gallego:

Este traballo presenta un método para estimar a idade cronolóxica de nenos e mozos baseado na medición da altura e anchura de oito dentes mandibulares.

Analizáronse 650 ortopantomografías de individuos caucásicos españois (330 nenos, 320 nenas) de entre 5 e 16 anos, obtidas da Facultade de Medicina e Odontoloxía da Universidade de Santiago de Compostela (USC, Galicia, España). Establecéronse 11 grupos por rangos de idade.

Medíronse as alturas e anchuras dos dentes 47, 46, 45, 44, 34, 35, 36 y 37. A variable ratio altura/anchura do dente 47 amosou o maior valor de correlación coa idade cronolóxica, polo que esta variable foi a empregada para a predición da idade cronolóxica, aplicando regresión lineal simple e avaliando o modelo obtido mediante o coeficiente de determinación (R^2).

A ratio altura/anchura do dente 47 amosou unha media e mediana dos erros de 8.924^{-17} e -0.029 anos en homes, e 5.770^{-17} e -0.010 anos en mulleres, respectivamente. O erro absoluto medio e mediano foi de 0.944 e 0.810 anos en homes e 0.971 e 0.892 anos en mulleres, respectivamente. Os grupos de idade cun menor e maior erro absoluto foron o de 6-9 anos e o de 15-16 anos, respectivamente, en ambos sexos.

A relación anatómica baseada na ratio altura/anchura da peza dentaria 47 estima a idade cronolóxica de suxeitos ata os 16 anos de idade cun erro medio inferior a un ano. Este nivel de precisión óptimo é comparable ao detectado con outros métodos de estimación de idade en nenos e mozos, tendo ademáis como valor engadido a maior facilidade na determinación das medicións fronte a outros métodos como o de Cameriere.

Palabras clave: Idade dental; Idade cronolóxica; Mineralización dental; Medidas morfolóxicas; Dentes mandibulares; Radiografía panorámica.

Inglés:

This study presents a method for estimating the chronological age of children and teenagers based on the measurement of the height and width of eight mandibular teeth.

650 orthopantomographies of Spanish Caucasian individuals (330 boys, 320 girls) between 5 and 16 years old, obtained from the Faculty of Medicine and Dentistry of the University of Santiago de Compostela (USC, Galicia, Spain) were analyzed. Eleven groups were established by age ranges.

The heights and widths of teeth 47, 46, 45, 44, 34, 35, 36 and 37 were measured. The variable height/width ratio of tooth 47 showed the highest correlation value with chronological age, so this variable was used to predict chronological age, applying simple linear regression and evaluating the model obtained using the coefficient of determination (R^2).

The height/width ratio of tooth 47 a mean and median error of 8.924^{-17} and -0.029 years for men and 5.770^{-17} and -0.010 years for women, respectively. The mean and median absolute error was 0.944 and 0.810 years for men and 0.971 and 0.892 years for women, respectively. The age groups with the lowest and highest error were 6-9 years and 15-16 years, respectively, in both sexes.

The anatomical relationship based on the height/width ratio of tooth 47 estimates the chronological age of subjects up to 16 years of age with an average error of less than one year. This optimum level of accuracy is comparable to that detected with other age estimation methods in children and teenagers, also having as added value the greater ease in determining measurements compared to other methods such as Cameriere's.

Keywords: Dental age; Chronological age; Dental mineralization; Morphological measurements; Mandibular teeth; Panoramic radiography.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. MATERIAL Y MÉTODOS	8
2.1. SELECCIÓN DE LAS ORTOPANTOMOGRAFÍAS	8
2.2. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS ANATÓMICAS DENTARIAS MEDIANTE LA HERRAMIENTA LABELBOX	9
2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	10
3. RESULTADOS	11
3.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS RATIOS ALTURA/ANCHURA DE LOS DIENTES, DIFERENCIANDO POR SEXO	11
3.2. CORRELACIONES ENTRE LAS RATIOS ALTURA/ANCHURA DE LOS DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA, DIFERENCIANDO POR SEXO	13
3.3. MODELIZACIÓN CON REGRESIÓN LINEAL SIMPLE DIFERENCIANDO POR SEXO: PRUEBAS DE CALIDAD DE LOS MODELOS	14
3.4. DETERMINACIÓN DE LOS ERRORES ENTRE LAS EDADES CRONOLÓGICAS REALES Y LAS EDADES CRONOLÓGICAS PREDICHAS, DIFERENCIANDO POR SEXOS Y DIFERENTES RANGOS DE EDAD	17
4. DISCUSIÓN	20
5. CONCLUSIONES	26
6. BIBLIOGRAFIA	27

1. INTRODUCCIÓN

La determinación de la edad tiene un papel preponderante en la Odontología, en especialidades como la Odontopediatría y la Ortodoncia (1,2), pero también en otros campos como la Odontología Legal y Forense (2,3).

Por otro lado, el aumento del flujo migratorio hacia países de la Unión Europea, procedentes del Este de Europa y del África Subsahariana, provoca problemas legales de diferente índole tales como la determinación de la edad adulta legal, personas sin documentos o víctimas de explotación sexual (2,4).

El concepto de edad fisiológica se basa en el grado de desarrollo y de madurez de los diferentes tejidos, pudiendo mostrar cierto grado de variabilidad dentro del rango de la normalidad, admitiéndose que en la mayoría de las personas coincide con la edad cronológica. A lo largo de los años, se han utilizado varias edades biológicas, combinadas o no, para la estimación de la edad cronológica: edad ósea, edad sexual, edad somática y edad dentaria (5,6).

Actualmente se considera que la dentición es el mejor indicador individual y fisiológico de la edad cronológica de los jóvenes (1,7). La edad dentaria puede ser determinada de dos formas: por la erupción dentaria, estando por ello relacionada con el número y los grupos de dientes que erupcionan en la cavidad oral en cada edad cronológica (6,8); y por la determinación del grado de mineralización de todos los dientes, incluyendo tanto los erupcionados como los incluidos (6,9).

La erupción es un acontecimiento de corta duración, por lo que el conteo del número de dientes erupcionados sirve como medida de la madurez solamente cuando los dientes permanentes están en erupción activa, durante la dentición mixta (10). Además, la erupción sufre influencias de diversos factores generales, tales como la alimentación (la desnutrición grave retrasa la erupción) y el clima (elevadas temperaturas aceleran la erupción), así como factores patológicos (hipo e hipertiroidismo, diabetes mellitus, pérdida precoz de los dientes primarios e infección, impacto de los dientes permanentes, etc.) (6,10).

La mineralización dentaria es un proceso largo y continuo, que tiene su origen en el ectomesénquima y está sometido a un control de manera independiente, no estando tan relacionado con los otros sistemas de desarrollo, como la madurez ósea, la madurez somática y la madurez sexual, las cuales están asociadas a un proceso común hormono-dependiente de control y a un origen mesodérmico (11,12). La mineralización de los dientes permanentes es menos susceptible de sufrir la influencia de los factores anteriormente comentados para la erupción, y proporciona información que abarca desde el inicio de la mineralización de la corona hasta el cierre del ápice. Por consiguiente, es posible establecer una correlación entre la edad dentaria y la edad cronológica, a través del grado de mineralización de los dientes, estén erupcionados o no, especialmente hasta la edad de cierre del ápice del segundo molar (aproximadamente 14 años). Por tanto, la mineralización dentaria es considerada el indicador más fiable para la estimación de la edad cronológica (7, 13,14).

Los métodos más frecuentemente utilizados, utilizan radiografías panorámicas, que permiten una visión general del conjunto de dientes, de los dos maxilares y anexos (15, 16).

Hay varios métodos para estimar la madurez dentaria, siendo uno de los primeros el presentado por Nolla (8). El autor propuso un modelo en el que diferencia el desarrollo de cada diente en 10 estadios, siendo el primer estadio la presencia de cripta y el último cuando se ha completado el desarrollo de las raíces con ápices cerrados. Se atribuye un estadio a cada diente obteniendo una determinada puntuación. Posteriormente se suman las puntuaciones de cada diente y el resultado se traslada a un valor de edad cronológica a través de una tabla de correspondencia específica.

Sin embargo, el método más estudiado y contrastado fue el propuesto por Demirjian et al. (5), quienes también establecieron un conjunto de estadios de desarrollo (8 en este caso) y una puntuación para cada estadio. Estos estadios son trasladados a valores cuantitativos a través de una tabla específica, donde la puntuación de cada diente depende de su estado de desarrollo y el sexo del sujeto. La suma de las puntuaciones de todos los dientes proporciona un índice de madurez dentaria en escala de 0 a 100, el cual puede ser convertido en la edad dental a través de las tablas o curvas de percentiles que proporcionan los autores. En un trabajo posterior (17), los autores revisaron su modelo y propusieron tres sistemas de puntuación adicionales, donde los cambios principales en relación al original fueron la adición de nuevos estadios de desarrollo para algunos dientes y el uso de dientes diferentes para predecir la edad.

Todos estos métodos han sido comparados en una gran variedad de poblaciones (2, 3, 18-28) con útiles conclusiones sobre los dientes más adecuados para la estimación de la edad y las diferencias en el desarrollo dental en función del sexo y la raza. Sin embargo, estos métodos están basados en clasificaciones manuales, asociadas a una elevada subjetividad y discrepancias inter- e intra-observador (2, 29-33).

Más recientemente, Cameriere et al. (29), mediante la determinación de una serie de mediciones, estudiaron la relación entre los ápices abiertos de los dientes y la edad cronológica. Se utilizaron los dientes mandibulares del lado izquierdo para medir la distancia entre las paredes internas del ápice abierto en dientes unirradiculares y la suma de las distancias entre las paredes internas de los ápices abiertos en dientes multirradiculares. Después se propuso una fórmula de regresión para transformar todas las medidas al valor de la edad cronológica.

