

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



TESIS DOCTORAL

**Determinación de la edad biológica mediante variables
métricas mandibulares y su relación con la edad dentaria**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Irene Real Benlloch

Directores

M. Rosa Mourelle Martínez
Montserrat Diéguez Pérez

Madrid

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
Departamento de Especialidades Clínicas Odontológicas



TESIS DOCTORAL

Determinación de la edad biológica mediante el uso de variables métricas mandibulares y su relación con la edad dentaria

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Irene Real Benlloch

Directores

M^a Rosa Mourelle Martínez

Montserrat Diéguez Pérez

Madrid, 2019



Universidad Complutense de Madrid



Faculta de Odontología

Departamento de Especialidades Clínicas Odontológicas

**Determinación de la edad biológica mediante
el uso de variables métricas mandibulares y
su relación con la edad dentaria**

Tesis Doctoral

Directores

M^a Rosa Mourelle Martínez

Montserrat Diéguez Pérez

Irene Real Benlloch

Madrid, 2019



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Facultad de Odontología
Plaza Ramón y Cajal S/N
Ciudad Universitaria
28040 Madrid

Departamento Especialidades Clínicas Odontológicas

M^a ROSA MOURELLE MARTÍNEZ, Profesor Contratado Doctor del Departamento de Especialidades Clínicas Odontológicas de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid,

CERTIFICA:

Que Dña. Irene Real Benloch ha realizado bajo mi dirección la tesis doctoral titulada "Determinación de la edad biológica mediante el uso de variable métricas mandibulares y su relación con la edad dentaria", reuniendo las condiciones necesarias para optar al Grado de Doctor.

Madrid, 27 de marzo de 2019



FACULTAD DE ODONTOLOGIA
DPTO. DE ESPECIALIDADES
CLINICAS ODONTOLÓGICAS

Rosa Mourelle



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Facultad de Odontología
Plaza Ramón y Cajal S/N
Ciudad Universitaria
28040 Madrid

Departamento Especialidades Clínicas Odontológicas

MONTSERRAT DIÉGUEZ PÉREZ, Profesor Asociado del Departamento de Especialidades Clínicas Odontológicas de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid,

CERTIFICA:

Que Dña. Irene Real Benloch ha realizado bajo mi dirección la tesis doctoral titulada "Determinación de la edad biológica mediante el uso de variable métricas mandibulares y su relación con la edad dentaria", reuniendo las condiciones necesarias para optar al Grado de Doctor.

Madrid, 27 de marzo de 2019



FACULTAD DE ODONTOLOGIA
DPTO. DE ESPECIALIDADES
CLINICAS ODONTOLÓGICAS

A mis abuelas, Pilar y Julia

Con todo mi cariño

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. M^a Rosa Mourelle Martínez, directora de la tesis, por su entrega, cariño y constante apoyo desde mis comienzos en el mundo de la Odontopediatría.

A la Dra. Montserrat Diéguez Pérez, directora de la tesis, por su completa dedicación y por brindarme su apoyo y su ayuda desde el primer momento.

A D. Santiago Cano Alsua, estadístico de los Servicios Informáticos de la Universidad Complutense de Madrid, por la ayuda prestada en el manejo estadístico, por sus explicaciones y aclaraciones de los datos del estudio.

Al Dr. Ricardo Ortega Piga, por su generosidad y colaboración en la obtención de los registros radiográficos.

A mis padres, Julio y Mar, por todo su cariño, sus consejos y su completa implicación en este proceso, sin los que todo este trabajo no hubiera sido posible.

A Álvaro, Marta, Eva y Jairo, cuatro apoyos indispensables, por estar en todo momento a mi lado y hacer más llevadero el esfuerzo.

A Inés, por los ánimos dados, siempre expectante para ver este proyecto acabado.

A todas aquellas personas que han dedicado su tiempo en apoyarme y animarme para culminar este camino.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN/ABSTRACT..... | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 3. ANTECEDENTES..... | 16 |
| 3.1. Tipos de edad..... | 17 |
| 3.2. Determinación de la edad ósea..... | 22 |
| ● Determinación en la muñeca..... | 25 |
| ○ Atlas de Greulich y Pyle..... | 26 |
| ○ Tanner-Whitehouse..... | 30 |
| ○ FELS..... | 31 |
| ○ Otros métodos..... | 31 |
| ● Determinación en las vértebras..... | 38 |
| ● Determinación en la clavícula..... | 42 |
| 3.3. Determinación de la edad dentaria..... | 45 |
| ● Métodos de determinación de la edad dentaria..... | 48 |
| ○ Demirjian..... | 49 |
| ○ Willems..... | 53 |
| ○ Mincer..... | 54 |
| ○ Nolla..... | 56 |
| ○ Cameriere..... | 58 |
| ○ Basados en el diente en desarrollo..... | 60 |
| 3.4. Usos de la mandíbula en antropología forense..... | 61 |
| ● Aplicaciones..... | 63 |
| ○ Edad..... | 63 |
| ○ Sexo..... | 66 |
| ○ Raza o etnia..... | 68 |
| 4. JUSTIFICACIÓN..... | 69 |
| 5. HIPÓTESIS..... | 71 |
| 6. OBJETIVOS..... | 73 |
| 7. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 75 |
| ● Población de referencia y de estudio..... | 76 |
| ● Tamaño muestral y procedimiento de muestreo..... | 77 |
| ● Protocolo de análisis radiográfico..... | 78 |
| ● Instrucciones para la realización de los registros radiográficos..... | 79 |
| ● Criterios de selección de los registros radiográficos..... | 80 |
| ● Método..... | 82 |

| | |
|--|------------|
| ○ Variables..... | 82 |
| ● Sistemática del estudio..... | 84 |
| ● Análisis de datos..... | 92 |
| 8. RESULTADOS..... | 94 |
| 8.1. Descripción de la muestra..... | 95 |
| 8.2. Análisis de las variables métricas, edad cronológica y edad dentaria..... | 96 |
| ● Total de la muestra..... | 96 |
| ● Por género..... | 97 |
| ● Por grupo de edad..... | 98 |
| ● Por rangos de edad..... | 102 |
| 8.3. Análisis de las variables métricas, edad cronológica y dentaria. Estadística descriptiva y comparativa..... | 104 |
| ● Total de la muestra..... | 104 |
| ● Por género..... | 105 |
| ● Por grupo de edad..... | 106 |
| ● Por rangos de edad..... | 108 |
| 8.4. Análisis de las variables métricas y género. Estadística descriptiva y comparativa..... | 111 |
| 8.5. Análisis de las variables métricas y edad cronológica. Estadística descriptiva y comparativa..... | 112 |
| 8.6. Análisis de las variables métricas y rangos de edad. Estadística descriptiva y comparativa..... | 118 |
| 8.7. Correlación entre las variables métricas y edad cronológica y dentaria.... | 119 |
| ● Total de la muestra..... | 119 |
| ● Por género..... | 120 |
| ● Por grupo de edad..... | 122 |
| 8.8. Estudio de la regresión lineal..... | 124 |
| 9. DISCUSIÓN..... | 126 |
| 9.1. Material y método..... | 129 |
| ● Edad cronológica y grupo poblacional de la muestra..... | 129 |
| ● Técnica radiográfica..... | 131 |
| ● Mediciones de las estructuras óseas..... | 132 |
| 9.2. Edad dentaria..... | 133 |
| 9.3. Análisis mandibular..... | 140 |
| ● Dimorfismo sexual..... | 140 |
| ● Mediciones sobre la rama mandibular..... | 143 |

| | |
|---|-----|
| • Correlaciones entre variables y edad cronológica..... | 146 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 148 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA..... | 150 |
| 12. ANEXOS..... | 164 |

1. RESUMEN/ABSTRACT

1. RESUMEN

INTRODUCCIÓN

La edad es una de las características biológicas primarias empleadas para la identificación de individuos, en aquellos casos en los que no se dispongan de documentos. También en el diagnóstico en odontología o medicina. La edad biológica se define como la estimación del estado de desarrollo, mientras que la cronológica se refiere al tiempo pasado desde el nacimiento hasta el momento en el que ésta es requerida, siendo una referencia legal de cada persona, aunque no siempre va a coincidir con su grado de desarrollo.

