# Estimación de la edad legal en una muestra poblacional de origen subsahariano y turco, a partir del análisis de los conductos radiculares de los molares inferiores.

## ESTIMATION OF THE LEGAL AGE IN A POPULATION SAMPLE OF SUB-SAHARAN AND TURKISH ORIGIN, BASED ON THE ANALYSIS OF THE ROOT CANALS OF THE LOWER MOLARS.

Ortiz BJ[1], De Luca S[2].

1 Laboratorio de Antropología Física. Departamento de Medicina Legal, Toxicología y Antropología Física. Facultad de Medicina, Universidad de Granada, España.

2 Laboratorio de Antropología Física. Universidad de Granada, España. PANACEA Cooperative Research S Coop.

**RESUMEN:** La estimación de la edad a partir de los dientes en desarrollo se requiere con frecuencia en casos forenses, como aquellos casos de menores que carecen de una documentación valida de identidad, solicitantes de asilo o en desastres masivos. Después de los 14 años de edad, el tercer molar es el único diente inmaduro disponible para estimar la edad; Sin embargo, cuando se observa en conjunto con la maduración del primer y segundo molar, se pueden establecer criterios más fiables para la estimación de la mayoría de edad (18 años). Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo analizar la efectividad, factibilidad y reproductividad del método de Roberts et al. (1) basado en el análisis de los conductos radiculares de los molares mandibulares. Para este propósito, se estudiaron 305 radiografías panorámicas de un grupo poblacional mixto, de origen subsahariano y turco, de varones y mujeres con edades comprendidas entre los 16 y los 23 años de edad. En donde se observó que este método es efectivo en un 71% de casos, y reproducible en un 74.98% de los sujetos analizados considerándolo aceptable. Las mujeres que presentan la categoría B y C de maduración son mayores de edad de manera inequívoca en el 96% de los casos, mientras que los varones que presentan solamente la categoría C son inequívocamente mayores de 18 años en el 86% de los casos.

**PALABRAS CLAVE**: CIENCIAS FORENSES, ODONTOLOGÍA FORENSE, IDENTIFICACIÓN HUMANA, RADIOLOGÍA DENTAL, EDAD CRONOLÓGICA, MIGRACIÓN.

**ABSTRACT:** Age estimation by analyzing developing teeth is often required in forensic cases, such as those cases involving minors lacking valid identity documentation, asylum seekers or in mass disasters. After 14 years of age, the third molar is the only immature tooth available for age estimation, however, when viewed in conjunction with the maturation of the first and second molar, more reliable criteria for estimating the age of majority (18 years) can be established. Therefore, this research aims to analyze the effectiveness, feasibility and reproducibility of the Roberts method (1), based on the analysis of the root canals of mandibular molars. For this purpose, 305 panoramic radiographs of a mixed population group of sub-Saharian and Turkish origin, of males and females between 16 years of age, were studied. It was observed that this method is 71% effective and 74.98% reproducible, considering it acceptable. The females presenting categories B and C of maturation are unequivocally older in 96% of the cases, while the males presenting only category B are unequivocally older than 18 years in 86% of the cases.

**KEY WORDS**: FORENSIC SCIENCE, FORENSIC ODONTOLOGY, IDENTIFICATION METHODS, DENTAL RADIOLOGY, CHRONOLOGICAL AGE, MIGRATION

**CONTACTO:** B. Jazmin Ortiz González. Padre Claret 15, 6B, C.P. 18013, Granada, España. Correo: blancajazmin@correo.ugr.es. Tel. 661494143

## 1. INTRODUCCIÓN.

La práctica de la odontología legal y forense inicia de manera formal en el año 1898; se considera una disciplina dentro de las ciencias medicolegales, cuyo objetivo principal es la identificación de los individuos vivos, cadáveres recientes, y restos humanos esqueletizados, a partir del estudio de las estructuras y tejidos anatómicos de la cavidad bucal, ya que la identidad del individuo es imprescindible para establecer una relación jurídica, en

los estados de derecho(2).

El proceso de identificación de un individuo consiste fundamentalmente en estudiar a través de los tejidos corporales, las características individuales, como el conjunto de rasgos faciales, edad, talla, sexo, constitución, patologías, antecedentes clínicos, o incluso características morfológicas que lo distinguen de los demás (3). En este sentido, las características individuales e individualizantes que presentan los dientes, ya sea en la morfología de sus estructuras, las patologías, las marcas de mordida, los tratamientos de restauración o incluso su ausencia, son rasgos particulares que se convierten en evidencias dentales tan válidas como las huellas digitales(4).

Dentro de los objetivos principales de la odontología legal y forense, está el estudio del proceso de estimación de la edad, y de los métodos usados para llevarlo a cabo; se trata de un proceso complejo que implica la aplicación de metodologías precisas, altamente fiables, reproducibles y económicas, para la estimación de la edad biológica de un sujeto, entendiendo como edad cronológica o real, el intervalo de tiempo vivido por una persona desde su nacimiento, y edad biológica, al estado fisiológico (maduración) en el que se encuentren los huesos y dientes, y que no siempre se corresponden entre sí(5).

De esta manera, los contextos más comunes de aplicación de estos métodos de estimación serán aquellos donde se desconoce la edad real de un individuo sin documentación o que carece de documentos válidos para acreditar su identidad, y que hayan cometido algún delito, en menores sin referentes familiares, solicitantes de asilo, o donde exista la duda, porque de ello dependerá la correcta aplicación de la ley (6).

Por lo tanto, la estimación de la edad se realizará con los métodos más adecuados para cada situación, teniendo en cuenta especialmente el grupo etario de pertenencia del sujeto o de los restos encontrados, y el estado de conservación de estos. En el primer caso, el planteamiento estará basado en dos enfoques: el primero cuando se refiere a subadultos y el otro cuando se refiere a los adultos. En estos últimos, se analizarán los cambios morfológicos que se basan en su mayoría, en procesos degenerativos y de envejecimiento, un fenómeno altamente condicionado por factores medioambientales, socioeconómicos y de salud(5).

Por ende, las metodologías aplicadas no presentan en la mayoría de los casos, una correlación adecuada entre la edad cronológica o real y la edad biológica de los individuos mostrando en adultos un error de estimación muy elevado, del orden de los 10-15 años (5). Con relación al estado de conservación, la metodología será diversa según se trate de cadáveres completos, restos esqueletizados o de individuos vivos.

Por el contrario, cuando se estima la edad en sujetos que no hayan finalizado su desarrollo; es decir, que tendrían una edad cronológica por debajo de la segunda década de la vida (subadultos)(7); los métodos aplicados se basan en el estudio de los cambios morfológicos del esqueleto, basados en el crecimiento y maduración de huesos y dientes; estos cambios son lo suficientemente significativos y homogéneos que permiten la estimación de edad con mayor fiabilidad(2).