Estos autores realizaron también otras propuestas de métodos para estimar la edad cronológica, utilizando, por ejemplo, la ratio área pulpa/diente en diferentes dientes (incisivos, caninos, premolares...) (15, 34-36). Por otro lado, Cameriere et al. también presentaron un método efectivo para evaluar si un individuo es mayor o menor de 18 años a través del índice de madurez del tercer molar (I_{3M}), que se basa en la medida de los ápices abiertos de la pieza 38, definiendo un valor umbral de $I_{3M}=0.08$ para clasificar a los individuos en jóvenes o adultos (31, 37,38).

El método de Cameriere (29) se ha aplicado a diversas poblaciones, en las cuales distintos autores han encontrado una mayor exactitud con la aplicación de este método que empleando los métodos de Nolla y Demirjian (39-41). Aunque varía en función de la población estudiada, el método de Cameriere llegó a proporcionar resultados óptimos en individuos caucásicos, tendiendo a una ligera infraestimación y contando con un error predictivo medio de 0.407 años en niñas y 0.380 años en niños (siendo la mediana de los errores -0.081 para niñas y -0.036 años para niños) en una muestra de población italiana, española y croata (42). Otros estudios,

sin embargo, presentaron valores menos favorables: error predictivo medio de 0.81 años en hombres y 0.71 años en mujeres (mediana de los errores -0.44 años y -0.21 años respectivamente), en población turca (39). En estos estudios, un grupo de dientes fue utilizado para la estimación de la edad cronológica mediante el sistema de Cameriere, abarcando del 31 al 37.

El método de Cameriere presenta también ciertas limitaciones a la hora de realizar las anotaciones, siendo una de las principales cuando los ápices están próximos al cierre, resultando complicado diferenciarlos de los ápices completamente cerrados. Esto ocurre sobre todo en dientes multirradiculares y especialmente en los segundos molares.

Siguiendo esta línea de búsqueda de procedimientos más objetivos, en el presente estudio se evaluó la capacidad predictiva de determinadas relaciones anatómicas dentarias para la determinación de la edad cronológica en niños y adolescentes mediante la aplicación de un método semi-automatizado.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. SELECCIÓN DE LAS ORTOPANTOMOGRAFÍAS

En el presente trabajo, un conjunto de 650 ortopantomografías (OPG) de individuos caucásicos españoles de entre 5 y 15 años fueron seleccionadas de la base de imágenes existente en la Unidad de Radiología de la Facultad de Medicina e Odontología, en la Universidad de Santiago de Compostela (USC, Galicia, España). El tipo de ortopantomógrafo e impresora empleados fueron un Ortophos DS Sidexis (Alemania) y una Codonics Horizon M3M (EEUU) respectivamente.

Se aplicaron los siguientes criterios radiológicos de exclusión: poca nitidez de las estructuras dentarias por problemas de contraste, movimiento o artefactos; dientes impactados; obturaciones o coronas radiopacas; procesos patológicos periapicales; dientes endodonciados; dientes con rotaciones significativas; grandes áreas de esmalte superpuestas entre dientes vecinos.

Las imágenes anonimizadas fueron etiquetadas con el sexo y la fecha de nacimiento del sujeto y la fecha de adquisición de la imagen, de manera que la edad cronológica se calculó en días. La Tabla 1 muestra el rango de edades en el conjunto de datos.

La recolección de las imágenes se realizó de acuerdo con los estándares éticos del Comité de Investigación institucional de la USC, disponiendo de la autorización correspondiente, y con la Declaración de Helsinki de 1964 y sus posteriores enmiendas (43). Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes o de sus representantes legales en el caso de menores de edad.

Rangos de edad en años	Hombres	Mujeres	Total por edad	Porc. por edad
5 - 6	30	20	50	7.692
6 - 7	30	30	60	9.230
7 - 8	30	30	60	9.230
8 - 9	30	30	60	9.230
9 - 10	30	30	60	9.230
10 - 11	30	30	60	9.230
11 - 12	30	30	60	9.230
12 - 13	30	30	60	9.230
13 - 14	30	30	60	9.230
14 - 15	30	30	60	9.230
15 - 16	30	30	60	9.230
Total por sexos	330	320	650	100
Porc. por sexos	50.769	49.230	100	

Tabla 1. Distribución de la muestra del estudio según el sexo y los diferentes rangos de edad.

2.2. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS ANATÓMICAS DENTARIAS MEDIANTE LA HERRAMIENTA LABELBOX

Como medidas anatómicas dentarias, se determinaron las alturas y anchuras de los dientes mandibulares 47, 46, 45, 44, 37, 36, 35 y 34. Para realizar estas anotaciones, se empleó la plataforma informática de anotación Labelbox (44), aplicándose las siguientes normas generales:

- 1) Las mediciones se efectuaron de izquierda a derecha de la imagen, es decir, en el 4º cuadrante, del diente 47 hasta el 44, y en el 3º cuadrante, del diente 34 hasta el 37.
- 2) En primer lugar se determinó la altura y, posteriormente, la anchura de un mismo diente. La altura se midió de arriba hacia abajo, del punto azul hacia el punto rojo. La anchura se midió de izquierda a derecha, del punto verde hacia el punto magenta (Figura 1).
- 3) Las medidas de altura y anchura en cada diente formaron una especie de cruz perpendicular, como, por ejemplo, las medidas del 3º cuadrante de la imagen 33 (Figura 1).

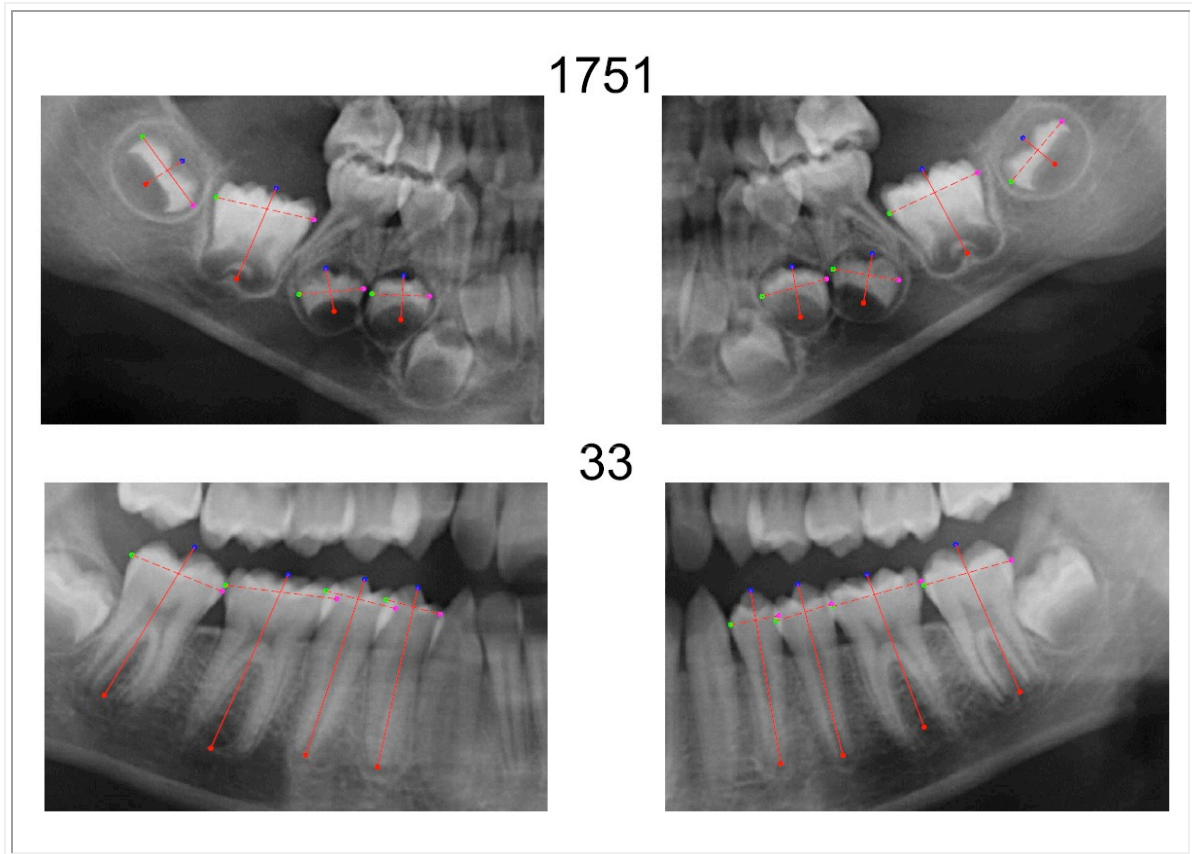


Figura 1 (imágenes 1751 y 33). Determinación de la altura y anchura en diferentes dientes mandibulares utilizando la herramienta Labelbox.

4) La medida de altura se realizó en la zona central del diente y fue paralela respecto a la inclinación de la cúspide de la corona de cada diente, finalizando a nivel de la raíz en desarrollo o en el punto inferior del ápice cerrado; en los molares inferiores, la medida se centralizó entre ambas raíces en desarrollo o entre ambos puntos inferiores de los ápices cerrados.

5) Respecto a la anchura, se consideró la mayor visible de cada diente. En el caso de dientes superpuestos, se consideró la máxima anchura, la marcada por la línea de la raíz de cada diente. Así pues, obsérvese en la imagen 33 de la figura 1 cómo el punto magenta marca la anchura máxima del primer molar en la zona mesial, que se superpone con la corona del segundo premolar marcada con el punto verde en la zona distal; y del mismo modo ocurre con el segundo premolar.