Numerosos métodos ayudan a la determinación de la edad, variando en función de su empleo sobre individuos vivos o cadáveres. Los más fidedignos son aquellos que evalúan la edad dentaria y la ósea, en muñeca, vértebras o clavícula.

La mandíbula es el hueso del macizo craneofacial que mayor remodelación presenta a lo largo del crecimiento. Además, tiene una elevada densidad y resistencia, por lo que es un hueso que ha sido ampliamente empleado en ciencias forenses para determinar el sexo y la edad en cadáveres.

El crecimiento mandibular está estrechamente integrado con el desarrollo dentario y está influenciado por los cambios en la función masticatoria producidos con la edad. La dentición va a estar menos afectada por las variaciones nutricionales que otros tejidos óseos, por lo que la morfología mandibular puede ser un elemento útil para la evaluación de la edad.

OBJETIVOS

- Comprobar la validez del uso de mediciones lineares sobre la rama mandibular en la radiografía panorámica como determinantes de la edad biológica en pacientes infantiles.
- Determinar la existencia de una correlación entre el aumento de la edad y el crecimiento mandibular.
- Valorar la influencia del sexo en los cambios producidos en la rama mandibular durante el crecimiento.

- Comparar la edad dentaria en base a los estadios de Demirjian con las medidas lineares en la muestra de estudio.
- Analizar los cambios dimensionales producidos en la mandíbula entre los 6 y los 12 años de edad.
- Establecer unos estándares de medidas en la mandíbula para posterior utilización del método.

METODOLOGÍA

La selección de la muestra de nuestro estudio cumplía los siguientes criterios:

- Inclusión: Niños con edades comprendidas entre los 6 y los 12 años, de raza caucásica que disponían de una radiografía panorámica.
- Exclusión: pacientes con deformaciones faciales, alteraciones dentarias de número, radiografías con estructuras de estudio no valorables y portadores de aparatología ortodóncica fija en el momento del estudio.

Posteriormente se llevó a cabo el punteado de las estructuras de interés sobre la rama mandibular izquierda en la radiografía panorámica y, el trazado de las líneas de estudio. Por último se determinó la edad dentaria mediante el método de Demirjian.

Las variables del estudio independientes estudiadas fueron la edad y el género, y las dependientes la Línea inferior (LI), Línea A (LA), Línea C (LC), Altura anterior de la rama (AR), Altura máxima de la rama (AM) y Anchura del canal mandibular (ACM).

Los resultados fueron evaluados mediante un coeficiente de correlación intraclase, test de ANOVA y T de Student, y con un análisis de la regresión lineal. La concordancia intraexaminador se realizó sobre el 20% de la muestra, con unos resultados entre el 0,80 y el 0,99 de concordancia.

RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas en el género para las variables Línea I, con una diferencia de media de 1mm mayor en las niñas que en los niños, en la variable AM igualmente una diferencia de 1mm de media pero en esta ocasión mayor en los niños, y en la variable ACM, una diferencia entre ambos sexos de 0,1mm.

Las variables que mostraron mayor cambios dimensionales con la edad fueron las alturas mandibulares, con un aumento de tamaño de 6mm (AM) y 9mm (AR) entre los 6 y los 12 años, siendo las que también mostraron una mayor correlación tanto con la

edad dentaria (0,56 AM y 0,51 AR) como con la cronológica (0,60 AM y 0,58 AR). Al realizar la recta de regresión con las variables edad dentaria, AM y AR se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,83.

Al determinar la edad dentaria mediante el método de Demirjian se ha obtenido una sobreestimación de 1,03 años en comparación con la edad dentaria, siendo esta sobreestimación ligeramente mayor en el caso de las niñas. En el grupo de los 6 años la sobreestimación fue de tan solo 0,21 años, mostrando un aumento progresivo hasta los 2,27 años en el grupo de los 12 años.

CONCLUSIONES

- Las mediciones lineares sobre la rama mandibular pueden ser empleadas como método alternativo y combinado con la edad dentaria para la determinación de la edad biológica en pacientes infantiles.
- Existe una correlación entre el aumento de la edad entre los 6 y los 12 años con el crecimiento mandibular, observándose unos cambios más marcados en las alturas de la rama mandibular (AM y AR).
- El dimorfismo sexual no puede ser evaluado en los cambios mandibulares producidos durante el crecimiento, ya que las variaciones observadas no son lo suficientemente significativas como para establecer una diferencia.
- Al comparar la edad dentaria con las medidas lineares no se han encontrado diferencias significativas en relación a la edad cronológica.
- Al analizar los cambios dimensionales, observamos como los mayores cambios se producen en las alturas de la rama mandibular, mientras que en la anchura del canal mandibular no se producen cambios significativos en esta franja de edad.
- Para la determinación de la edad biológica mediante mediciones lineares sobre la rama mandibular hemos establecido la siguiente fórmula: *Edad Cronológica* = $-0,322 + 0,528ED + 0,050AR + 0,040AM$, siendo su coeficiente de determinación 0,830.

1. ABSTRACT

INTRODUCTION

Age is one of the primary biological characteristics used for the identification of individuals, in cases where legal documents are not available. Also is used in the diagnosis in dentistry or medicine. The biological age is defined as the duration of the development stage, while the chronological age is related to the time passed from birth to the moment in which it is required, being a legal reference of each person, although it will not always coincide with the degree of development.

Numerous methods help the determination of age, varying in the function of its use on living individuals or corpses. The most reliable are those that evaluate the dental and bone age, in wrist, vertebrae or clavicle.

The jaw is the bone of the craniofacial area that presents the major remodeling throughout growth. In addition, it has a high density and resistance, so it is a bone that has been used in science to determine sex and age in corpses.

Mandibular growth is closely integrated with dental development and is influenced by changes in function. Nutritional variations will be less important in the dentition than in other bone tissues, and the mandibular morphology can be a useful element for the evaluation of age.

OBJECTIVES

- Verify the validity of the use of linear measurements on the mandibular branch on panoramic radiography as determinants of biological age in children.
- Determine the existence of a correlation between the increase in age and jaw growth.
- Assess the influence of sex on the changes produced in the mandibular ramus during growth.
- Compare the dental age based on the Demirjian stages with the linear measurements in the study sample.
- Analyze the dimensional changes produced in the jaw between 6 and 12 years of age.
- Establish standards of measurements in the mandible for later use of the method.

METHODOLOGY

The sample selected for our study met the following criteria:

- Inclusion: Children between 6 and 12 years, of Caucasian race who had a panoramic radiograph.
- Exclusion: patients with facial deformations, dental alterations in number, radiographs with study structures that cannot be evaluated, and space maintainers of fixed orthodontic appliances at the time of the study.

Subsequently, the dotted of the structures of interest on the left mandibular ramus was carried out on the panoramic radiograph and the lines of the study were drawn. Finally, dental age was determined using the Demirjian method.

The independent study variables studied were age and gender, and dependent variables were the Lower Line (LI), Line A (LA), Line C (LC), Anterior Height of the Ramus (AR), Maximum Height of the Ramus (AM) and Width of the Mandibular Canal (ACM).

The results were evaluated using an intraclass correlation coefficient, ANOVA test and Student's T test, and with a linear regression analysis. Intraexaminer concordance was performed on 20% of the sample, with results between 0.80 and 0.99 of concordance.