El principal desafío para el odontólogo forense encargado de estimar la edad, y para todos los expertos forenses involucrados, reside en la predicción adecuada en individuos vivos, de un intervalo de tiempo específico denominado como "mayoría de edad" o, en algunos países, "edad legal" (18 años). De acuerdo con este umbral, se puede distinguir un individuo adulto o no adulto, teniendo en cuenta que dicho criterio constituye una referencia social, legal, y penal(8).

Una de las zonas anatómicas utilizadas, para la aplicación de métodos de estimación de la edad, en subadultos, con resultados fiables, son los huesos del carpo dado que, es relativamente sencillo observar mediante imágenes radiológicas, los diferentes estados de desarrollo; sin embargo, cuando se trata del estudio de sujetos que están cercanos a la mayoría de edad, por ejemplo, entre los 16 y 17 años, se puede presentar otra serie de problemas, tal es el caso que, en el momento del análisis de estimación de la edad, los huesos del carpo ya hayan concluido su desarrollo y osificación, lo que imposibilita la aplicación de la metodología para estimar la edad utilizando esta región anatómica(9).

En consecuencia, la utilización de estructuras dentales que aun estén en crecimiento en un individuo adulto (18 años), podría ser un factor determinante, para plantear un metodología confiable y precisa, tal es el caso del tercer molar. De hecho, este diente es el último en aparecer en

la cavidad bucal. Su mineralización comienza después de los 14 años y puede no completarse hasta los 25 años(5).

Este molar en crecimiento y maduración parece depender del crecimiento del hueso mandibular que, a medida que aumenta la edad del sujeto, de manera gradual presenta cambios morfológicos que pueden ser analizados; entre ellos, la apariencia obscura de la pulpa radicular, así como también la zona del ligamento periodontal que rodea a este diente(10).

Actualmente, es utilizado como referente por varios autores en diversos métodos para la estimación de la edad, con resultados muy positivos en cuanto a su fiabilidad (7). Sin embargo, por su propia naturaleza, este diente es complejo de estudiar, y presentan otras problemáticas, ya sea por su morfología, por lo impredecible de su erupción, o incluso cuando no se desarrolla en la cavidad oral, (agenesia dental). En algunos casos es extraído por diferentes causas, lo que obliga a desarrollar adaptaciones dentro de los métodos, que contemplen estos factores(2).

De esta manera la presente investigación pretende analizar la fiabilidad, efectividad y reproducibilidad de un método para la estimación de la edad dental, basado en el análisis radiográfico del grosor de los conductos radiculares de los tres molares mandibulares (1). Para este propósito, se ha estudiado una muestra poblacional de origen mixto, subsahariano y turco, de edad comprendida entre los 16 y 24 años de edad.

El objetivo principal es demostrar, a partir de los resultados, si esta metodología puede ser complementaria de las demás técnicas, ya recomendadas por los protocolos de actuación vigentes y aplicadas en contextos internacionales, y averiguar su replicabilidad, fiabilidad, y reproductividad en el proceso de estimación de la edad legal.

La presente investigación se lleva a cabo en un marco político y social definido por pandemias, conflictos armados, desastres naturales, eventos políticos de gran repercusión, cambio climático, escasez de alimentos, violencia y pobreza, lo cual desencadena una serie de consecuencias que los seres humanos deben enfrentar, como desplazamientos forzados, desaparición de personas e individuos no identificados (11), detonando la aparición de grandes crisis, en donde se destaca la crisis humanitaria generada por el fenómeno migratorio masivo(11).

En consecuencia, se puede observar un aumento en la demanda de los servicios medico legales. Por lo tanto, resulta indispensable llevar a cabo una investigación constante, que emplee metodologías cada vez más confiables, reproducibles, efectivas y que requieran el menor tiempo posible, teniendo como objetivo proporcionar certeza al criterio del juez en la correcta aplicación de la ley, ya sea en la elaboración de protocolos de actuación para la protección de los menores que hayan cometido delitos, en la atención de menores sin referentes familiares o en la evaluación de los solicitantes de asilo(2).

Los menores sin referentes familiares son uno de los grupos más vulnerable ante toda esta problemática y que ha obligado a organismos internacionales y gobiernos a desarrollar protocolos, leyes y normas, que permitan el derecho a la protección del niño de manera ordenada y segura, enmarcada en la carta de las naciones unidas(11).

En el año 2020, 14,200 solicitudes de protección internacional fueron presentadas por menores sin referentes familiares, en los países de la EU, lo que representa el 3% del total de las 485,000 de solicitudes presentadas, de los cuales 9 de cada 10 menores sin referentes familiares son varones y el 41% de estos menores, proceden de Afganistán(11).

Sin embargo, la discusión sobre la precisión de los métodos plantea numerosas interrogantes, como el sesgo asociado a la sobreestimación o subestimación sistémica de la edad, la exactitud con la que se puede estimar la edad, la confiabilidad del uso de imá-genes médicas para el estudio de patrones asociados a la edad biológica de un sujeto por ejemplo, las ortopantomografías, tomografías computarizadas, tomografía computarizada de eje cónico, resonancia magnética y, finalmente, el uso de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial(12).

Esto facilita la investigación de nuevas áreas del conocimiento que, mediante experimentos adecuados en términos de muestras utilizada y métodos estadísticos sólidos, contribuya a reducir las incertidumbres y los errores de estimación, y permita, una vez, validados, la integración de sus resultados en los protocolos de actuación en el ámbito de la estimación de la edad en un contexto forense(12).

## 2. MUESTRAS.

Para la realización de este estudio, se revisó una primera muestra de 1600 radiografías panorámicas u ortopantomografías OPTs de adolescentes y adultos jóvenes de origen africano de Botsuana, en donde se seleccionaron 173 OPTs, pertenecientes a 86 mujeres, y 87 varones. Estas radiografías fueron recolectadas del 2011 hasta 2015, en consultorios privados de ortodoncia con fines diagnósticos y de tratamiento, y fueron seleccionadas según los criterios descritos y propuestos por Roberts et al.(1).

Posteriormente, se realizó la revisión de 1000 radiografías adicionales de otra población de Turquía, de las cuales se seleccionó un total de 132 imágenes radiográficas pertenecientes a 62 mujeres y 70 hombres. Dichas radiografías, fueron proporcionadas por el Departamento de Radiología Oral y Maxilofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Baskent, en Ankara, Turquía. Este material fue recolectado entre el 2013 y 2016, con objetivos diagnósticos y de tratamientos.