La herramienta Labelbox (44) proporcionó una tabla Excel con todas las mediciones de altura/anchura de los dientes, en número de píxeles, del total de OPGs anotadas.

2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico del presente estudio se llevó a cabo con el paquete estadístico R (versión 3.4.3) (45).

Se procedió al cálculo del poder estadístico del presente estudio mediante la realización de una prueba post hoc mediante el programa estadístico GPower3 (46). Para realizar dicho cálculo se consideró un valor alfa= 0.05, un tamaño muestral= 320 (el aplicado en mujeres), un valor de pendiente H1 del modelo= 6.3, un valor de desviación típica de x= 0.45 y un valor de desviación típica de y= 5.13. Bajo estas directrices, el poder estadístico obtenido fue de valor 1.00.

Con la finalidad de controlar la magnificación/reducción de la imagen ocasionada por el movimiento de los pacientes, se calcularon las ratios entre la altura y anchura de los ocho dientes anotados. Todo el análisis posterior se efectuó diferenciando entre sexos. En primer lugar, efectuamos una estadística descriptiva, expresando las medias y medianas de las ratios altura/anchura de los ocho dientes, así como sus respectivas medidas de dispersión.

Al tratarse de conjuntos de datos >50, el estudio de la normalidad de los datos se realizó aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov. En todas las ratios de ambos sexos, los datos mostraron un patrón de distribución no normal.

Con la finalidad de seleccionar la ratio que podría asociarse a una mayor capacidad predictora de la edad cronológica, se evaluaron las correlaciones entre las ratios de altura/anchura y la edad cronológica, aplicando el test de Spearman. Aquella variable independiente que mostró un mayor valor de correlación en ambos sexos con la variable dependiente, fue con la que se efectuó el proceso de modelización con regresión lineal simple. La evaluación del modelo se determinó mediante el coeficiente de determinación (R^2), el cual mide la bondad de ajuste de la recta a los datos.

Para evaluar la calidad de los modelos obtenidos se efectuaron los siguientes análisis: 1) La distribución normal de los residuos, aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov; 2) La homogeneidad de las varianzas de los residuos, aplicando el test Breusch-Pagan; 3) El promedio de los residuos igual a 0, aplicando el test t de Student; 4) La independencia de los residuos, aplicando el test Durbin-Watson. Se consideró como significativo un valor $p < 0.05$.

Finalmente, aplicando los modelos obtenidos, se obtuvieron las edades cronológicas predichas, las cuales fueron contrastadas con las edades cronológicas reales para obtener los valores de error y error absoluto. Estos valores se expresaron como promedio y medianas, y sus respectivas medidas de dispersión, en los diferentes rangos de edad.

3. RESULTADOS

3.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS RATIOS ALTURA/ANCHURA DE LOS DIENTES, DIFERENCIANDO POR SEXO

En las Tablas 2 y 3 se detallan las medias y medianas de las ratios altura/anchura de los ocho dientes, así como sus respectivas medidas de dispersión, para hombres y para mujeres.

En hombres, las medias de las ratios fluctuaron entre las detectadas en los dientes 47 y 37 (1.259 y 1.254) como las más bajas, y las encontradas en los dientes 44 y 34 (2.226 y 2.164) como las más altas. Las medianas de las ratios también presentaron los valores más bajos en

los dientes 47 y 37 (1.236 y 1.252), y los más altos en los dientes 44 y 34 (2.306 y 2.332). El mínimo de las ratios osciló entre valores de 0.303 (R37) y 0.949 (R36) y el máximo entre 2.196 (R47) y 4.312 (R35).

TABLA 2. HOMBRES		Media \pm d.t.	Mediana (RIQ)	Máximo, Mínimo
Ratios Altura/Anchura	R47	1.259 \pm 0.468	1.236 (0,872)	2.196, 0.313
	R46	1.779 \pm 0.288	1.816 (0.389)	2.503, 0.901
	R45	1.941 \pm 0.825	1.880 (1.476)	3.897, 0.577
	R44	2.226 \pm 0.853	2.306 (1.499)	4.205, 0.632
	R37	1.254 \pm 0.470	1.252 (0.861)	2.259, 0.303
	R36	1.770 \pm 0.302	1.810 (0.366)	3.784, 0.949
	R35	1.911 \pm 0.806	1.935 (1.482)	4.312, 0.579
	R34	2.164 \pm 0.821	2.332 (1.479)	3.978, 0.693

En mujeres, los valores de las medias de las ratios oscilaron desde los más bajos en los dientes 47 y 37 (1.311 y 1.317) hasta los más altos en los dientes 44 y 34 (2.314 y 2.246). Las medianas con los valores más bajos también pertenecieron a los dientes 47 y 37 (1.293 y 1.356), y los más altos al 44 y 34 (2.455 y 2.414). En cuanto al rango de mínimos, las ratios fluctuaron entre 0.270 (R37) y 1.018 (R46). Los valores de los máximos de las ratios fluctuaron entre 2.100 (R47) y 4.258 (R44).

TABLA 3. MUJERES		Media \pm d.t.	Mediana (RIQ)	Máximo, Mínimo
Ratios Altura/Anchura	R47	1.311 \pm 0.441	1.293 (0.788)	2.100, 0.350
	R46	1.802 \pm 0.236	1.830 (0.275)	2.394, 1.018
	R45	1.995 \pm 0.775	1.997 (1.412)	3.574, 0.692
	R44	2.314 \pm 0.810	2.455 (1.500)	4.258, 0.890
	R37	1.317 \pm 0.441	1.356 (0.782)	2.400, 0.270
	R36	1.779 \pm 0.236	1.801 (0.291)	2.425, 0.969
	R35	1.940 \pm 0.765	2.015 (1.413)	3.719, 0.569
	R34	2.246 \pm 0.784	2.414 (1.392)	4.052, 0.759

Tablas 2 y 3. Estadística descriptiva de las ratios altura/anchura de los dientes anotados en hombres y mujeres, respectivamente. R: ratio altura/anchura del diente; d.t.: desviación típica; RIQ: rango intercuartil.

Por lo tanto, tanto en hombres como en mujeres, los dientes que presentaron los valores más altos de las medias y las medianas de las ratios fueron las piezas dentarias 44 y 34, y los que presentaron los valores más bajos, las piezas dentarias 47 y 37. En general, los valores de las ratios en las mujeres fueron más altos.

En la Figura 2 se observa un ejemplo de boxplots para los valores de las ratios altura/anchura del diente 47 en hombres y en mujeres. Estos nos permiten apreciar el grado de dispersión de los datos y averiguar si existen outliers.

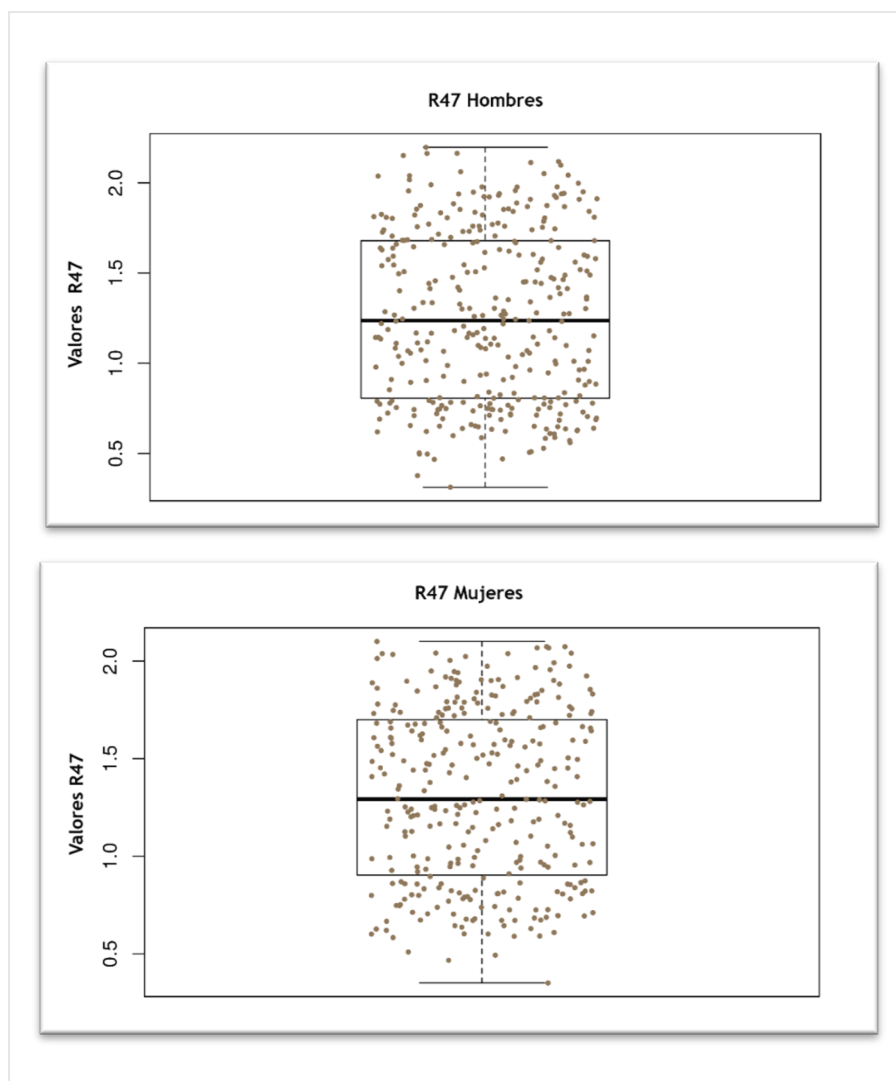


Figura 2. Ejemplo de boxplots de la variable R47 en hombres y en mujeres.