RESULTS

Significant gender differences were found for the Line I variables, with an average difference of 1mm greater in girls than in boys, in the variable AM also a difference of 1mm on average but this time higher in boys, and in the ACM variable, a difference between both sexes of 0.1mm.

The variables that showed greater dimensional changes with age were the mandibular heights, with an increase in size of 6mm (AM) and 9mm (AR) between 6 and 12 years, being those that also showed a greater correlation with both dental age (0.56 AM and 0.51 AR) as with the chronological age (0.60 AM and 0.58 AR). When performing the regression line with the variables dental age, AM and AR, a correlation coefficient of 0.83 was obtained.

When determining the dental age using the Demirjian method, an overestimation of 1.03 years was obtained in comparison with the dental age, being this overestimation

slightly higher in the case of girls. In the group of 6 years, the overestimation was only 0.21 years, showing a progressive increase to 2.27 years in the group of 12 years.

CONCLUSIONS

- Linear measurements on the mandibular branch can be used as an alternative method and combined with dental age for the determination of biological age in children.
- There is a correlation between the increase in age between 6 and 12 years with mandibular growth, with more marked changes observed in the heights of the mandibular ramus (AM and AR).
- Sexual dimorphism cannot be evaluated in the mandibular changes produced during growth, since the observed variations are not significant enough to make a difference.
- When comparing dental age with linear measurements, no significant differences were found in relation to chronological age.
- When analyzing the dimensional changes, we observe how the greatest changes occur in the heights of the mandibular branch, while in the width of the mandibular canal there are no significant changes in this age range.
- For the determination of biological age by linear measurements on the mandibular branch we have established the following formula: *Chronological Age = -0.322 + 0.528ED + 0.050AR + 0.040AM*, with a coefficient of determination of 0.830.

2. INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN

La edad, a la par que las otras tres características biológicas primarias, altura, sexo y raza, permite la identificación de un individuo. En antropología forense, estos datos pueden ser empleados de forma cuantitativa y cualitativa para establecer diferencias entre personas con implicaciones éticas, legales y criminales (1-8).

Se han observado evidencias de cambios en función de la edad en diferentes partes del cuerpo humano: pie, mano, costillas, coxis, dentición o suturas craneales. La posibilidad de establecer los años vividos por la persona objeto de estudio en estas regiones corporales va a estar determinada, además de por una técnica debidamente adecuada, por la preservación del esqueleto y la eficacia de los patrones en uso. Cada vez va cobrando una mayor importancia la necesidad de determinar la edad de individuos vivos, a pesar de que clásicamente la investigación forense se responsabiliza del establecimiento de esta en el momento del fallecimiento (4, 9).

Dentro de las ciencias forenses cabe destacar el papel relevante que tiene la odontología como método de apoyo en la identificación de restos humanos (5, 10-13). A través de los registros de la dentición es posible que los odontólogos puedan colaborar en el establecimiento de la identidad de las víctimas, no solo a nivel criminal, sino ante un desastre natural, incendios, accidentes o atentados terroristas (10, 13, 14). Esto es debido a que la dentición, en especial el tejido adamantino, es considerada como una de las partes de mayor dureza del cuerpo humano, por lo tanto, ofrecen resistencia ante la mayor parte de las situaciones que sí deteriorarían otro tipo de tejidos corporales. La dentición de cada persona es única e inimitable, ya que posee una serie de características o anomalías de desarrollo que la definen, así como un registro de los tratamientos dentales que se hayan realizado a cada persona, lo que permite una identificación con un leve margen de error de un individuo (5). Aunque las huellas dactilares y las pruebas de ADN asumen la mayor parte de la importancia a la hora de identificar a una persona, la coincidencia entre los datos dentales previos y los obtenidos después de la muerte, así como la determinación de la edad en el momento del deceso pueden ser de gran ayuda (5, 11).

El conocimiento de manera exacta de la edad de un individuo se sigue considerando como “el talón de Aquiles de la antropología” (15, 16). La diferencia entre

la edad cronológica y biológica hace que no siempre sea fácil establecer la primera cuando no se tienen disponibles documentos acreditativos. En los niños, como norma general, la discrepancia entre ambas es menor, pero según van pasando los años, las discrepancias entre ambas serán más marcadas y los métodos de determinación de la edad tendrán una menor especificación (8,15). En individuos adultos, la mayoría de las técnicas de determinación de la edad se basan en establecer el grado de deterioro de marcadores morfológicos, más afectados por factores ambientales, mientras que en los individuos jóvenes lo que se evalúa son los cambios producidos por el desarrollo, mejor documentados y fiables (8). Es importante disponer de técnicas precisas para poder establecer de forma más exacta la edad de un individuo, ya sea por ausencia de documentos en los que se establezca la fecha de nacimiento de esa persona o como ayuda a la hora de identificar víctimas en situaciones como desastres ambientales, atentados terroristas o conflictos bélicos (5, 9, 15, 17).

La determinación de la edad puede ser empleada también en la creación de un perfil biológico para compararlo con otras personas desaparecidas, como en individuos vivos. Este escenario puede suceder tanto en situaciones civiles (registro de nacimiento fuera de tiempo o adopciones) como en penales, como en la entrada en vigor de una reglamentación específica para menores o un cambio de veredictos fundamentados en la edad de la víctima (en violaciones o pornografía infantil) o del acusado (1, 6, 9, 12-16, 18-38). También puede tener utilidad en el campo deportivo, donde jóvenes sanos de edad desconocida o mal determinada pueden estar compitiendo en competiciones de menor edad que la que les correspondería (17, 35, 36, 39).

La falta de estructuras económicas y democráticas efectivas, guerras y conflictos armados, tensiones étnicas, violaciones sistemáticas de los derechos humanos y desastres naturales están relacionados con la inestabilidad de las corrientes migratorias y explican en gran parte el aumento irregularidad de los mismos. Los movimientos fronterizos a un ambiente más estable han llevado a un aumento de la demanda de estimaciones de la edad biológica de niños, adolescentes y jóvenes que no disponen de papeles oficiales o documentos contrastables (1, 20, 24, 27, 39-45). La importancia en términos legales se debe al hecho de que en los tratados internacionales y en los sistemas locales, regionales y nacionales, las personas desplazadas poseen derechos y obligaciones que van a verse modificadas en función de la edad de las mismas, en el alcance para la contención, los organismos responsables de gestionar las reclamaciones,

posibilidades de repatriación y/o adopción, así como los procedimientos administrativos, civiles y criminales que se deban aplicar en determinadas situaciones (16, 24, 29, 40, 43, 44, 46) Como la edad cronológica de un individuo está intrínsecamente relacionada con su estatus legal, la estimación de la edad se ha convertido en un procedimiento básico en el proceso migratorio (45).

Cuando se va a realizar una estimación de la edad de un individuo, hay que diferenciar entre si se trata de un cuerpo no identificado o una persona viva, ya que los métodos empleados y los factores a tener en cuenta son diferentes (1). Si se trata de un cadáver, el punto clave va a ser la cantidad de restos recuperados, ya que la cantidad de restos óseos recuperados puede ser muy variable y no se puede realizar un análisis forense de todos ellos (8, 11, 27, 47), así como el estado de conservación de los mismos (1, 8, 48). El hueso es un tejido que resiste a la putrefacción y a la destrucción de los animales, por lo que puede llevar a una correcta determinación de la edad, el sexo, la raza y la altura de un individuo (47). Algunos de los puntos más estudiados para determinar la edad en un cadáver son la sínfisis púbica, la superficie articular del ilium, el extremo medial de la cuarta costilla y el cierre de la sincondrosis esfono-occipital (47, 49). La mandíbula es un hueso que posee una densidad bastante elevada si se compara con otros más esponjosos, como el esternón o las vértebras, por lo que puede ser recuperada intacta tras resistir a fuerzas de diferente magnitud (5, 11, 48).