La **muestra** final está constituida por **305** radiografías panorámicas (OPTs) correspondientes a 173 subsaharianos y 132 turcos adolescentes y adultos jóvenes.

De las radiografías panorámicas de ambas poblaciones se dispone exclusivamente de los datos relativos a la fecha de nacimiento del sujeto, fecha de la realización de la radiografía, y el sexo.

Para calcular la edad cronológica en decimales de cada sujeto, se restó de la fecha de la OPT la fecha de nacimiento y el resultado se dividió entre los 365 días del año, de esta manera se obtuvieron 8 rangos de edad de entre los 16- 16.99, 17- 17.99, 18-18.99, 19-19.99, 20-20.99, 21-21-21.99, 22-22.99, y los 23-23.99 años de edad.

Las imágenes fueron anonimizadas, mediante un procedimiento informático en la Universidad de Granada, desarrollando un algoritmo para eliminar metadatos que puedan permitir la identificación, ruidos e imperfecciones en los bordes de la radiografía.

## 3. MÉTODOS.

### 3.1. Diseño Metodológico.

Este es un estudio **observacional**, porque se han analizado radiografías panorámicas OPT´S, siguiendo los criterios de inclusión y exclusión planteados en la metodología de Roberts et al. (1), de tipo **trasversal**, ya que la investigación se ha realizado en un determinado momento temporal, **retrospectivo** porque los datos se han obtenido de los registros radiográficos con diferentes fines diagnósticos y fueron recolectadas de diferentes centros y universidades médicas entre los años 2011 y 2016 de dos países, **comparativo** porque se ha planteado establecer diferencias de sexo.

El método que se ha aplicado es el de Roberts et al.(1), basado en el análisis, mediante radiografía panorámica (OPTs), de los conductos radiculares distales de los 3 molares inferiores izquierdos, para la identificación y clasificación de los dientes, fue utilizada la nomenclatura de la Federación Dental Internacional, utilizada en el ámbito odontológico a nivel internacional.

De esta manera, a los molares analizados se les ha clasificado como, 36, 37, 38, ya que se trata del primer, segundo y tercer molar inferior del cuadrante izquierdo.

A continuación, se han determinado de manera visual las dimensiones de ancho de los conductos radiculares de estos tres dientes. Los valores A, B, C, se asignaron a la sigla RWC (en inglés *Root Canal Width)* de acuerdo con las siguientes categorías:

- Categoría **A**: Cuando el conducto distal de la 36 es **menor** que el conducto distal de la 37, y el conducto distal de la 37 es **menor** que el conducto distal de la 38 (Figura. 1.a)

- Categoría **B**: Cuando el conducto distal de la 36 es **igual** que el conducto distal de la 37, y el conducto distal de la 37 es **menor** que el conducto distal de la 38 (Figura. 1.b)

- Categoría **C**: Cuando el conducto distal de la 36 es **igual** que el conducto distal de la 37, y el conducto distal de la 37 es **igual** que el conducto distal de la 38 (Figura. 1.c)

**Figura 1. a.** Categoría A: Cuando el conducto distal de la 36 es menor que el conducto distal de la 37, y el conducto distal de la 37 es menor que el conducto distal de la 38.

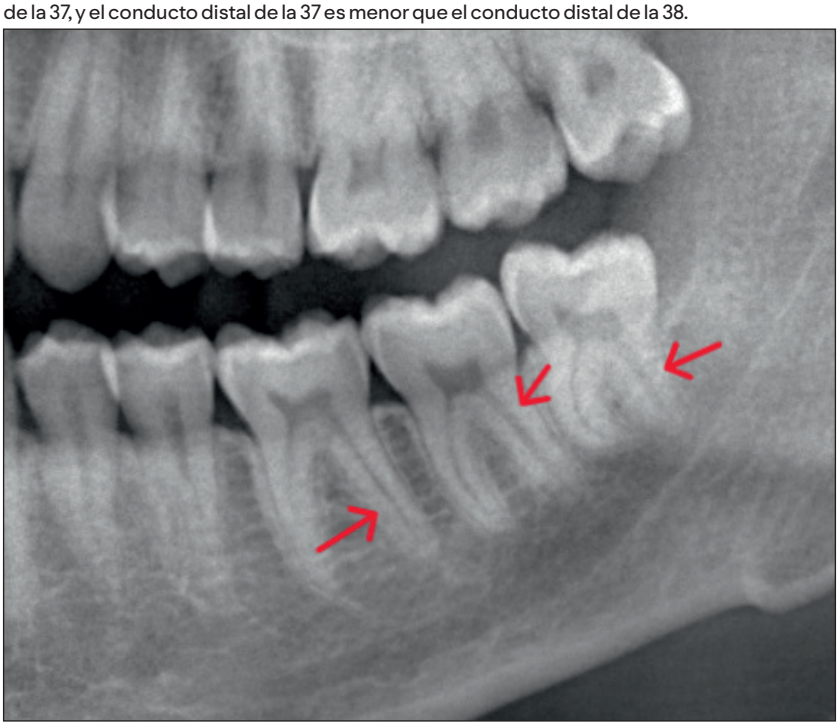


**Figura 1. b.** Categoría B: Cuando el conducto distal de la 36 es igual que el conducto distal de la 37, y el conducto distal de la 37 es menor que el conducto distal de la 38 (Fig. 1.b)