3.2. CORRELACIONES ENTRE LAS RATIOS ALTURA/ANCHURA DE LOS DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA, DIFERENCIANDO POR SEXO

Los valores de correlación fueron, en todos los casos, más altos en hombres que en mujeres. En hombres, los valores de las correlaciones entre las variables edad cronológica y ratio

altura/anchura oscilaron entre 0.684 y 0.928. La pieza dental que mostró una mayor correlación (0.928) con la edad, fue el diente 47.

En mujeres, los valores de las correlaciones entre las variables edad cronológica y ratio altura/anchura oscilaron entre 0.570 y 0.914. La pieza dental que mostró una mayor correlación (0.914) con la edad, fue el diente 47.

Por lo tanto, la variable ratio altura/anchura del diente 47 fue la seleccionada para efectuar el proceso de modelización.

Correlaciones entre edad cronológica y ratio	Rho de Spearman en hombres	Rho de Spearman en mujeres
Edad y R47	0.928	0.914
Edad y R46	0.707	0.570
Edad y R45	0.908	0.863
Edad y R44	0.904	0.866
Edad y R37	0.925	0.907
Edad y R36	0.684	0.570
Edad y R35	0.901	0.859
Edad y R34	0.891	0.864

Tabla 4. Valores de correlación entre las variables edad cronológica y las ratios altura/anchura de los dientes anotados diferenciando por sexo. R: ratio altura/anchura del diente.

3.3. MODELIZACIÓN CON REGRESIÓN LINEAL SIMPLE DIFERENCIANDO POR SEXO: PRUEBAS DE CALIDAD DE LOS MODELOS

Se efectuó la modelización de la variable ratio altura/anchura del diente 47 para la predicción de la edad cronológica aplicando regresión lineal simple.

En las Figuras 3 y 4 se observa la relación entre la variable R47 y la edad cronológica para hombres y mujeres. Se muestra la recta de regresión en color rojo, en color azul discontinuo el intervalo de confianza del modelo de regresión, y en color anaranjado discontinuo el intervalo predictivo basado en la varianza de los residuos obtenidos.

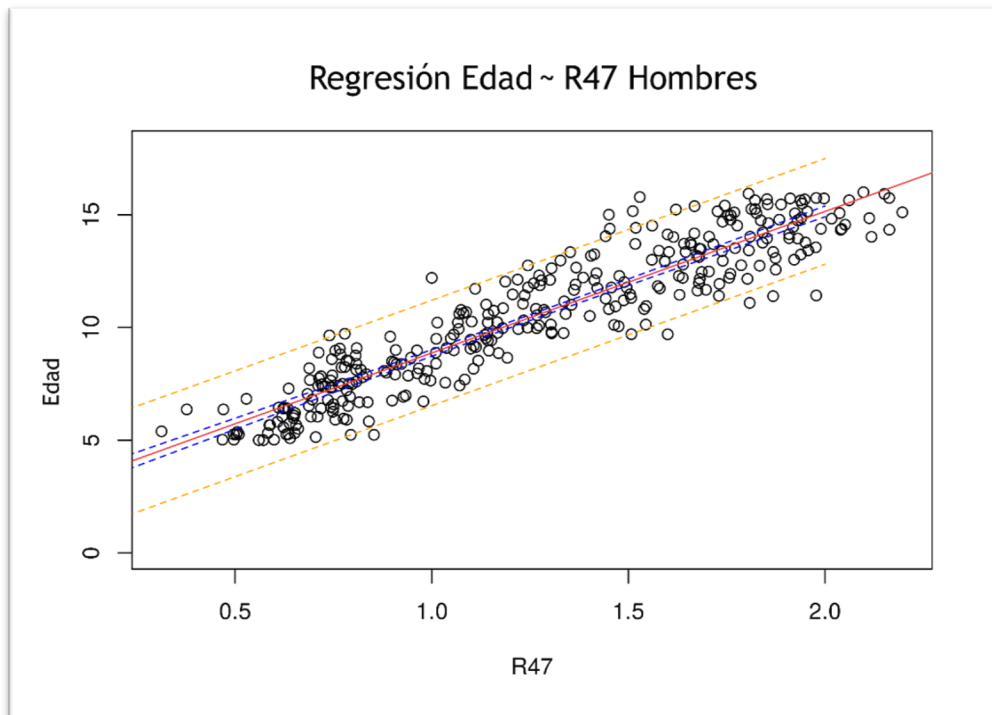


Figura 3. Recta de regresión para el sexo masculino.

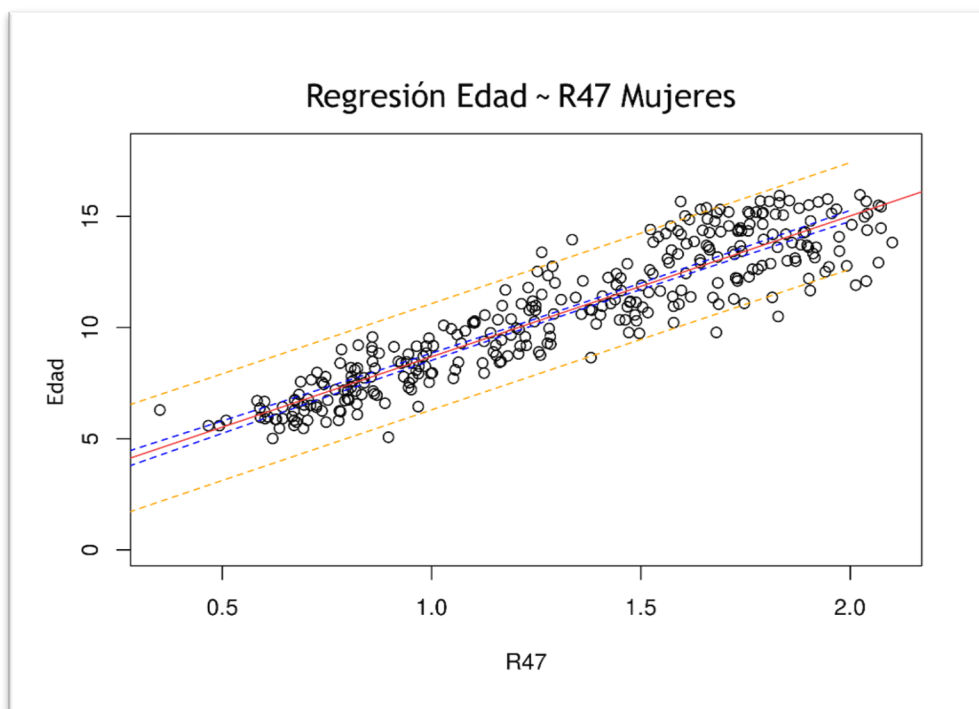


Figura 4. Recta de regresión para el sexo femenino.

A continuación se muestran las fórmulas de regresión lineal para hombres y para mujeres y el cálculo del coeficiente de determinación (R^2) para cada sexo.

HOMBRES:

$y = 2.586 + 6.280x$	$R^2 = 0.860$
----------------------	---------------

MUJERES:

$y = 2.353 + 6.334x$	$R^2 = 0.841$
----------------------	---------------

En ambos modelos, el valor R^2 mostró unos buenos valores, ya que la variable independiente “R47” es capaz de explicar el 86% y el 84% de la variable dependiente “edad cronológica” en hombres y mujeres respectivamente. Esto indica a priori que nos encontramos ante modelos óptimos.

Se muestran a continuación unos gráficos (Figuras 5 y 6) con los valores predichos por el modelo en el eje X *versus* los valores de los residuos en el eje Y. Esto nos permite evaluar visualmente características del modelo, como por ejemplo la homogeneidad de la varianza, o la distribución normal de los datos. En este caso parece que la homogeneidad de la varianza podría ser mejorable.

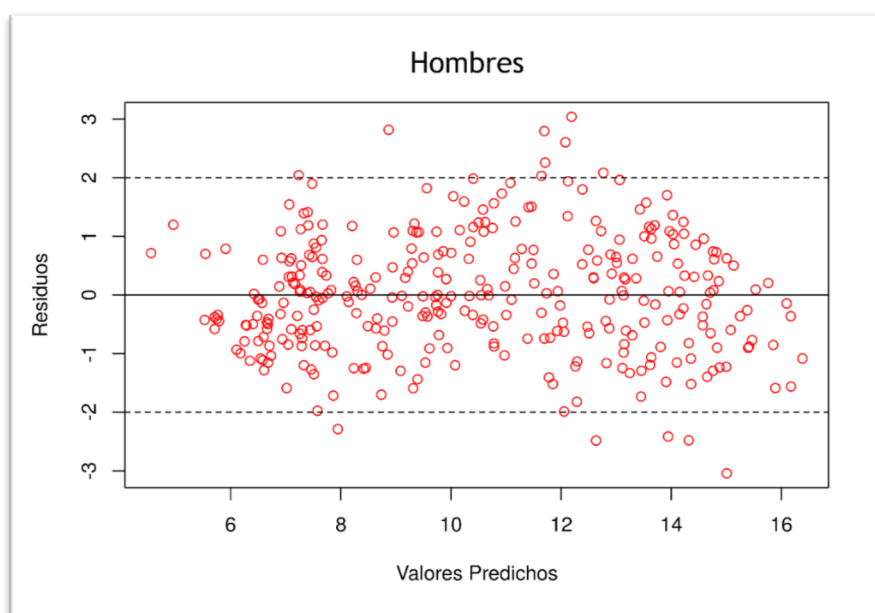


Figura 5. Gráfico de los valores predichos según el modelo *versus* los residuos en hombres.