Por otro lado, cuando nos referimos a individuos vivos, será necesaria la aplicación de métodos menos invasivos, simples y de bajo coste, destacando las exploraciones clínicas en las que se valorarán los signos de maduración sexual, datos antropométricos, estudios dentales y exámenes radiológicos de la mano y la muñeca, siempre guiados por principios éticos y legales, de beneficencia y no maleficencia, que aseguren a la persona examinada los mejores resultados con el menor daño posible (1, 5, 9, 26, 29, 40, 50-53).

Los parámetros principales que deberían ser estudiados como indicadores de la edad biológica son el crecimiento esquelético evaluado en la fusión de las epífisis óseas y la edad dentaria (1, 15, 18, 52, 54, 55). Ambos métodos han sido extensamente documentados y tienen un nivel de evidencia similar, puesto que la maduración dental es comparable con la observación del desarrollo óseo, al existir una correlación marcada entre el desarrollo de la dentición permanente y el grado de maduración del esqueleto (19). Sobre el grado de maduración ósea van a influir una serie de factores externos,

hormonales, nutricionales o medioambientales, que pueden provocar que se observe una marcada diferencia entre la edad ósea y la cronológica, mientras que el desarrollo de la dentición permanente, sin embargo, parece estar menos influenciado por los factores anteriormente destacados, por lo que su utilidad en el momento de estimar la edad biológica de un individuo vivo puede ser mayor (4, 18, 35, 37). El estudio de la odontogénesis de los dientes permanentes es uno de los métodos más fiable, rápido y útil para determinar la edad biológica en la infancia y adolescencia (19, 34), monitorizándose a través de una secuencia de eventos que van desde la mineralización inicial, el desarrollo de la corona y el crecimiento de radicular hasta el cierre del ápice (29). Las recomendaciones actuales son que la determinación de la edad se debe hacer en más de un rasgo biológico en el mismo individuo (55), ya que no existe un único método que determine con fiabilidad total la edad de un individuo (37).

En el caso de individuos en los que sí conozcamos la fecha de nacimiento, la estimación de la edad biológica puede ayudarnos a la hora de establecer una similitud entre ambas, lo que a nivel clínico puede tener una gran importancia en el momento de la programación de determinados planes de tratamiento, así como un método adicional a la hora de detectar cambios a nivel de la maduración y el crecimiento del paciente infantil (18, 19, 38, 56, 57). El conocimiento del grado de desarrollo y el crecimiento craneofacial remanente de un paciente es de gran importancia para el profesional. Estos factores van a tener influencia en la toma de decisiones interdisciplinarias, en la elección del plan de tratamiento y los posibles resultados de una terapéutica ortopédica dentofacial, prostodoncia o el tratamiento de cirugía ortognática (12, 58, 59). Un análisis oportuno del potencial de crecimiento de un paciente ayuda al odontopediatra y al ortodoncista a predecir y conseguir mayores cambios sobre las estructuras craneofaciales. El pico de crecimiento puberal es un periodo de aumento repentino del mismo en el que se ven los máximos cambios a nivel óseo en el cuerpo y en la cara, por lo que, cualquier intervención ortopédica en este momento ayuda a conseguir mejor efectos esqueléticos y resultados de tratamiento más estables (58). Se ha comprobado que la edad cronológica es un indicador poco fiable del inicio del pico de crecimiento puberal (59).

Hay indicios de que la mandíbula pueda ser un indicador adecuado para determinar la edad de un sujeto. Es el hueso que más crece en comparación con el resto de los huesos de la cara y presenta una serie de cambios morfológicos representativos en

referencia al tamaño y al remodelado óseo (1, 4). Es el hueso que aloja a la dentición inferior y donde se insertan los músculos masticatorios, razón que lleva a pensar que el crecimiento de la mandíbula va a estar muy relacionado con el desarrollo de la dentición (4). Asimismo, la ausencia o pérdida de piezas dentales a lo largo de la vida va a producir una falta de crecimiento o atrofia del hueso mandibular (2).

Estas razones nos llevan a pensar que la morfología mandibular, es especial la de la rama, puede ser un método empleado para estimar la edad biológica con un nivel de confianza comparable con los estándares de la edad dentaria (1, 4). Mientras haya crecimiento de esta estructura ósea puede ser posible establecer una relación entre la edad biológica y la cronológica (1).

3. ANTECEDENTES

3. ANTECEDENTES

3.1 TIPOS DE EDAD

La *edad cronológica* es definida como la medida del tiempo vivido por una persona desde su nacimiento hasta el momento en el que la ésta es requerida (5, 16, 21, 60). En la actualidad es considerada como un criterio administrativo que es el referente social, legal y penal de cada individuo, que no siempre se corresponde con sus circunstancias biológicas, pero aun así exige una gran precisión (16, 20, 61-63). Este concepto es un indicador indirecto del estado legal de cada individuo, por lo que dicta las implicaciones legales de todas las partes en el caso de menores legales (63). El desconocimiento de este dato puede plantear serios problemas individuales y sociales, incluso a nivel del país involucrado, pudiendo ser causa de conflictos internacionales (16, 24). Aunque pueda parecer extraño, sigue siendo frecuente encontrarse con personas que desconocen su edad cronológica, incluso en países desarrollados, ya sea por flujos de migración no controlados, adopciones o pequeños ciertos grupos de poblaciones nativas que no observan las medidas generales de inscripción legal de su descendencia (16, 64).

Un individuo tiene una sola edad cronológica, pero como cada uno de sus sistemas se va a desarrollar de forma independiente, se considera que en realidad son varias estas edades (5, 65). Tomadas de forma conjunta se obtiene una apreciación del nivel de desarrollo del individuo, denominado *edad fisiológica o biológica*, basada en el grado de maduración de los diferentes tejidos del cuerpo, en comparación con patrones estándar para una edad concreta (5, 56, 61, 66-68). Se han definido varias edades biológicas: edad ósea, edad de caracteres sexuales secundarios edad morfológica, edad mental y edad dentaria. Los datos de cada una de las edades pueden ser aplicados individualmente o bien de forma conjunta, si lo que se desea es estimar el nivel de maduración fisiológica de un individuo en crecimiento (5, 23, 24, 56, 60, 66-71). La definición de edad biológica fue realizada por Clampton en 1908, empleando los signos de desarrollo puberal como indicador de madurez (16).

La necesidad de conocer la edad de un individuo es un punto clave en multitud de ciencias, no solo en odontología, sino también, por ejemplo, en pediatría, cirugía ortopédica, medicina forense, arqueología o endocrinología (24, 39, 72, 73). La edad

biológica tiene interés para el diagnóstico de alteraciones en el ritmo de crecimiento y de desórdenes endocrinos, genéticos, renales, metabólicos o nutricionales, así como para intuir la altura final de un individuo. La predicción de posibles retrasos en el desarrollo puede ayudar en futuras terapias preventivas o correctivas (24, 58).

Conseguir determinar la edad biológica de un individuo es un desafío para el investigador, ya que no solo es necesario establecer unos indicadores biológicos fiables, sino que deben existir unos patrones de comparación entre las diferentes variaciones sexuales, geográficas o raciales (16, 24), ya que se observa una elevada variabilidad biológica en el desarrollo, lo que afecta a todos los métodos para la estimación de la edad en todas las poblaciones. Las diferencias socioeconómicas, enfermedades sistémicas, condiciones ambientales, hábitos nutricionales y alteraciones endocrinas o congénitas explican parcialmente las variaciones observadas en las distintas poblaciones (24, 30, 43).