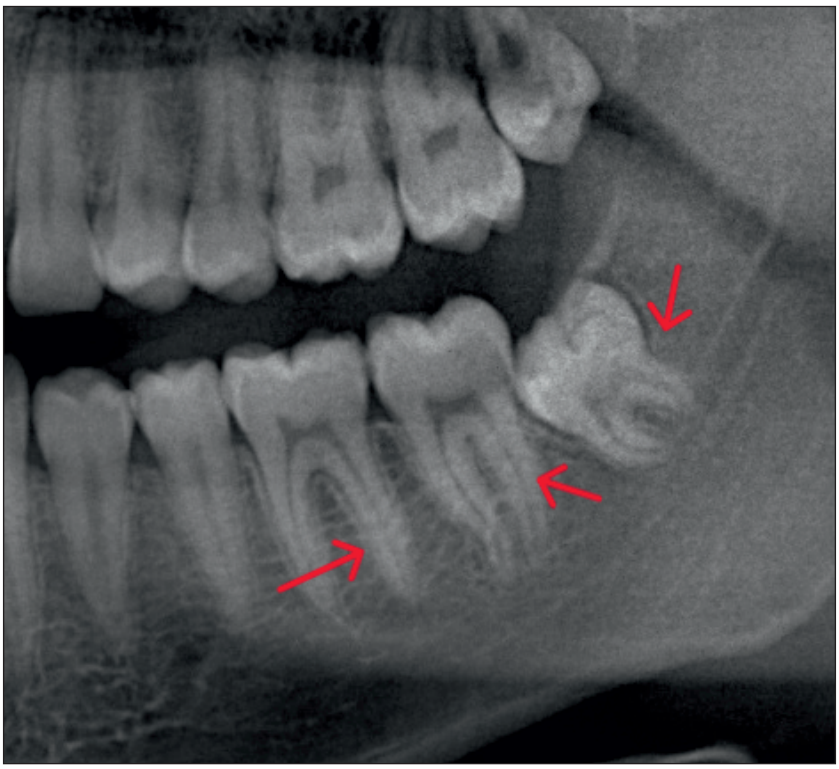
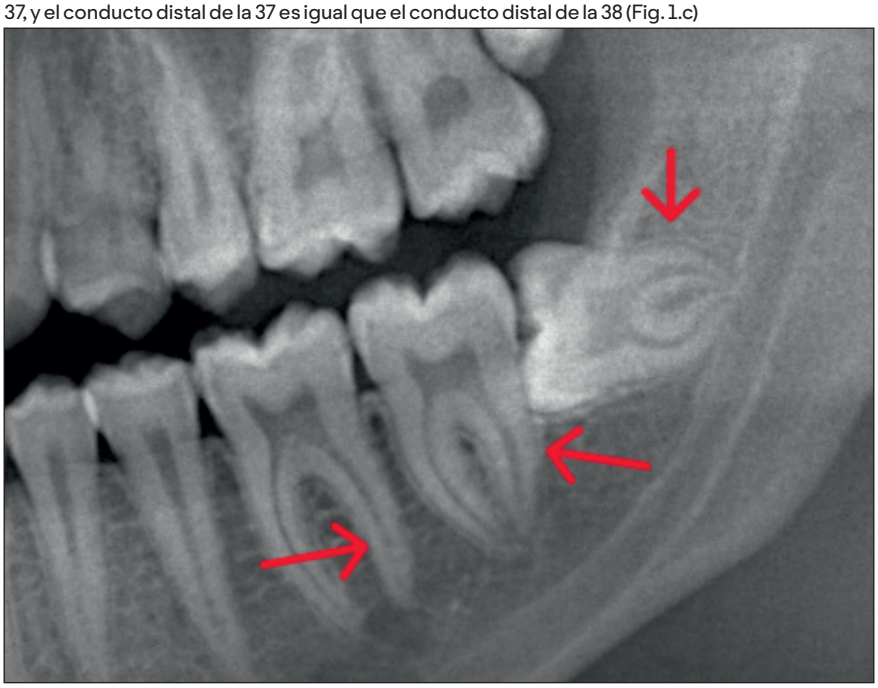


**Figura 1. c.** Categoría C: Cuando el conducto distal de la 36 es igual que el conducto distal de la 37, y el conducto distal de la 37 es igual que el conducto distal de la 38 (Fig. 1.c)



Para el análisis de los conductos radiculares, es fundamental considerar como referencia de mineralización del tercer molar, el estadio H propuesto por Demirjian et al. (13). De acuerdo con este estadio de desarrollo, los ápices de las raíces estén totalmente cerrados (13, 14). Esta característica corresponde a la última etapa de maduración dental, en el tercer molar, tan útil como única, para el proceso de la estimación legal, en individuos de entre los 14 y los 25 años(14).

**3.2. Para el análisis estadístico.**

Se ha realizado un análisis descriptivo de la muestra para conocer las tendencias de los datos de este estudio. Para este propósito, se han usado medias y desviaciones estándar, así como medianas y rangos intercuartílicos para las variables cuantitativas continuas y proporciones para las variables cualitativas.

En todos los análisis se ha utilizado un nivel de significación de $\alpha$**=0.05.** Todos los análisis se han realizado con el programa estadístico R v.4.2.2. Además, se ha utilizado el paquete estadístico CARET (Classification and regression training, Kuhn, (2016)), v.6.0-92.

**3.3. Para la reproducibilidad del método.**

Para el análisis de reproducibilidad del método y, por ende, del acuerdo intra- e interobservador se ha aplicado el coeficiente Kappa de Cohen (K)(15).

Esta medición estadística varía entre 0 y 1. Valores por encima de 0.6 indican que el método es aceptablemente reproducible, siendo los valores por encima de 0.8 los que indican una reproducibilidad óptima o casi óptima(15).

**3.4. Para la relación entre el indicador de madurez y la edad legal.**

Para conocer si existe alguna asociación entre las distintas categorías y la edad legal (≥ 18 años), se ha realizado una prueba de la $\chi 2$. A continuación, para determinar qué categorías son realmente útiles en la estimación de la edad legal, se ha realizado una prueba de $\chi 2$ para cada categoría de forma individualizada; además, esta prueba se ha repetido de forma individual para varones y mujeres, de forma que se ha podido estudiar los efectos de la variable sexo.

**3.5. Para verificar las categorías de los valores de maduración propuestos por Roberts et. al.(1)**

Para evaluar y validar el desempeño del método que se ha aplicado en esta investigación, es decir, la capacidad de dicho método para discriminar entre mayores de edad y menores de edad; se han aplicado pruebas correspondientes a la estadística bayesiana (*Bayesian inference Using Gibbs Sampling BUGS*): sensibilidad (*sensitivity*) y especificidad *(epecificity)(16)*.

En 1947, Yerushalmy, introduce los términos de sensibilidad y especificidad como los indicadores estadísticos que evalúan el grado de eficacia inherente a una prueba diagnóstica (16). Estas pruebas bayesianas son utilizadas de manera más recurrente en estudios médicos de cualquier disciplina, ya que permite analizar componentes aleatorios que determinan las diferentes situaciones del estado fisiológico del sujeto, y miden la discriminación diagnóstica de una prueba con relación a un criterio de referencia que se considera la verdad(16).

En este estudio concreto explican la estimación de la edad a partir del estado de maduración de los molares mandibulares, basándose en la verificación; y tienen como objetivo, mejorar y robustecer las predicciones, así como favorecer el desarrollo del método estadístico(8).

**3.6. Sensibilidad (sensitivity)**

Indica la capacidad de nuestro estimador para dar como casos positivos los casos realmente mayores; en este caso la proporción de mayores correctamente identificados; es decir, la sensibilidad caracteriza la capacidad de la prueba para detectar la edad legal en toda la muestra(17,18)

**3.7. Especificidad (specificity)**

Indica la capacidad de nuestro estimador para dar como casos negativos los casos que realmente son menores de edad; en este caso la proporción de menores correctamente identificados; es decir, la especificidad caracteriza la capacidad de la prueba para detectar la ausencia de la edad legal en sujetos de la muestra(17,18).