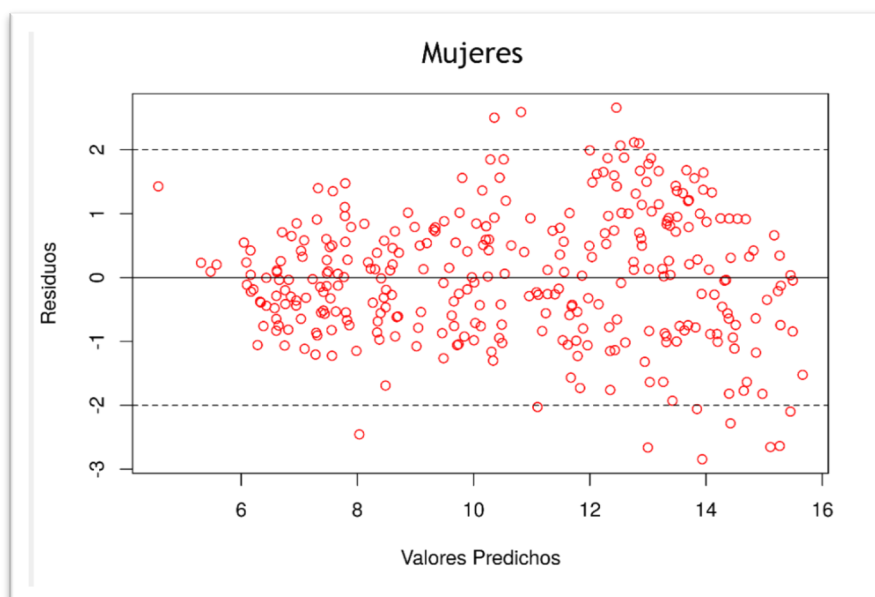


Figura 6. Gráfico de los valores predichos según el modelo *versus* residuos en mujeres.

Respecto a las distintas pruebas de calidad aplicadas a los modelos obtenidos, todas ellas presentaron valores de p por encima de 0.05, excepto el análisis de la homogeneidad de las varianzas en ambos modelos (tal y como se visualiza en los gráficos anteriores) y el de la independencia de los residuos en mujeres. En líneas generales, los análisis de calidad sostienen que son modelos aceptables.

ANÁLISIS DE CALIDAD DE LOS MODELOS	HOMBRES (p-valor)	MUJERES (p-valor)
Distribución normal de los residuos	0.282	0.393
Homogeneidad de las varianzas de los residuos	0.014	2.99e-08
Promedio de los residuos igual a 0	1	1
Independencia de los residuos	0.540	0.028

Tabla 5. Diferentes pruebas de calidad de los modelos obtenidos (p-valores) para el sexo masculino y femenino.

3.4.DETERMINACIÓN DE LOS ERRORES ENTRE LAS EDADES CRONOLÓGICAS REALES Y LAS EDADES CRONOLÓGICAS PREDICHAS, DIFERENCIANDO POR SEXOS Y DIFERENTES RANGOS DE EDAD

A continuación se muestran los gráficos de correlación entre edad real y edad predicha para hombres y mujeres, mostrándose una correlación positiva entre ambas edades (Figuras 7 y 8).

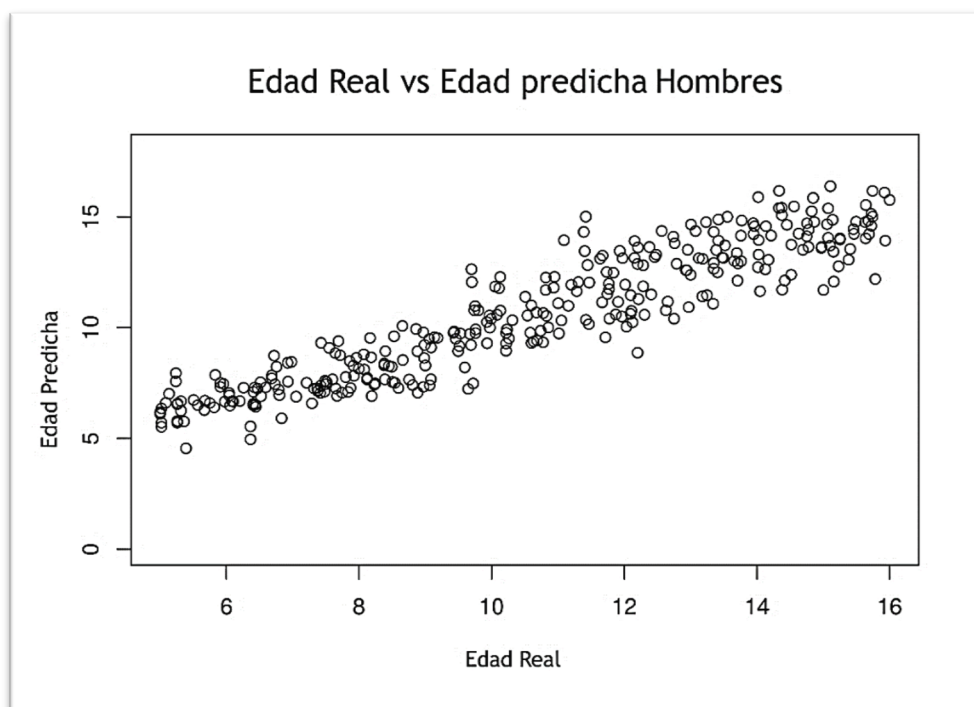


Figura 7. Gráfico representando la edad predicha versus la edad real en hombres.

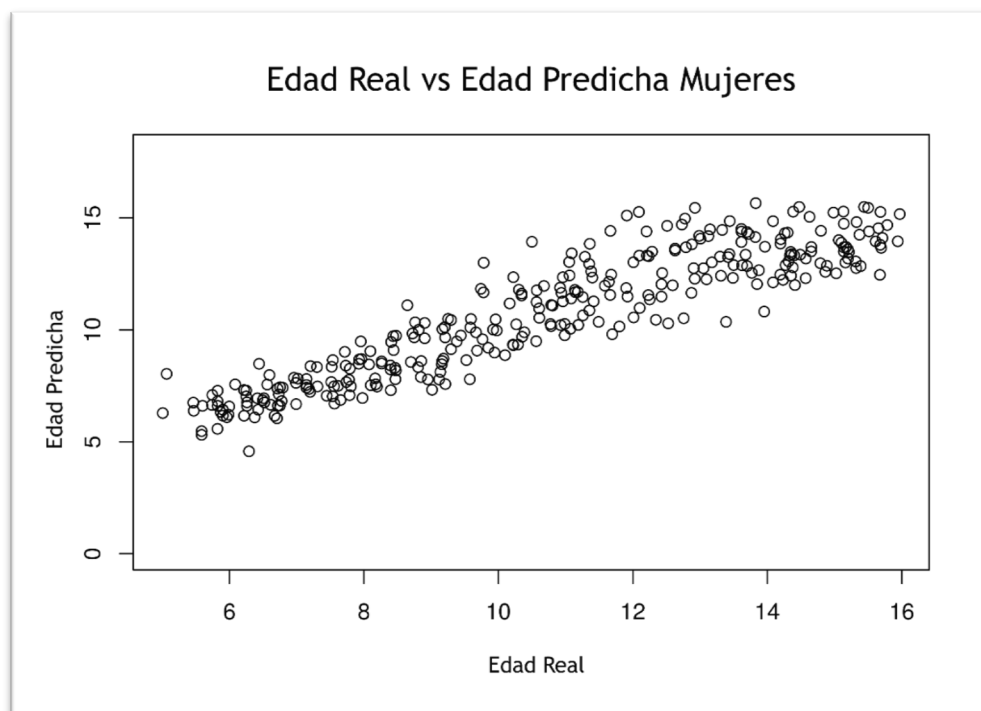


Figura 8. Gráfico representando la edad predicha versus la edad real en mujeres.

En las tablas 6 y 7 se muestran los valores medios y medianos de error y error absoluto al contrastar las edades cronológicas predichas con las reales, así como sus respectivas medidas de dispersión, en los diferentes rangos de edad.

En hombres se obtuvo un error medio y mediano de 8.924^{-17} y -0.029 años, respectivamente. En función del grupo de edad, hay un predominio de valores negativos en la primera mitad de los rangos de edad, y valores positivos en los grupos de 12 años en adelante.

Se obtuvo un error absoluto medio de 0.944 años, y una mediana de 0.810 años. Los grupos de edad entre los 6 y 9 años presentaron los valores medios de error absoluto más bajos (entre 0.510 y 0.783 años), mientras que el que mostró el mayor valor fue el de 15 a 16 años (1.326 años).

HOMBRES						
Rango de edad	Error (media)	Error absoluto (media)	Desviación típica del error	Error (mediana)	Error absoluto (mediana)	Rango intercuartil del error
5 - 6	-1.074	1.130	0.680	-1.064	1.064	0.796
6 - 7	-0.571	0.783	0.727	-0.662	0.746	0.795
7 - 8	-0.135	0.510	0.716	0.046	0.365	0.683
8 - 9	0.230	0.750	0.896	0.221	0.744	1.333
9 - 10	-0.013	0.803	1.148	-0.101	0.453	0.956
10 - 11	-0.012	0.858	1.040	0.118	0.867	1.715
11 - 12	-0.343	1.167	1.430	-0.287	1.116	2.064
12 - 13	0.337	1.204	1.390	0.345	1.153	2.269
13 - 14	0.035	0.854	1.055	0.034	0.727	1.411
14 - 15	0.402	1.035	1.217	0.375	1.023	1.696
15 - 16	1.175	1.326	1.117	1.132	1.221	1.133
5 - 16	8.924^{-17}	0.944	1.183	-0.029	0.810	1.584

Tabla 6. Valores de error y error absoluto por rango de edad en hombres.