El campo de determinación de la edad ha atraído mucho el interés de multitud de investigadores desde hace varias décadas (62). Se han establecido muchas técnicas para la determinación de la edad, considerando de forma individual cada caso en función de la evidencia disponible (26). Actualmente no se conoce un único indicador que sea capaz de reflejar exactamente la edad de un individuo, sino que existen diversos métodos que de forma combinada nos ayudarán a establecer con mayor precisión la edad biológica de la persona, existiendo diferencias en el caso de individuos vivos o cadáveres (37, 47, 62).

Un individuo subadulto es aquel que presenta indicadores de crecimiento y / o desarrollo esquelético y / o dental en curso, y que aun no ha alcanzado su tamaño y forma adulta final. Esta definición se aplica a individuos desde los 3 meses lunares hasta los 19-20 años, incluyendo fetos, infantes, niños y adolescentes, mientras que excluye a los “adultos jóvenes”. En estos últimos todavía están presentes algunos cambios finales en la osificación de algunas regiones óseas, como la fusión de la cresta iliaca o la sincondrosis esfeno-occipital, pero ya han alcanzado su tamaño final, por lo que no pueden ser considerados como subadultos (63).

La *edad morfológica* de un individuo se determina de acuerdo con las características físicas como la altura, el peso y la forma general del cuerpo, y los resultados son contrastados con curvas de crecimiento. El nivel de maduración sexual,

por otro lado, se refiere al grado de desarrollo de las características sexuales secundarias y la menarquía en las chicas. Esta también está relacionada con la incremento de la velocidad del crecimiento general del cuerpo que se observa en la pubertad (24).

Uno de los métodos más empleados y estudiados en la infancia y la adolescencia es la determinación de la *edad ósea* mediante la evaluación del grado de maduración esquelética de un individuo en crecimiento (21, 26, 58, 60). El problema de este sistema es que está muy influenciado por la existencia de factores tanto externos, ambientales y socioeconómicos, como propios de cada persona, como factores hormonales y genéticos (5, 13, 15, 35, 46, 66, 71). Las regiones anatómicas donde se suele evaluar la maduración son la mano y la muñeca, las vértebras cervicales y, en casos próximos a los 21 años, el nivel de fusión de la epífisis proximal de la clavícula (5, 15, 24, 31).

La estimación de la edad biológica basada en el nivel de desarrollo de la dentición permanente se denomina *edad dentaria*, y en ella se estudia el grado de formación en radiografías de los gérmenes de la dentición permanentes. Este proceso se considera que está menos afectado por factores tanto locales como generales que el proceso emergencia del diente en la cavidad oral (5, 35). Esta edad puede ser evaluada desde el nacimiento hasta aproximadamente los 18-19 años (74) y es un método más seguro que el de la determinación de la edad ósea ya que son menos los factores que van a alterarla. (15, 66, 73, 74). Los dientes son algunas de las estructuras más fuertes del cuerpo humano, al estar protegidos por los tejidos duros y blandos faciales, y son extremadamente resistentes a factores externos, como los procesos de descomposición y las temperaturas extremas, lo que les lleva a ser un buen indicador biológico para la estimación de la edad (46, 31) . La edad biológica de una persona puede ser establecida en función de su dentición, ya sea mediante análisis clínicos y radiológicos de cambios morfológicos o visuales a lo largo de la vida, cambios bioquímicos o el nivel de desarrollo clínico y radiológico de los dientes temporales y permanentes. Estos métodos empleados para la determinación de la edad pueden ser algo imprecisos, debido al efecto de factores extrínsecos, o no se pueden emplear en individuos vivos, mientras que el grado de mineralización dentaria es un proceso continuo que se produce en paralelo al desarrollo dentario, pero que es independiente de las condiciones ambientales (31).

Durante el siglo XX, el desarrollo de las técnicas médicas de imagen, como las radiografías, la resonancia magnética, la tomografía computarizada o la ecografía han

proporcionado a los investigadores herramientas no invasivas y no destructivas para explorar de forma interna los huesos y los dientes de los individuos vivos, cadáveres o restos óseos (63). De forma contraria a otras técnicas más costosas, como los análisis histológicos o bioquímicos, estimación de la edad de un sujeto sobre radiografías es un método económico y sencillo de realizar, por lo que suele ser el método seleccionado, a pesar de que implica una cierta dosis de radiación sobre el paciente (14).

Se han presentado unas guías para la estimación de la edad en individuos vivos, por el Grupo de Estudio para el Diagnóstico Forense de la Edad (AGFAD), establecido por la Sociedad Alemana de Medicina Legal en el año 2000 (41, 75), resumidas en tres sencillos pasos, con un enfoque multifactorial, combinando diferentes técnicas para conseguir la mayor exactitud en la determinación de la edad:

- Inicialmente, se debe realizar una historia médica, incluyendo datos sobre enfermedades actuales, previas y familiares, y medicación. Después se llevará a cabo un examen físico y un estudio antropométrico que incluya la evaluación del desarrollo sexual o cualquier otra circunstancia que pueda afectar al crecimiento, como la altura, el peso y el tipo de constitución. Esta primera fase tiene como objetivo excluir la existencia de alteraciones o medicación que puedan tener un impacto sobre el desarrollo somático.
- Estimación de la edad dentaria sobre una radiografía panorámica.
- Estimación de la edad ósea, a través del análisis radiográfico de la radiografía de mano y muñeca, o de la clavícula, en los casos en los que se haya concluido la calcificación de los huesos de la mano (5, 12-14, 22, 23, 26-28, 30, 35, 37, 39, 41-43, 51, 72).

En comparación con la exposición radiológica necesaria para tomar una radiografía panorámica o de la mano, la de la clavícula es un procedimiento que implica una elevada dosis de radiación, por lo que solo se debe llevar a cabo en aquellos casos en los que el crecimiento óseo de la región de la mano haya finalizado (41, 43).

Cuando no hay disponible otro tipo de información, el certificado que se emite al final del proceso de estimación de la edad indica un valor numérico que es el resultado de una mera aproximación hecha por un experto. Sin embargo, para definir el estado legal de un individuo, la ley no tiene más remedio que considerar esta figura numérica como la edad real del individuo en cuestión (45).

Conocer si un inmigrante tiene menos de 18 años o de 21 años puede cambiar sus derechos y sus obligaciones, accediendo o no a protecciones específicas (39, 40, 43, 76). En muchos casos, cuando los niños no pueden demostrar su edad real, se convierten en personas más vulnerables y con mayor probabilidad de ser tratados como adultos, corriendo el riesgo de no tener acceso a los beneficios socioeconómicos que deberían al ser menores (45). Aunque cada país o nación tiene diferentes regulaciones, 14 años es la edad media para la excepción de la responsabilidad penal, 18 años es la edad comúnmente empleada para separar legalmente a los menores de los adultos; y en términos generales, la jurisdicción de menores no es aplicable entre los 18 y los 21 años. Dependiendo de la severidad del crimen, se atribuyen diferentes niveles de responsabilidad a los menores en rangos de edad, como entre 14-16 años o 16-18 años (24, 30, 38, 43-45, 62, 75, 77).