**3.8. Resultados.**

Análisis descriptivos de las variables incluidas en esta investigación. Para las variables cuantitativas, se representa la Media ± Desviación estándar; Mediana [Q1-Q3]. Para las variables cualitativas, se representa el número y el porcentaje de casos, según cada categoría de madurez) (Tabla 1).

**Tabla 1**: Análisis descriptivos de las variables incluidas en el estudio. Para las variables cuantitativas, se representa la Media ± Desviación estándar | Mediana [Q1 -- Q3]. Para las variables cualitativas, se representa el número y el porcentaje de casos, según cada categoria de madurez (A, B, C)

| | | |
|---|---|---|
| **Sexo** | Mujeres | 148 (48.52 %) |
| | Hombres | 157 (51.48 %) |
| **Edad** | | 20.1 ± 2.25 \| 20.17 [18.18--22.07] |
| **Indicador de madurez** | A | 31 (10.16 %) |
| | B | 108 (35.41 %) |
| | C | 166 (54.43 %) |
| **Intra-observador** | A | 36 (11.8 %) |
| | B | 110 (36.07 %) |
| | C | 159 (52.13 %) |
| **Inter-observador** | A | 38 (12.46 %) |
| | B | 99 (32.46 %) |
| | C | 167 (54.75 %) |
| **Mayoría de edad** | Sí | 240 (78.69 %) |
| | No | 65 (21.31 %) |

### 3.9. Reproductividad

El método tiene una reproducibilidad entre observadores del **70.13** (K=70.13) y una reproducibilidad intraobservador del **74.98** (K=74.98). Estos valores están en un rango aceptable de reproducibilidad.

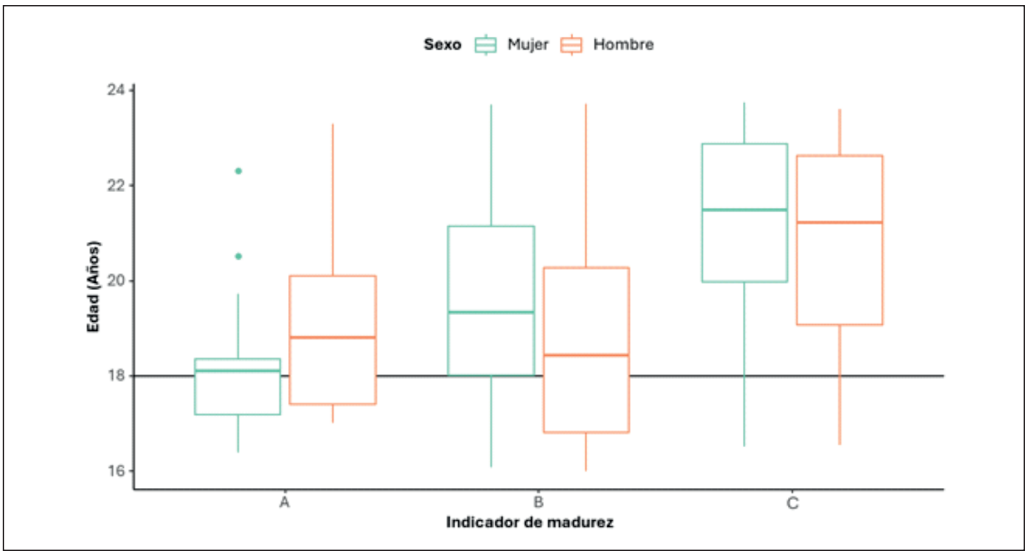
### 3.10. Relación entre el indicador de madurez y la edad legal.

Existe una asociación entre la categoría del grosor de los conductos radiculares del molar y la mayoría de edad **(χ2=28; p<0.001)**. En función de estos resultados, sin tener en cuenta el sexo, una **categoría A** no permite estimar con exactitud la mayoría de edad, pero las **categorías B y C** permiten estimar la mayoría de edad con un **67.59 %** y un **89.76 %** de exactitud (Tabla 2. Figura. 2).

**Tabla 2:** Resultados del test $X^2$ para la predicción de la mayoría de edad en el conjunto de la población (Global), mujeres y hombres. Los resultados significativos, que indican que la categoría es indicativa de una mayoría de edad, se indican con asteriscos: p < 0.001: ***; p < 0.01: **; p < 0.05: *. CI: Intervalo de Confianza 95 %.

| | Mayor de edad | Menor de edad | Estimador | CI | $X^2$ | *p*-value | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Global** | | | | | | | |
| **A** | 18 | 13 | 0,581 | 0,393-0,749 | 0,516 | 0,472 | |
| **B** | 73 | 35 | 0,676 | 0,578-0,761 | 12,676 | 3,704e-4 | *** |
| **C** | 149 | 17 | 0,897 | 0,839-0,937 | 103,379 | 2,767e-24 | *** |
| **Mujeres** | | | | | | | |
| **A** | 12 | 10 | 0,545 | 0,327-0,749 | 0,045 | 0,831 | |
| **B** | 37 | 12 | 0,755 | 0,608-0,862 | 11,755 | 0,001 | *** |
| **C** | 72 | 5 | 0,935 | 0,848-0,976 | 56,571 | 5,419e-14 | *** |
| **Hombres** | | | | | | | |
| **A** | 6 | 3 | 0,667 | 0,309-0,909 | 0,444 | 0,505 | |
| **B** | 36 | 23 | 0,610 | 0,474-0,732 | 2,441 | 0,118 | |
| **C** | 77 | 12 | 0,865 | 0,772-0,925 | 46,022 | 1,169e-11 | *** |

**Figura 2.** Distribución de la edad en cada categoría de grosor del conducto radicular molar en función del sexo. Los límites superior e inferior indican el máximo y el mínimo; los límites superior e inferior de cada caja indican el cuartil 3 y el cuartil 1, respectivamente; la barra horizontal dentro del recuadro indica la mediana; los puntos indican los valores atípicos.



En el caso de las mujeres, también se ha detectado una asociación entre la categoría del grosor de los conductos radiculares del molar y la mayoría de edad **($\chi 2=19$; $p<0.001$).**

Para las mujeres, una **categoría A** no permite estimar con exactitud la mayoría de edad, pero las **categorías B y C** permiten estimar la mayoría de edad con un **75.51%** y un **93.51%** de exactitud (Tabla 2. Figura 2).