En mujeres, el error medio fue de 5.770^{-17} años y la mediana de -0.010 años. Tanto en el error medio como en el mediano, se obtuvieron valores negativos en todos los rangos de edad de los 5 a los 13 años, mientras que de los 13 a los 16 años se obtuvieron valores positivos.

Se alcanzó un error absoluto medio de 0.971 años y una mediana de 0.892 años. Los grupos de edad entre los 6 y 9 años presentaron los valores medios de error absoluto más bajos (entre 0.590 y 0.771 años), mientras que el que mostró el mayor valor fue el grupo de 15 a 16 años (1.445 años).

MUJERES						
Rango de edad	Error (media)	Error absoluto (media)	Desviación típica del error	Error (mediana)	Error absoluto (mediana)	Rango intercuartil del error
5 - 6	-0.747	0.810	0.740	-0.679	0.679	0.816
6 - 7	-0.381	0.633	0.727	-0.408	0.519	0.794
7 - 8	-0.265	0.590	0.675	-0.225	0.611	0.851
8 - 9	-0.264	0.771	0.911	-0.123	0.697	1.463
9 - 10	-0.061	0.903	1.165	-0.042	0.779	1.463
10 - 11	-0.264	0.936	1.127	-0.295	0.892	1.847
11 - 12	-0.478	1.108	1.322	-0.448	0.954	1.810
12 - 13	-0.347	1.311	1.483	-0.909	1.116	2.049
13 - 14	0.178	0.938	1.206	0.162	0.843	1.595
14 - 15	0.951	1.182	1.001	1.098	1.098	1.593
15 - 16	1.431	1.445	0.832	1.530	1.530	0.942
5 - 16	5.770 ⁻¹⁷	0.971	1.210	-0.010	0.892	1.773

Tabla 7. Valores de error y error absoluto por rango de edad en mujeres.

Al comparar entre ambos sexos, los errores medios y medianos fueron superiores en hombres respecto a en mujeres (8.924⁻¹⁷ versus 5.770⁻¹⁷; -0.029 versus -0.010). Sin embargo, en la mayoría de los rangos de edad las mujeres mostraron valores superiores, tanto positivos como negativos, con respecto a los encontrados en los hombres.

Respecto a los errores absolutos medios, también se observó un predominio de valores más elevados en las mujeres que en los hombres. Los grupos de edad con un menor y mayor error absoluto medio coincidieron entre ambos sexos, siendo las edades entre 6 y 9 años las asociadas a un menor error absoluto, y las edades entre 15 y 16 años, a un mayor error absoluto.

4. DISCUSIÓN

En la actualidad existen distintos métodos que emplean la mineralización dentaria como indicador para la estimación de la edad cronológica en jóvenes (5, 8, 29). Dada la fiabilidad observada en el estudio de parámetros morfológicos de los dientes en radiografías de los maxilares frente a otros métodos de estimación de la edad, múltiples autores han propuesto diversos enfoques para su medición (29, 39, 47).

Entre esos autores se incluye Cameriere et al., quienes pretendiendo evitar los errores que implica la subjetividad de comparar gráficamente los diferentes estadios de desarrollo de las piezas dentales de una radiografía panorámica, establecieron un método cuantitativo de estimación de la edad cronológica (29). Su fórmula se basó en la anchura de los ápices abiertos normalizados por la altura de los siete dientes permanentes mandibulares del lado izquierdo.

De las distintas propuestas de métodos para estimar la edad cronológica realizadas por Cameriere et al. (15, 31, 34-38), en la presente discusión se escogió ésta por su similitud con los parámetros morfológicos medidos en este estudio.

Sin embargo, como ya se ha expuesto anteriormente, en nuestra opinión, el sistema de Cameriere et al. (29) presenta ciertas limitaciones a la hora de establecer la anchura de ápices que están próximos al cierre, resultando muy complicado diferenciarlos de los ápices completamente cerrados. Esto ocurre sobre todo en dientes multirradiculares y especialmente en los segundos molares.

Además, la presencia de procesos infecciosos apicales puede confundirse con una falta de formación del ápice. También surgen dificultades a la hora de diferenciar entre conductos anchos de ápices cerrados y ápices que todavía no han completado el cierre. En dientes multirradiculares, en cuanto comienza a formarse la furca, puede resultar difícil diferenciar el momento en el que se empiezan a visualizar las dos raíces.

Otra de las limitaciones es que en la medición de un ápice abierto puede haber discrepancias inter-observador respecto al punto donde terminan las paredes del ápice y la altura exacta del conducto a la que se toma esa medida, dada la subjetividad del método.

En este trabajo, se pretendió evaluar la precisión de un método semi-automatizado en el que las medidas que se emplearon para la estimación de la edad cronológica fueron la altura y la anchura de los dientes. Usando la ratio altura-anchura se calculó la edad estimada de jóvenes españoles de entre 5 a 16 años de edad. Este es el primer trabajo existente en la literatura en el que se utilizaron estas medidas anatómicas para la estimación de la edad cronológica. A diferencia del método de Cameriere et al. (29), nuestras medidas fueron normalizadas por la anchura dental.

Al comparar las medias y medianas de las ratios altura/anchura de cada diente, coincidiendo en hombres y en mujeres, los dientes que presentaron los valores más altos fueron 34 y 44, y los que presentaron los valores más bajos, 47 y 37; hallazgos obviamente condicionados por el hecho de que los premolares presentan unas coronas más estrechas que las de los molares. Se observó que existía similitud para los valores de la ratio altura/anchura de un mismo tipo de diente entre las dos hemimandíbulas, tanto en hombres como en mujeres. En general, los valores de las ratios en las mujeres fueron más altos, lo cual puede evidenciar mayores diferencias en la anchura de los dientes con respecto a su altura entre ambos sexos.

En cuanto a los valores de las correlaciones entre las variables edad y ratio altura/anchura, se apreció una simetría entre los valores de cada diente y su correspondiente del lado contrario, tanto en hombres como en mujeres. Esto indica que podría utilizarse indistintamente uno u otro para evaluar el valor predictivo de su ratio. Los valores de correlación fueron más altos en hombres que en mujeres, lo cual indica una asociación más fuerte entre esas medidas anatómicas y la edad cronológica en hombres respecto a mujeres. La pieza dental que mostró una mayor correlación con la edad fue el diente 47 en ambos sexos (0.928 en hombres y 0.914 en mujeres); por lo tanto, la variable ratio altura/anchura del diente 47 fue la seleccionada para efectuar el proceso de modelización con regresión lineal simple.

Partiendo de que un valor positivo (+) del error indica sobreestimación y un valor negativo (-) infraestimación, nuestros resultados evidenciaron que la ratio altura/anchura de la pieza 47 muestra tendencia a la infraestimación de la edad cronológica, tanto en hombres como en mujeres, con errores medianos de -0.029 y -0.010. respectivamente. Si comparamos estos resultados con el estudio de 2006 de Cameriere et al. (29; Tabla 8), en el que se presentó el método, podemos confirmar que nuestros errores fueron inferiores, ya que estos autores encontraron un error mediano de -0.035 en población italiana con un rango de edad muy similar al del presente trabajo. Este hecho cobra especial importancia si tenemos en cuenta que nuestra predicción de la edad cronológica se sustentó en tan solo las mediciones anatómicas de la pieza dentaria 47, mientras que en el trabajo de Cameriere et al. (29) se utilizaron las medidas de siete dientes, del 31 al 37.

Valorando nuestros hallazgos en función de los rangos, hasta los 13 años de edad en mujeres se obtuvo una infraestimación en todos los rangos de edad, mientras que en hombres hubo un predominio de rangos que presentaron infraestimación, pero no se produjo en todos los grupos de edad. En los rangos de más de 13 años se detectó una sobreestimación en ambos sexos. Los valores más altos, tanto negativos como positivos, correspondieron a las mujeres. En consonancia con nuestros resultados, evaluando la media y la mediana de los errores, el método de Cameriere mostró en diferentes series generalmente una tendencia a infraestimar la edad (39, 41-42; Tabla 8), pero esta infraestimación no fue mayor siempre en el mismo sexo. Normalmente los grupos de edad en el que se produjeron los mayores errores fueron los de mayor edad, especialmente el de 14 a 15 años (33, 41, 47; Tabla 8), llegando a indicarse en uno de estos estudios que el método de Cameriere debe ser usado solamente hasta los 13 años de edad (41). Por otro lado, la mayor exactitud se encontró en general en el grupo de edad de 8 a 9 años o en el de 9 a 10 años, variando en función de la muestra y el género. En contraposición a nuestro estudio, en el que en los rangos de menor edad se tendió a una infraestimación y en los rangos de mayor edad a una sobreestimación, en los trabajos del método de Cameriere la mayor infraestimación ocurrió en los últimos grupos de edad, mientras que los grupos más jóvenes presentaron, en algunos trabajos, una leve sobreestimación.