España es el segundo país en la Unión Europea con el mayor número de inmigrantes ilegales no documentados. Los menores de edad están sujetos a regulaciones específicas españolas y comunitarias que aquellos que ya superan los 18 años de edad. De acuerdo con estas regulaciones, los menores de 14 años están libres de responsabilidad criminal, los menores entre los 14 y los 18 años están sujetos a estándares criminales especiales, y a las personas mayores de 18 pero menores de 21 pueden estar bajo las mismas condiciones que los menores de 18. Todos los menores de edad en España están bajo la tutela de las autoridades (14). Un menor no acompañado es una persona de menos de 18 años procedente de un país del tercer mundo o sin estado, que accede al territorio de un País Miembro de la Unión Europea no acompañado por una persona adulta a su cargo, incluyendo a aquellos que son abandonados una vez han entrado en el país (55, 78). En muchas ocasiones la edad de estos menores no se registra en el momento del nacimiento, y llegan al país de acogida sin una documentación válida. Según la Declaración Universal de Los Derechos Humanos de 1948 todo el mundo tiene el derecho de conocer su edad, y es labor del país de acogida intentar determinar esta misma con los mejores métodos disponibles (55).

3.2 DETERMINACIÓN DE LA EDAD ÓSEA

La *edad ósea* se define como la medición del progreso de la osificación durante el desarrollo, estimado a través del grado de crecimiento que se produce en zonas sometidas a la osificación, y el nivel de depósito de calcio en esas áreas, que siguen desde la infancia a la adolescencia una línea temporal determinada por un patrón específico (21, 23, 79, 80). No se conoce con seguridad que factores son los encargados de determinar un patrón normal de maduración, pero sí que se ha demostrado que hay una serie de factores externos, nutricionales, sociales, emocionales y ambientales, así como factores propios de cada individuo, metabólicos y hormonales, destacando el papel de la tiroxina, los esteroides sexuales y la hormona de crecimiento, que son un punto clave en este proceso (15, 21, 81). Las diferencias raciales, posiblemente en relación con el nivel socioeconómico, pueden también marcar la diferencia en el momento de establecer la edad ósea de un individuo en crecimiento, ya que en aquellos casos en los que el nivel socioeconómico es muy bajo se puede observar un retraso en el desarrollo esquelético (30, 43, 50).

La responsable del crecimiento óseo postnatal es una placa de crecimiento cartilaginosa localizada entre la epífisis y la metáfisis de los huesos. Los condrocitos de esta placa van a crecer y a diferenciarse, mientras que va a haber unas zonas, denominadas *zonas de descanso*, donde se pueden encontrar condrocitos progenitores no diferenciados, que pasarán a ser condrocitos proliferativos y posteriormente hipertróficos. Cuando los vasos sanguíneos invaden la zona hipertrófica, se va a producir la apoptosis de los condrocitos hipertróficos, así como la migración de los osteoblastos en dirección a la matriz del cartílago, para la formación de tejido óseo (80).

El punto clave de la edad ósea es que un centro de osificación concreto va a aparecer y madurar en un momento determinado, por lo tanto, llamamos *edad ósea* a la edad en la que, por promedio, un niño llega a una fase de maduración ósea concreta (21). Podemos estudiar el punto en el que un centro de osificación madura porque los cambios que se van a producir son similares entre los diferentes individuos, siendo un proceso continuo y que pasa por las mismas fases, mostrando una serie de rasgos específicos (21, 29). Pese a lo referido anteriormente, la tasa, el tiempo y el grado de crecimiento y maduración varían en gran medida entre los diferentes individuos. Podemos encontrar dos niños con la misma edad cronológica y grandes discrepancias en

la maduración esquelética. De la misma forma, la duración y cuantía de crecimiento cambia de forma apreciable durante los picos de crecimiento puberal (21).

Cuando se comenzó a emplear este método para determinar la edad biológica examinando el grado de maduración ósea, se realizaba una radiografía del cuerpo completo, pero en la actualidad las técnicas modernas se centran en una zona concreta, principalmente la región de la mano y la muñeca, las vértebras cervicales, y en algunos casos las clavículas (15, 79).

Cuando es necesario establecer la edad ósea de un cadáver hay que tener en cuenta si estamos ante un infante, un niño o un adolescente, ya que los métodos empleados variaran en cada caso. En los primeros, se estudiará la osificación de los huesos craneales, destacando el frontal, occipital, temporal y la mandíbula. En los niños lo que se mide es el grado de osificación de los huesos largos, considerando el tamaño de la diáfisis, así como la presencia de los centros de osificación y fusión de las epífisis de los mismos. Por último, en los adolescentes, los huesos estudiados serán los de la muñeca y la mano, así como la clavícula en aquellas situaciones en las que la edad aproximada esté cercana a los 21 años (15). Las niñas en general tienen una edad ósea más adelantada que la de los niños, manifestándose estas diferencias desde el nacimiento y conservándose hasta la edad adulta (21).

La maduración esquelética está íntimamente relacionada con la maduración sexual y somática, razón por la cual tanto pediatras como endocrinos emplean estas técnicas en la práctica clínica diaria (14, 21, 41, 80, 81). Podemos destacar algunas aplicaciones médicas del estudio de la maduración esquelética, como los casos en los que hay una deficiencia de hormona de crecimiento, hipertiroidismo o hipotiroidismo, o adelanto o retraso de la pubertad, en las que es necesario conocer las consecuencias de patologías existentes sobre la maduración ósea, previsión de la altura y el control de la terapia de reemplazo hormonal (21, 24, 81, 82).

En el campo de la odontología, se ha empleado la edad ósea en ortodoncia y odontopediatría, al ser un indicador eficaz en el diagnóstico de diversas patologías, así como a la hora de establecer los periodos de tratamiento (14, 41, 58, 80, 83-85). En los pacientes en crecimiento pueden ser de gran ayuda estas técnicas, ya que la identificación exacta de las fases de la maduración esquelética va a ser un aspecto decisivo en el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortodóncico en los pacientes

infantiles (58, 69, 83-88). El saber el tiempo restante de desarrollo del niño puede ayudar al facultativo a preparar un plan de tratamiento conveniente para su caso, tomar ventaja de este crecimiento remanente cuando sea necesario y minimizarlo en los casos indicados, así como estimar los resultados del tratamiento (58, 84, 86, 88). La maduración ósea de los huesos de la región de la mano y las vértebras cervicales están muy relacionados con la maduración de la región craneofacial (70).

- **Determinación de la edad ósea en la muñeca:**

El procedimiento más normalizado para la determinación de la madurez esquelética es aquel que evalúa el periodo y el orden de aparición de los huesos del carpo y de la osificación de determinadas zonas sobre la radiografía de la muñeca y la mano (40, 55, 58, 89- 91). Esta región posee una elevada cantidad de huesos y epífisis, que muestran una progresión bien establecida a lo largo del tiempo (22, 67, 80), y además se observan todos en la misma toma radiográfica, por lo que hay una mínima exposición al resto del cuerpo (21, 22, 25). Se suele emplear la mano izquierda, ya que se supone que la mano derecha puede estar lesionada en más situaciones, y porque, en una conferencia de principios del siglo XX, se decidió que las dimensiones físicas deberían ser estimadas en el lado izquierdo del cuerpo y no en el derecho (80). A pesar de esto, no se ha demostrado la influencia de la elección de la mano derecha o la izquierda a la hora de estimar la edad ósea (40). Es un método sencillo, barato y no invasivo (25).

Los huesos de la mano y la muñeca (fig. 1) son el cúbito, el radio, 19 huesos cortos, incluyendo 5 metacarpos y 14 falanges, y 8 carpos (escafoides, trapecio, trapezoide, piramidal, pisiforme, semilunar, hueso ganchoso y hueso grande). Los huesos del carpo se van a formar mediante un proceso de osificación intramembranosa, mientras que el cúbito, el radio y los huesos cortos se van a formar por un proceso de osificación endocondral, con más de un centro de osificación en el momento del nacimiento, creciendo durante la infancia hasta que las placas epifisarias se fusionan con la diáfisis (21, 80).