En el caso de los varones, también se ha detectado una asociación entre la categoría del grosor de los conductos del molar y la mayoría de edad **($\chi 2 = 13$; $p < 0.001$).**

Para los hombres, una categoría **A o B** no permite estimar con exactitud la mayoría de edad. Tan sólo la categoría **C** permite estimar la mayoría de edad con un **86.52 %** de exactitud (Tabla 2, Figura 2).

**3.11. Sobre la verificación de las categorías de los valores de maduración propuestos por Roberts et. al.(1)**

Para la estimación de la edad legal en los individuos estudiados, aplicando las afirmaciones de Roberts et. al. (1)se obtienen unos valores de **exactitud** de 0.739 para los hombres y 0.635 para las mujeres. Además, para la población de estudio, se obtienen unos valores de **sensibilidad** de 0.95 para hombres y 0.595 para mujeres, mediante el cual, el método de Roberts (1) es capaz de clasificar adecuadamente el 95 % de hombres y el 59.5 % de mujeres mayores de edad como mayores de edad (Figura. 3a, 3b).

En lo relacionado a la **especificidad**, de 0.079 para hombres y 0.815 para mujeres, según los cuales, el método de Roberts et. al.(1) es capaz de clasificar adecuadamente el 7.9 % de hombres y el 81.5 % de mujeres menores de edad como menores de edad (Figura. 3a, 3b).

**Figura 3.a, 3b.** Se obtienen unos valores de exactitud de 0.739 para los hombres y 0.635 para las mujeres. Además, para la población de estudio, se obtienen unos valores de sensibilidad de 0.95 para hombres y 0.595 para mujeres, mediante el cual, el método de Roberts y cols.[9], es capaz de clasificar adecuadamente el 95 % de hombres y el 59.5 % de mujeres mayores de edad como mayores de edad (Figura. 3a, 3b). En lo relacionado a la especificidad, de 0.079 para hombres y 0.815 para mujeres, según los cuales, el método de Roberts et. al.[9], es capaz de clasificar adecuadamente el 7.9 % de hombres y el 81.5 % de mujeres menores de edad como menores de edad (Figura. 3a, 3b).

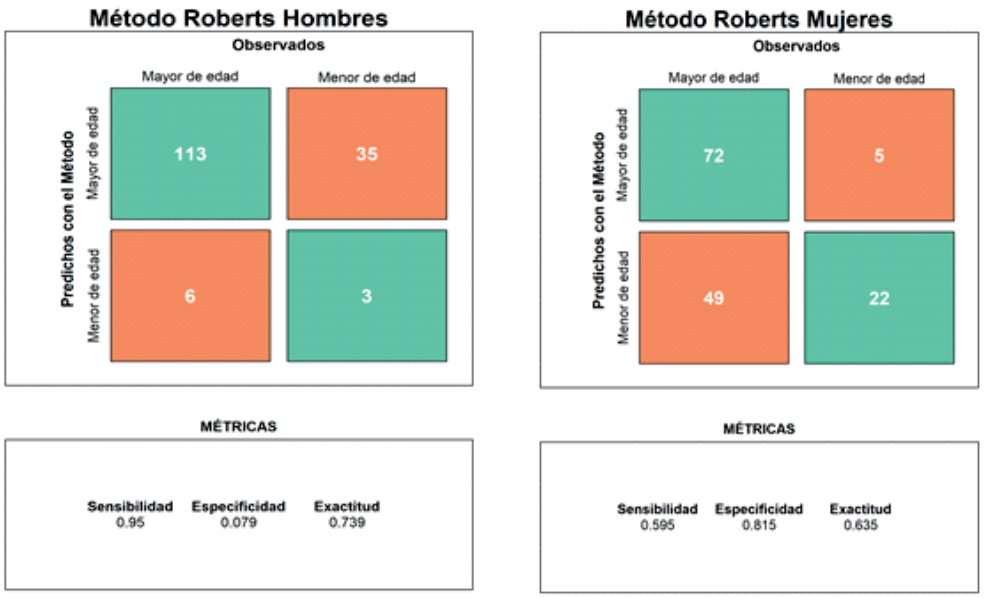



**Figura. 3a, 3b.** Descripción estadística del modelo propuesto por Roberts y cols.,(2016). A la izquierda para los varones, y a la derecha para las mujeres.

## 4. DISCUSIÓN.

La dificultad que supone la estimación de la edad sigue siendo motivo de discusión y de constante estudio para los especialistas, dado que el principal problema radica en determinar cuál de las metodologías para la estimación de la edad es mejor, en términos de precisión y exactitud. Sin embargo, al tomar en cuenta las diferentes circunstancias forenses, como por ejemplo la evaluación de en individuos vivos, el estudio de cadáveres recientes, o de restos esqueletizados, no se puede decidir si un método es el mejor sino cuál de ellos podría ser el más adecuado para el contexto de aplicación(19).

Cuando se plantea la estimación de la edad en individuos vivos, es imprescindible proporcionar especialmente a las autoridades judiciales un dato fiable de la edad del individuo, así como, el grado de precisión y el error de estimación, de la metodología aplicada(7).

Aunque finalmente el dato obtenido es el relativo a la edad biológica del sujeto, y no a su edad real, es importante aplicar métodos y técnicas que nos permitan cuantificar adecuadamente, desde el punto de vista estadístico, la incertidumbre de la estimación y el peso de los parámetros aplicados para que la decisión de la tercera instancia sea justa con el caso de menores indocumentados(7).

De la misma manera cuando se aplican métodos para la estimación de la edad, a partir del estudio de los dientes, es necesario tener en cuenta que, desde el punto de vista de la maduración y desarrollo de cualquier sujeto, después de los 14 años, y una vez finalizada la formación de los caninos y los premolares, la estimación de la edad se convierte en un proceso más difícil, ya que la mayoría de los dientes han completado su desarrollo, salvo los terceros molares que siguen su formación y mineralización lo que los convierte en el único indicar etario útil(20).

Por otra parte, se sabe que este diente no es precisamente un indicador ideal del desarrollo de una persona, por su frecuente agenesia, su malformación o extracción, así como, sus variaciones en la forma, tiempo de erupción, y tiempo de formación (21); de esta manera la asociación entre edad biológica y formación es muy relativa(9).

Con esta consideración, algunos autores (22, 23); han utilizado el desarrollo y crecimiento del tercer molar, en diversos estudios para la estimación de la edad legal, introduciendo el estadio H (ápices cerrados) propuesto por Demirjian en 1973, con resultados que permiten considerar esta metodología confiable, siempre y cuando se consideren la probabilidad y el intervalo de confianza del 95% para el estadio H.