Solamente hemos encontrado un estudio en la literatura, el publicado por Galic et al. de 2017 (33; Tabla 8), en el cual se evaluó la capacidad para estimar la edad mediante las medidas normalizadas de Cameriere de cada uno de los dientes mandibulares individualmente, en población italiana; siendo por tanto este trabajo el único totalmente comparable al nuestro. El error medio de la estimación para esos modelos, evaluado en todos los dientes con ápices abiertos disponibles, osciló entre 0.90 y 1.26 años, lo cual corresponde a un error entre 11 y 15 meses. La mediana de los errores osciló entre 0.04 y 0.24 años. En los segundos molares en concreto, fue de -0.05 años. Atendiendo a estos datos, nuestros resultados fueron más favorables tanto en el error medio (8.924^{-17} en hombres y 5.770^{-17} en mujeres), como en el error mediano (-0.029 años en hombres y -0.010 años en mujeres).

Para cuantificar la exactitud de un método de predicción de la edad cronológica se debe calcular el error absoluto medio entre la edad cronológica y la edad dental, ya que el error estándar (diferencia entre la edad dental y la cronológica) puede sobreestimar o infraestimar la edad dental y haber una compensación entre valores, mientras que el error absoluto medio o error predictivo medio, muestra la tasa de error sin importar si la edad dental sobreestima o infraestima la edad cronológica, anulando la influencia del signo (47).

En el presente estudio, los errores absolutos medios y medianos asociados a la ratio altura/anchura del 47 fueron de 0.944 y 0.810 años en hombres, y 0.971 y 0.892 años en mujeres, lo cual pone de manifiesto que nuestro método es ligeramente más exacto en hombres. Esta misma observación se cumplió con el método de Cameriere en algunos trabajos (42, 47; Tabla 8), aunque en otros fue en mujeres en donde se estimó la edad con más precisión (39, 48; Tabla 8).

Los grupos de edad con un menor y mayor error absoluto medio coincidieron en hombres y en mujeres; los grupos de edad a los que más se ajustó el modelo en ambos sexos fueron los de entre 6 y 9 años, mientras que el grupo de edad en el que la predicción de la edad presentó un mayor error fue el de 15-16 años. Por lo tanto, coincide la mejor y la peor capacidad de predicción en ambos sexos.

Esto también ocurre al emplear el método de Cameriere, donde la edad estimada menos precisa es normalmente la del último grupo de edad en ambos sexos, encontrándose siempre de los 13 años en adelante. En un estudio realizado en población española, italiana y croata (42; Tabla 8), el mayor error predictivo medio correspondió, coincidiendo con nuestro estudio, al rango de 15-16 años (1.14 años en mujeres y 1.036 años en hombres). Esta disminución significativa de la precisión en el rango de edad más alto depende de muchas variables, pero puede ser atribuido particularmente a la maduración prácticamente completa de los dientes en esta edad. En el estudio de esos autores (42), más del 90% de los valores absolutos de los errores era menor a un año. Por otro lado, el grupo de edad donde la predicción de la edad presentó un menor error fue normalmente el de los 9 a 10 años, con ligeras variaciones en función del estudio y del sexo (entre 8 y 9 años, o entre 10 y 11 años), siendo por lo tanto prácticamente el mismo grupo de edad que el que obtuvo la mejor capacidad de predicción de nuestro estudio.

Es cierto que los estudios que aplicaron el método de Cameriere (empleando los dientes 31-37) en distintas poblaciones, obtuvieron un error predictivo medio menor en comparación con el método de este trabajo. Es importante considerar que la obtención de un error predictivo menor tiene que ver con el hecho de incluir más variables. Aunque varió en función de la población estudiada, en muestras cercanas a la del presente estudio, como italianos, españoles y croatas, se obtuvo un error absoluto medio de 0.380 años en hombres y 0.407 años en mujeres (42), valores mucho más favorables que los del estudio en el que Cameriere presentó el método, en población italiana (error absoluto medio de 0.93 años) (29).

Después de que Cameriere et al. publicasen en 2006 el método con su fórmula de regresión lineal (29), se realizó un estudio en diferentes muestras europeas (Croacia, Alemania, Kosovo, Italia, Eslovenia, España), y se observó que variables como el género, entre otras, contribuían significativamente al ajuste, por lo que fueron incluidas en el modelo de regresión lineal, dando lugar a una fórmula modificada denominada la fórmula europea (49). Al emplear esta fórmula europea de Cameriere, se obtiene un error absoluto medio ligeramente superior a 0,50 años para ambos sexos, en muestras de población bosnia, croata, serbia e incluso colombiana. (41, 47, 48, Tabla 8), mientras que en población turca los valores son mayores; 0.81 en hombres y 0.71 en mujeres (39; Tabla 8).

Si consideramos de nuevo el trabajo más afín al nuestro, el de Galic et al. de 2017 (33; Tabla 8), al estimar la edad dental utilizando el ápice abierto de un único diente, los errores absolutos medios en el rango de edad completo de 4 a 15 años estaban dentro del año para todos

los dientes mandibulares, encontrándose la peor precisión en el diente 33 (1 año) y la mejor en el diente 31 (0.67 años). Esto se encuentra, generalmente, dentro de un rango aceptable de diferencias de edad entre la edad estimada y la edad cronológica en la antropología forense infantil y juvenil (50). En la serie de Galic et al. (33), los segundos molares (37) mostraron en cuanto a la exactitud, una media de 0.87 años y una mediana de 0.77 años, valores ligeramente inferiores al presente estudio utilizando la ratio altura/anchura del diente 47 (error absoluto medio de 0.95 años y mediano de 0.85).

Por lo tanto, se consigue una mayor precisión en los resultados al emplear los 7 dientes mandibulares (31 a 37) que al utilizar cada uno de ellos por separado. Pero en el presente estudio se emplearon, para estimar la edad, sólo las medidas de un único diente (47), lo cual supone una gran ventaja en comparación con otros métodos en los que deben tomarse medidas de 7 dientes de una hemiarcada. Sumado a la agilidad que permite este método, debe destacarse la comodidad a la hora de realizar las mediciones, ya que siguiendo unas directrices intuitivas y sencillas se mide la altura y anchura del diente de una manera fácil y reproducible, sin estar tan sometido a la subjetividad como otros métodos, aún empleándolo por primera vez. En el caso de la estimación de la edad, empleando más de un diente a la vez en proceso de desarrollo, podríamos minimizar el valor de los errores, pero perderíamos la atractiva simplicidad del método.

Con un error al estimar la edad menor a un año en ambos sexos, nos encontramos dentro de un margen de exactitud aceptable. La propia variabilidad biológica hace que reducir ese fallo en la precisión resulte difícil. Al implicar otra variable biológica, como la altura del individuo, podrían obtenerse mejores resultados, lo cual es otro elemento a estudiar en futuras investigaciones.

Dado que el desarrollo dental no sigue una progresión lineal, en el contexto forense, algunos autores emplearon funciones curvas para relacionar la edad cronológica y dental, como las funciones polinómicas de tercer grado empleadas en el método de Demirjian. En el de Camerieri, por otra parte, se empleó una función polinómica de segundo grado (29).

Por lo tanto, el siguiente paso a dar en cuanto al método presentado, podría ser valorar si combinando varios dientes o aplicando otro tipo de modelado matemático a los datos, se conseguiría una mejora en los parámetros predictivos. De cara a futuras investigaciones, también debería ser evaluada la utilidad del modelo en diferentes muestras poblacionales.

Tabla 8. Comparativa de los resultados de estimación de la edad cronológica entre diferentes estudios en poblaciones variadas empleando el método de Cameriere e incluyendo los resultados del presente estudio. H: Hombres; M: Mujeres. Todos los artículos de esta tabla que emplean el método de Cameriere utilizaron los dientes 31-37, salvo el artículo de Galic et al, 2017 (33), que evaluó cada uno de ellos de manera individual.

Autor y año de publicación	Población	Muestra	Rango de edad (años)	Resultados					
				Error absoluto medio (años)		Mediana de los errores (años)		Media de los errores (años)	
				H:	M:	H:	M:	H:	M:
Galic et al. 2017 (33)	Italiana	2465	4-15	Menor a 1 año en todos los dientes (de 0.67 en incisivos centrales a 1.00 en caninos)					
Latić-Dautović et al. 2017 (47) Fórmula europea	Bosnia	560	8-14	H:	M:	-	-	H:	M:
				0.56	0.62	-	-	-0.17	-0.14
Rívera et al. 2017 (41) Fórmula europea	Colombiana	526	6-14	H:	M:	H:	M:	H:	M:
				0.57	0.57	0.15	-0.28	0.08	-0.25
Gulsahi et al. 2015 (39) Fórmula europea	Turca	573	8-15	H:	M:	H:	M:	H:	M:
				0.81	0.71	-0.44	-0.21	-0.47	-0.24
Galic et al. 2011 (48) Fórmula europea	Bosnia, croata, serbia	1089	6-13	H:	M:	-	-	H:	M:
				0.55	0.53	-	-	-0.02	0.10
Cameriere et al. 2008 (42)	Italiana, española, croata	756	5-15	H:	M:	H:	M:	H:	M:
				0.380	0.407	-0.036	-0.081	-	-
Cameriere et al. 2006 (29)	Italiana	455	5-15	0.93		-0.035		-	
Resultados del presente estudio, 2020	Española	650	5-16	H:	M:	H:	M:	H:	M:
				0.944	0.971	-0.029	-0.010	8.924 ⁻¹⁷	5.770 ⁻¹⁷