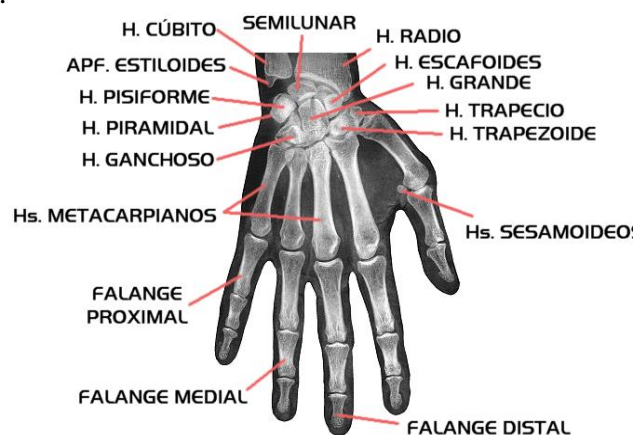


Figura 1. Huesos de la región de la mano y la muñeca

Imagen tomada de Tórtora

Los huesos cortos no poseen un eje largo dominante, por lo que su forma de desarrollo es distinta a la de los huesos largos. A pesar de que los momentos de aparición de cada uno de estos huesos están muy definidos, puede haber variaciones significativas en su desarrollo, como variaciones en la secuencia de aparición, uniones o fraccionamiento de huesos y la aparición de elementos accesorios, como nódulos de cartílago. Los huesos del carpo no se encuentran osificados en el momento del nacimiento, sino que este proceso se produce por centros de osificación primaria a lo largo del crecimiento. El grande es el primer hueso en el que se va a poder observar un centro de osificación, mientras que el pisiforme va a ser el último de la zona (21, 80).

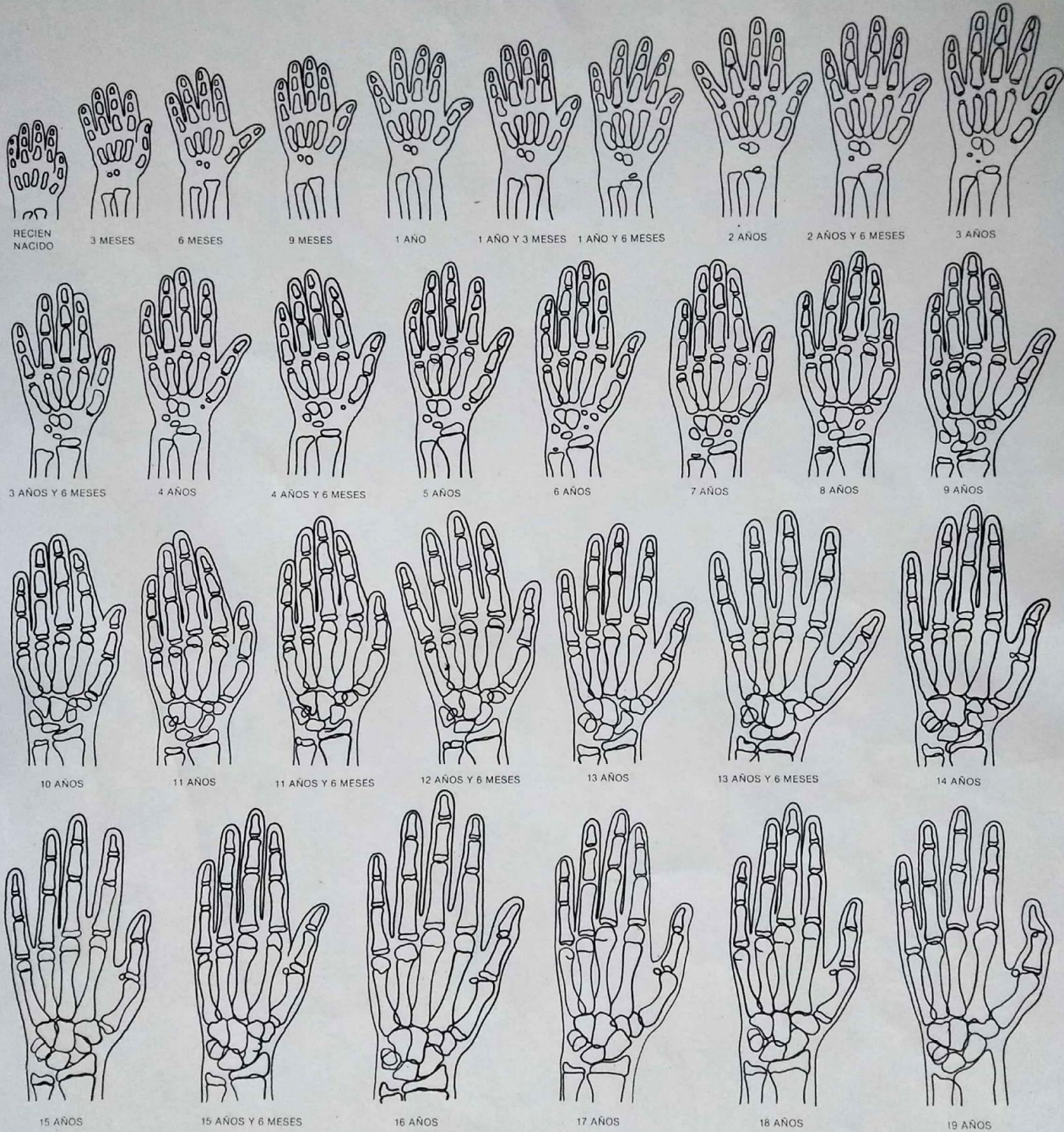
Hay multitud de métodos disponibles para valorar el crecimiento de la región de la mano, pero los más empleados son el Atlas de Greulich y Pyle, el método FELS y la puntuación de Tanner-Whitehouse. También se pueden hallar una serie de técnicas más recientes, pero de menor relevancia y con menor respaldo científico (15, 21, 22). Es ampliamente conocido que el desarrollo de la mano y la muñeca es representativo para determinar la edad esquelética hasta que se produce la fusión de la epífisis y se completa la osificación, lo que sucede entre los 17 y los 19 años (39).

- **El atlas de Greulich y Pyle:** es un método basado en la comparación visual con una serie de imágenes estándar de radiografías de la mano y la muñeca, que van desde el momento del nacimiento hasta los 17-18 años en el caso de las niñas y hasta los 19 años en los niños, separada cada imagen por 6 meses (21, 22, 24, 25, 55, 86), conteniendo en total unas 1000 imágenes radiográficas, al lado de las cuales podemos encontrar explicaciones de los cambios graduales por la edad que se observan en cada una de ellas (55).

La metodología consiste en comparar las representaciones del atlas con la imagen radiográfica realizada (fig. 2 y 3), hasta encontrar la imagen con un mayor porcentaje de concordancia, siendo difícil alcanzar el 100% (21, 22, 24, 25, 80, 86). El resultado es la estimación media de la edad junto con un margen de error (15, 22). El 76% de los pediatras emplean este método, por su simplicidad y la velocidad de su uso, a pesar de que sea menos objetivo que otros (21, 24, 40, 41, 50, 90). El sistema es repetible y reproducible, aunque en el grupo de edad entre los 14 y los 18 presenta un amplio margen de error en ambos sexos (22).

Los estándares fueron desarrollados entre los años 1931 y 1942, a través las radiografías de mano y muñeca de 1000 niños caucásicos de nivel socioeconómico alto de Cleveland, Ohio, incluidos en el "Brush Foundation Growth Study", lo que le lleva a ser el método es más empleado en Estados Unidos (21, 24, 25, 40, 78, 80). Este método no fue diseñado para estimar la edad forense, sino que fue adaptado posteriormente (24, 78).

MADURACION ESQUELETICA DEL VARON



Método de Greulich-Pyle
Figuras reproducidas de Greulich, W. W. y Pyle, S. I.: Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist (2d ed.; Stanford, Calif.; Stanford University Press, 1959).