En este sentido, otro enfoque propuesto por la Sociedad Alemana de Medicina Legal (AGFA), es observar otras estructuras anatómicas que rodean al diente, y que a su vez muestras cambios con el paso de tiempo, y pueden ser considerados como indicadores de crecimiento, estos son, la visibilidad de la cavidad de la pulpa radicular (RPV), y la visualización del espacio de ligamento periodontal (PLV)(1,24).

Este enfoque ha permitido a autores como Roberts (1), plantear en su metodología, el análisis de estos indicadores de crecimiento que rodean al diente, así como la mineralización y maduración de los tres molares mandibulares inferiores.

De esta manera no solo se analiza un diente en desarrollo como el tercer molar, sino el conjunto de características de los tres molares mencionados, específicamente en los conductos radiculares, estableciendo parámetros de madurez que permiten estimar la edad en este grupo etario de interés, de entre los 14 y los 25 años.

Los resultados de Roberts et. al.(1), indican que los sujetos femeninos que obtuvieron una categoría C son considerados como mayores de edad, y si obtuvieron categoría A y B, son menores de edad; y en caso de los varones, los que obtuvieron una categoría de C y B, son considerado mayores de edad(1)

Davidson et al.(25) validaron esta metodología, aplicándola a una población mixta sudafricana, compuesta por 945 radiografías, plantean como primer hallazgo que, un tercer parte de su muestra no pudo categorizarse en el método de Roberts et. al.(1), por lo que asignó una nueva categoría RCW- U, para clasificar esta proporción de la muestra; de esta manera todos los hombres y mujeres de ambos orígenes geográficos, que presentaron categoría RCW-C, superaban el umbral de la mayoría de edad, y debían ser considerados mayores de edad con toda seguridad, de la misma forma que lo propone Roberts et. al. y Davidson et. al. (1,25).

Mientras que los todos los hombres y mujeres que presentaron categoría RCW-A y categoría RCW-U, podrían ser considerados como menores de edad.

Por otra parte, siguiendo la metodología propuesta por Roberts et al.(1), y validada por Davidson et al.(25), se ha decidido en esta investigación, aplicar dicha metodología en una nueva muestra mixta, de origen subsahariano y turco, en donde 173 radiografías OPTs, corresponden a la población subsahariana y 132 OPTs, corresponden a la población turca.

El método tiene una reproducibilidad entre observadores del 70.13 % (K) y una reproducibilidad intraobservador del 74.98% (K). Estos valores están en un rango aceptable de reproducibilidad es coincidente con el 86% (K) indicado por Davidson et al.(25), y en discrepancia con el 97% (K) indicado por Roberts et al.(1); lo que estadísticamente sería considerado óptimo (15).

Además, la mayor diferencia de lo que propusieron dichos autores, el resultado de esta muestra indica que, para el caso de las mujeres que presentan valores de B y C, se deben considerar mayores de edad con un 75.51% de probabilidad y un 93.51% de exactitud.

Y para los varones, una categoría A o B no permite estimar con exactitud la mayoría de edad, lo que indica que las mujeres llegan más rápido a la mayoría de edad (13) ; debido que el desarrollo y la maduración de los tejidos dentales son más adelantados en las mujeres, en relación con los hombres, de la misma manera que ocurre en los huesos del carpo (26).

Mientras que el planteamiento de ambos autores indica que los hombres llegarían más rápido a la mayoría de edad legal, que su desarrollo dental ocurre antes que las mujeres.

Solo en los casos que presentan categoría C, permiten estimar la mayoría de edad con un 86.52 % de exactitud en concordancia con ambos autores.

La discrepancia observada en los resultados de la comparación del método propuesto por Roberts et al.(1), con los resultados de esta investigación, se pueden atribuir a diferencias de tipo geográficos propia de cada población.

Por otro lado, durante esta investigación se presentaron algunas limitaciones que dificultaron la reproducibilidad de esta metodología, con relación a la selección de imágenes que incluyan de manera estricta la presencia del tercer molar en estadio de maduración H(13), ya que se requiere de una revisión de una cantidad muy grande de radiografías panorámicas OPTs, lo que implica una dificultad mayor para el acceso a este tipo de radiografías, así como la obtención de una muestra representativa, razón por la cual, se hizo otra revisión de radiografías hechas en una población turca, diferente a la originalmente planteada como lo fue la subsahariana.

Además, la imagen panorámica tradicional, solo muestra una imagen bidimensional, y el análisis de los conductos radiculares se complica, debido a que este tipo de radiografía no permite observar en su totalidad, en términos del volumen, el sistema de conductos (27).

Tomando en cuenta estas consideraciones, así como los resultados obtenidos en esta investigación, se pretende plantear otras líneas de investigación; en primer lugar, la utilización de una imagen tridimensional generada a partir de Tomografías Computarizadas de haz Cónico (TCHC) (CBCT en inglés). Esta modalidad ha demostrado tener gran calidad gráfica y nitidez elevada en todos los planos espaciales, sin distorsiones, y sin superposiciones de otras estructuras anatómicas, además de su baja cantidad de radiación (28).

Dado que esta metodología es reciente, se proponen estudios futuros para desarrollar nuevas líneas de investigación que permitan la aplicación de la metodología de Roberts et al. (1) en otras muestras de origen geográfico distinto, utilizando la categoría RCW-U propuesta por Davidson et al.(25), con el objetivo de obtener y comparar nuevos datos, que puedan avalar las conclusiones obtenidas en esta investigación, así como el establecimiento de posibles diferencias a nivel poblacional.

## 5. CONCLUSIONES.

Se puede afirmar que, en ambos sexos, la categoría **A**, es muy **útil** para la estimación de la **minoría** de la edad, ya que indica claramente que las personas con esta categoría se sitúan por debajo o en la línea del umbral de la mayoría de edad (18 años) independientemente del sexo.

En el caso de las mujeres que presentan la categoría **B**, el método permite predecir la mayoría de edad en un 75.51%

de los casos, y las que presenten la categoría **C**, es un indicativo de la mayoría de edad con un porcentaje de predicción del 93,51%.

En el caso de los hombres, solo los que presentan categoría **C**, indica la mayoría de edad en un porcentaje de predicción de 86.52%, y los que presentan categoría B sitúan a los individuos por debajo o en el umbral de la mayoría de edad (18 años), por lo que no deben considerarse como mayores de edad.

Por otra parte, de acuerdo con el dato del **71%** de **exactitud** obtenido en la estimación de la mayoría de edad, la observación y estudio en conjunto de los patrones de crecimiento que se encuentran alrededor y dentro de los conductos radiculares, de los tres molares mandibulares, se puede considerar una metodología **confiable**.

Debido al **error** de estimación del **29%**, de este método, se recomienda usarlo como análisis complementario de otras técnicas ya utilizadas para la estimación de la edad legal, tales como la evaluación de los huesos del carpo, y del extremo medial de la clavícula (2).