5. CONCLUSIONES

La relación anatómica basada en la ratio altura/anchura de la pieza dentaria 47 estima la edad cronológica de sujetos hasta los 16 años de edad con un error medio inferior a un año. Este nivel de precisión óptimo es comparable al detectado con otros métodos de estimación de edad en niños y adolescentes, teniendo además como valor añadido la mayor facilidad en la determinación de las mediciones frente a otros métodos como el de Cameriere.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Fantasia E, Rodi G, D'emedio MM, Lombardelli E, Padalino G. Comparison between Nolla And Demirjian dental age assessment methods: a systematic review. *WebmedCentral*. 2016;7(10).
2. Melo M, Ata-Ali J. Accuracy of the estimation of dental age in comparison with chronological age in a Spanish sample of 2641 living subjects using the Demirjian and Nolla methods. *Forensic Sci Int*. 2017;270:276.e1-276.e7.
3. Hegde S, Patodia A, Dixit U. A comparison of the validity of the Demirjian, Willems, Nolla and Häavikko methods in determination of chronological age of 5-15 year-old Indian children. *J Forensic Leg Med*. 2017;50:49-57.
4. Martin-de las Heras S, García-Fortea P, Ortega A, Zdocovich S, Valenzuela A. Third molar development according to chronological age in populations from Spanish and Magrebian origin. *Forensic Sci Int*. 2007;174(1):47-53.
5. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Hum Biol*. 1973;45(2):211-27.
6. Espinoza Salcedo AR. Relación entre la edad dental utilizando el método de Demirjian y la edad cronológica en una población de 4 a 16 años. *Rev Cient Sal Y Vida Sipa*. 2016; 3(2):21-28.
7. Cadenas I, Celis C, Hidalgo A. Método de Demirjian para estimación de edad dentaria en base a estadios de mineralización. *Anu Soc Radiol Oral Maxilo Facial de Chile*. 2010;13:13-23.
8. Nolla CM. The development of permanent teeth. *J Dent Child*. 1960;27:254-66.
9. Bolanos MV, Manrique MC, Bolanos MJ, Briones MT. Approaches to chronological age assessment based on dental calcification. *Forensic Sci Int*. 2000;110(2):97-106.
10. Marín García F, García Cañas P, Núñez Rodríguez MC. La erupción dental normal y patológica. *Form Act Pediatr Aten Prim*. 2012;5(4):188-95.
11. Arciniegas NM, Ballesteros M, Meléndez A. Análisis comparativo entre la edad ósea, edad dental y edad cronológica. *Rev Mex Ortodon*. 2013; 1(1): 33-37.
12. Cameron N. Can maturity indicators be used to estimate chronological age in children? *Ann Hum Biol*. 2015;42(4):302-7.
13. Paz Cortés M, Mourelle Martinez MR (dir). Maduración y desarrollo de los dientes permanentes en niños de la Comunidad de Madrid: Aplicación a la estimación de la edad dentaria [trabajo de fin de máster en Internet]. [Madrid]. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Odontología, 2013 [citado 4 de julio de 2020].

Recuperado a partir de: https://eprints.ucm.es/19916/1/Marta_Paz_Cortés-trabajo_de_investigación..pdf

14. Martín Cerrato A, Labajo González E (dir), Carrión Bolanos B (dir), Perea Pérez B (dir). Relaciones entre edad cronológica y edad dentaria [tesis doctoral en Internet]. [Madrid]: Universidad Complutense de Madrid; 2010 [citado 4 de julio de 2020]. Recuperado a partir de: <https://eprints.ucm.es/10052/1/T31502.pdf>
15. Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. *Forensic Sci Int.* 2012;214(1):105-12.
16. Schulze R, Krummenauer F, Schalldach F, d'Hoedt B. Precision and accuracy of measurements in digital panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000;29:52-6.
17. Demirjian A, Goldstein H. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Ann Hum Biol.* 1976;3(5):411-21.
18. Tomás LF, Mónico LSM, Tomás I, Varela-Patiño P, Martín-Biedma B. The accuracy of estimating chronological age from Demirjian and Nolla methods in a Portuguese and Spanish sample. *BMC Oral Health.* 2014;14:160.
19. Martínez-Gutiérrez VM, Ortega-Pertuz AI. Comparison of Nolla, Demirjian and Moorrees methods for dental age calculation for forensic purposes. *Rev Odont Mex.* 2017;21(3):155-64.
20. Lopes LJ, Nascimento HAR, Lima GP, Santos LAND, Queluz DP, Freitas DQ. Dental age assessment: Which is the most applicable method?. *Forensic Sci Int.* 2018;284:97-100.
21. Nykänen R, Espeland L, Kvaal SI, Krogstad O. Validity of the Demirjian method for dental age estimation when applied to Norwegian children. *Acta Odontol Scand.* 1998;56(4):238-44.
22. Kırzioğlu Z, Ceyhan D. Accuracy of different dental age estimation methods on Turkish children. *Forensic Sci Int.* 2012;216(1-3):61-67.
23. Marco Maestud A, Melo M. Determinación de la edad real mediante registros obtenidos en la clínica dental. Revisión de la literatura. *Gac Int Cienc Forense.* 2018(27):7-17.
24. Chaillet N, Nyström M, Demirjian A. Comparison of dental maturity in children of different ethnic origins: international maturity curves for clinicians. *J Forensic Sci.* 2005;50(5):1164-74.
25. Maber M, Liversidge HM, Hector MP. Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Sci Int.* 2006;159:68-73.

26. Kumaresan R, Cugati N, Chandrasekaran B, Karthikeyan P. Reliability and validity of five radiographic dental-age estimation methods in a population of Malaysian children. *J Investig Clin Dent*. 2016;7(1):102-9.
27. Rodríguez Maldonado VJ, Fernández L., Casanova A, Alonzo-Matamoros IA. Comparación de tres métodos odontológicos para estimación de edad dental en niños hondureños. *Rev Cienc Forenses Honduras*. 2018;4(1):3-9.
28. Hägg U, Matsson L. Dental maturity as an indicator of chronological age: the accuracy and precision of three methods. *Eur J Orthod*. 1985;7(1):25-34.
29. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *Int J Legal Med*. 2006;120(1):49-52.
30. Franklin D, Karkhanis S, Flavel A, Collini F, DeLuca S, Cameriere R. Accuracy of a cut-off value based on the third molar index: Validation in an Australian population. *Forensic Sci Int*. 2016;266:575.e1-575.e6.
31. Cameriere R, Ferrante L, De Angelis D, Scarpino F, Galli F. The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stages to test chronological age of over 18 year olds in living subjects. *Int J Legal Med*. 2008;122(6):493-7.
32. Rai B, Anand S. Tooth Developments: an accuracy of age estimation of radiographic methods. *World J Med Sci*. 2006;1(2):130-2.
33. Galic I, Pacifici A, Carbone D, Pacifici L, Jeroncic A, Cameriere R. Age estimation by the Cameriere's normalized measurements (CNM) of the single permanent mandibular tooth on a panoramic radiograph. *Leg Med*. 2017;26:65-72.
34. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J Forensic Sci*. 2004;49(2):317-9.
35. Cameriere R, Ferrante L, Belcastro MG, Bonfiglioli B, Rastelli E, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by mesial and vestibular peri-apical X-rays. *J Forensic Sci*. 2007;52(5):1151-5.
36. Cameriere R, Cunha E, Wasterlain SN, et al. Age estimation by pulp/tooth ratio in lateral and central incisors by peri-apical X-ray. *J Forensic Leg Med*. 2013;20(5):530-6.
37. Cameriere R, Pacifici A, Viva S, Carbone D, Pacifici L, Polimeni A. Adult or not? Accuracy of Cameriere's cut-off value for third molar in assessing 18 years of age for legal purposes. *Minerva Stomatol*. 2014;63(9):283-94.
38. De Luca S, Biagi R, Begnoni G, et al. Accuracy of Cameriere's cut-off value for third molar in assessing 18 years of age. *Forensic Sci Int*. 2013;235:102.

39. Gulsahi A, Tirali RE, Cehreli SB, De Luca S, Ferrante L, Cameriere R. The reliability of Cameriere's method in Turkish children: a preliminary report. *Forensic Sci Int.* 2015;249:319.
40. Cameriere R, Pacifici A, Pacifici L, Polimeni A, Federici F, Cingolani M, et al. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth with Bayesian calibration approach. *Forensic Sci Int.* 2016;258:50-4.
41. Rivera M, De Luca S, Aguilar L, Velandia Palacio LA, Galić I, Cameriere R. Measurement of open apices in tooth roots in Colombian children as a tool for human identification in asylum and criminal proceedings. *J Forensic Leg Med.* 2017;48:9-14.
42. Cameriere R, Ferrante L, Liversidge HM, Prieto JL, Brkic H. Accuracy of age estimation in children using radiograph of developing teeth. *Forensic Sci Int.* 2008;176(2-3):173-177
43. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013;310(20):2191-4.
44. Labelbox.com. Labelbox: The leading training data platform [Internet]. Disponible en: <https://labelbox.com/>
45. Comprehensive R Archive Network Team. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; 2018. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
46. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, & Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods.* 2007; 39:175-91.
47. Latić-Dautović M, Nakaš E, Jelešković A, Cavrić J, Galić I. Cameriere's European formula for age estimation: A study on the children in Bosnia and Herzegovina. *South Eur J Orthod Dentofac Res.* 2017;4(2):26-30.
48. Galić I, Vodanović M, Vodanović M, Cameriere R, Cameriere R, et al. Accuracy of Cameriere, Haavikko, and Willems radiographic methods on age estimation on Bosnian–Herzegovian children age groups 6–13. *Int J Legal Med.* 2011;125(2):315-21.
49. Cameriere R, De Angelis D, Ferrante L, Scarpino F, Cingolani M. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth: a European formula. *Int J Legal Med.* 2007;121(6):449-53.
50. Ambarkova V, Galić I, Vodanović M, Biočina-Lukenda D, Brkić H. Dental age estimation using Demirjian and Willems methods: cross sectional study on children from the Former Yugoslav Republic of Macedonia. *Forensic Sci Int.* 2014;234:187.e1-7.