El porcentaje de r**eproductividad** es del **72%** lo que se considera aceptable. Sin embargo, se deben tomar en cuenta, el sexo, la población de origen del sujeto y la experiencia del profesional forense, así como la calidad de las radiografías, a la hora de llevar a cabo el análisis de los conductos radiculares.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. ROBERTS GJ, LUCAS VS, ANDIAPPAN M, McDONAL F. Dental age estimation: root canal widths of mandibular permanent molars at the 18-year threshold. Proceedings of the 68th Annual Meeting of the American Academy of Forensic Sciences; Las Vegas, NV. Colorado Springs, CO: American Academy of Forensic Sciences. (2016) 270:98-102.

2. BENITO M. El estudio de la edad para la identificación humana[Tesis] [Madrid]: Universidad Complutense de Madrid; 2015.

3. ISCAN MY, SOLLA, HE, McCABE BQ. Victim of a dictatorial regime: Identification of Mr. Roberto Gomesoto Josman. Forensic Science International. (2005) 151: 213-220.

4. PRETTY IA, SWEET D. A look forensic dentistry Part I: the role of teeth in the determination of human identity, British Dent Journal, (2001) (190): 359-366.

5. TODD TW. Age changes in the pubic bone. American Journal of Physical Anthropology. (1921) (4): 1-70.

6. LIVERSIDGE HM, BUCKBERRY J, MARQUEZ-GRANT N. Estimación de edad, Ann Hum. Biol (2015)42 (299-301) http://dx.doi.org/10.3109/03014460.2015.1089627.

7. DE LUCA S. Identificación Humana en Antropología Forense: aportaciones para la estimación de sexo y edad [Tesis].[Granada]: Universidad de Granada; 2011.

8. MALDONADO MB, BRIEM STAMM AD. Métodos para la estimación de la edad dental: un constante desafío para el odontólogo forense. Gaceta Int.cienc. Forense. (2013) 6: 12-19

9. GARAMENDI P. Análisis de parámetros de maduración ósea como indicadores de edad en estudios de radiología digital de tórax y estudios de radiología panorámica dental digital. [Tesis]. [Granada]: Universidad de Granada; 2007

10. OLZE A, SOLHEIM T, SCHULZ R, KUPFER M, SCHMELING A. Evaluation of the radiographic visibility of the root pulp in the lower third molars for the purpose of forensic age estimation in living individuals. Int J Legal Med. (2010) 124 (3):183-186. doi:10.1007/s00414-009-0415-y

11. EUROPEAN ASYLUM SUPPORT OFFICE. Informe de la EASO sobre el Asilo 2021. Informe Anual sobre la situación del asilo en la Unión Europea. (2021) 8:26 doi:10.2847/348593

12. SERRANO CF. Análisis Radiológico y Clínico de la Tomografía volumétrica de Haz Cónica: su interés de salud [Tesis].[Málaga] : RIUMA, repositorio; 2016.

13. DEMIRJIAN A, GOLDSTEIN H, TANNER JM. A new system of dental age assessment. Ann Hum Biol. (1973) 45 (2): 211–27.

14. MINCER HH, HARRIS EF, BERRYMAN HE. The ABDO study of third molar developmen and its use as an estimator of chronological age. J Forensic Sci. (1993) 38(2):379- 390.

15. COHEN J. A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement (1960) 20 (1): 37-46.

16. YERUSHALMY J. Statical problems in assessing methods of medical diagnosis, with special reference to X- ray techniques. Public Health Reports (1947) 62: 1432-49.

17. LANDIS JR, KOCH GG. La medición del acuerdo del observador para datos categóricos. Biometrics (1977) 33 159-174.

18. SWETS S. Measuring the accuracy of diagnostic sistems. Science (1988) 240 1285-1293, http://dx.doi.org/10.1126/science. 3287615.

19. SCHMELING A, SCHULZ R, REISINGER W, MUHLER M. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. International Journal of Legal Medicine. (2004) 118(1): 5-8.

20. SOLHEIM T. Amount of secondary dentin as an indicator of age. Scan J Dent Res. (1992) (100): 193-199.

21. WILLEMS G. A review of the most Commonly used dental age estimation techniques. The Journal of Forensic Odonto Stomatology-JFOS (2011) (19): 9-17

22. WITTSSCHIE D, OTTOW VER, VIETH V, KUPEPERS M, SCHULZ R, HASSU J, BAJANOWSKI T, PUSCHEL K, RAMSTHALER F, PFEIFFER H, SCHMINT S, SCHEMELING A. Radiografía de proyección de la clavícula: ¿sigue siendo recomendable para el diagnóstico forense de la edad en personas vivas? En t. J. Medicina Legal 129 (2015) 187-193, http://dx.doi.org/10.1007/s00414-014-1067-0.

23. MARQUEZ-RUIZ AB, TREVIÑO-TIJERINA MC, GONZALEZ-HERRERA L, SANCHES B, GONZALEZ RAMIREZ AR, VALENZUELA A. Análisis tridimensional del desarrollo del tercer molar para estimar la edad. J. ciencia y salud. (2017) (57) 376-383. https://doi.org/10.1016/ j. scijus.2017.04.002

24. LUCAS VS, McDONALD F, ANDIAPPAN M, ROBERTS G. Dental Age Estimation: periodontal ligament visibility (PLV) - pattern recognition of a conclusive mandibular maturity marker related to the lower left third molar at the 18-year threshold. Int J Leg Med. (2017) 131 (3): 797-801. Doi: 10.1007/s00414-016-1468-3

25. DAVIDSON C, NEL C, BERNITZ H, VAN STANDEN P, UYS A. Validation of Roberts method using root canal width patterns as a mandibular maturity marker in determining the 18-year threshold. Int. Journal Legal Medicine. (2021) 135 (4) 1567-1572.https:// doi: 10.1007/s00414-021-02527-w

26. TANNER JM. Reliability and validity of computer-assisted estimates of Tanner-Whitehouse skeletal maturity (CASAS): comparison with the manual method. Hormone Research in Paediatrics. (1974) 42 (6): 288-294.

27. ITURRALDE D. Prevalencia de alteraciones en el patrón del sistema de conductos radiculares de los molares mandibulares[Tesis]. [Valencia]: Universitat de Valéncia; (2018)

28. DOMARK JD, HATTON JF, BENISON RP, HILDEBOLT CF. An ex vivo comparition of digital radiography and cone-beam and micro computed tomography in the detection of the number of canal in the mesiobuccal roots of maxillary molars. Journal Endodontics. (2013) 39 (7): 901-905.