Figura 2. Atlas de Greulich & Pyle para hombres

MADURACION ESQUELETICA DE LA HEMBRA



Método de Greulich-Pyle
Figuras reproducidas de Greulich, W. W. y Pyle, S. I.: Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist (2d ed.; Stanford, Calif.; Stanford University Press, 1959).

Figura 3. Atlas de Greulich & Pyle para mujeres

- **El método de Tanner-Whitehouse (TW):** está basado en un sistema de puntuaciones en el que se va a evaluar el nivel de osificación y el aspecto morfológico de los núcleos de osificación en los huesos de la muñeca y la mano, el radio, el cúbito, los huesos cortos y los huesos del carpo. El método se comienza categorizando el grado de maduración de cada hueso en fases que van de la A a la H o la I. Posteriormente, cada fase es sustituida por una calificación y se calcula la puntuación total, que se transforma en la edad ósea (15, 21, 80). Es un método más lento de aplicar que el anterior y requiere una gran experiencia sobre su forma de utilización (90).

Esta técnica se desarrolló en radiografías de niños de Reino Unido acumuladas entre los años 50 y 60, y suele emplearse con mayor frecuencia en Europa, (21), pero no se aplica tanto como el Atlas de Greulich & Pyle, a pesar de poseer una base razonada matemática (50), lo que reduce la subjetividad a la hora de reconocer patrones y para minimizar la variabilidad intra e interexaminador (24).

Actualmente los niños desarrollan y maduran antes que hace 50 años, por lo que este método ha sido revisado y actualizado, publicado como Tanner-Whitehouse 2 (TW2), y de forma más reciente, en el año 2001, como Tanner-Whitehouse 3 (TW3) (21, 25, 80). El método TW2 se fundamenta en una serie de 8 indicadores de madurez para cada hueso de la mano y la muñeca, además de 9 específicos para el radio. Estos indicadores de madurez se valoran en correlación con su aspecto dentro del pasaje completo de cada hueso en concreto de la inmadurez al desarrollo completo (21, 70). Existen tres métodos TW2 distintos:

- Cúbito, radio y huesos cortos (RUS), en el que se valoran 13 de los huesos de la región.
- Carpo (CAR): en que se miden los siete huesos del carpo.
- Veinte huesos: en el que se evalúan los 13 huesos largos y cortos, además de los siete huesos del carpo (25, 80).

El método TW3 fue perfeccionado para renovar la relación entre la puntuación total de maduración y la edad ósea, con base en tendencias seculares (80). Los datos de referencia de esta versión fueron recogidos en varios países,

incluyendo Japón, aunque la mayoría provienen de Europa y Estados Unidos (25).

- **El método de FELS:** es el sistema más actual, pero también el menos manejado. Es un procedimiento informatizado que va a proporcionar una estimación sobre la correspondencia entre el estándar de la radiografía de la región de la muñeca y la edad cronológica. Este método es, sin embargo, más complicado de utilizar que las otras dos técnicas (15, 26, 50) aunque es el único que facilita el error estándar al valorar la edad ósea (50).

Ha sido desarrollado por Roche y colaboradores con la intención de facilitar una valoración objetiva de la edad ósea con un límite de confianza. Está basado en una selección de niños norteamericanos, que nacieron entre los años 1928 y 1974, a los cuales se les realizaron series de radiografías de la mano entre el primer mes de vida y los 22 años (21, 26).

Para utilizar este sistema se valora la radiografía del paciente, dándole una calificación que se obtiene empleando los niveles de maduración relativos, así como los radios de los diámetros de las epífisis y las diáfisis de los huesos la región. La puntuación alcanzada se introduce en una aplicación informática que se encarga de calcular la edad ósea (21).

- **Otros métodos:** existen métodos probados para la estimación de la edad ósea, entre los que resaltan:
 - **Imágenes por ultrasonido:** la valoración sonográfica se basa en la maduración de una epífisis, en función de la osificación endocondral, íntimamente relacionada con el desarrollo óseo a nivel sistémico. La ventaja de este método es que está libre de radiación, y actualmente se utiliza para evaluar la estructura ósea. Evalúa la velocidad a la que las ondas de ultrasonido se transmiten a lo largo de un hueso específico (21).

Esta técnica emplea dos transductores, uno que origina ondas ultrasónicas con una frecuencia de 750 kHz en dirección a la epífisis del extremo distal del cúbito y el radio y otro que hace de receptor (21, 80). Este método emplea el ancho de la placa de crecimiento para establecer la amplitud de la epífisis distal del radio desde tres puntos de vista: anterior, lateral y posterior (21). Posteriormente, con un programa

informático se calcula la edad ósea mediante un algoritmo establecido en medidas de la velocidad de las ondas ultrasónicas y el espacio existente entre los dos transductores (80).

Este método es muy reproducible y es muy coherente con las mediciones clásicas de la edad ósea de los métodos de Greulich y Pyle y Tanner-Whitehouse 2, a pesar de que hay autores que no lo contemplan debido a que se pueden producir algunos desajustes, como que tiende a sobreestimar una edad ósea retrasada y a subestimar una edad ósea avanzada al comparar los resultados con otros sistemas. Este sistema está todavía en sus primeras fases y requiere un mayor refinamiento, así como investigaciones en diferentes poblaciones y en niños con patologías que afecten al crecimiento (21, 80).

- **Resonancia magnética de la mano:** las imágenes de resonancia magnética han mostrado en los últimos años un aumento en el interés investigador en el campo de la estimación de la edad forense en individuos vivos, principalmente al abandonar la radiación ionizante que implican los métodos tradicionales anteriormente descritos (21, 39, 42). Este sistema de obtención de imágenes promete una estimación inobjetable verdaderamente no invasiva, mostrando unos detalles morfológicos excelentes, con una imagen en 3D, a diferencia de la radiografía convencional, observándose también los tejidos blandos (21, 39) y se consigue una elevada correlación positiva entre la edad cronológica y la ósea, al igual que una alta reproductibilidad inter e intra-examinador (21).

Las imágenes de la resonancia magnética son más detalladas, con una visualización en tres dimensiones del cartílago y de las estructuras óseas alrededor de la placa epifisaria sin sombras que provengan de la forma de adquisición de la imagen (fig. 4). Así, es más probable que los evaluadores elijan una imagen de referencia que corresponda a una menor edad del atlas correspondiente cuando se usan imágenes de resonancia magnética (39)

La mayor desventaja que presenta este sistema es que el tiempo de realización es bastante largo, más de 2 minutos, en los que el paciente ha de permanecer inmóvil, lo que aumenta la dificultad en niños de menor edad (80), así como su alto coste y la limitada disponibilidad (39).

Este método tiene un gran potencial para reemplazar los métodos establecidos con aplicaciones forenses, así como a nivel deportivo, en el que individuos sanos de edad desconocida a los que no estaría indicado someter a una exposición radiológica (39).



Figura 4. Imagen radiográfica y de resonancia magnética de una mano
Imagen tomada de Urschler 2016 (39)

- **Fases de desarrollo de la falange media del tercer dedo (MP3):** Hagg & Taranger y cols. (1982) comprobaron que el nivel de osificación de la falange media del tercer dedo de la mano sigue el brote de crecimiento puberal, y describieron cinco fases de desarrollo de esta región (60, 70, 92). Goto y cols. en 1996 emplearon una técnica similar sobre la osificación de la falange distal del dedo pulgar como un indicador de la maduración esquelética y determinación del crecimiento tardío mandibular de mujeres japonesas, así como el potencial de crecimiento remanente, ya que previos estudios de este grupo determinaron que la fusión de la epífisis y la diáfisis de la falange distal del primer dedo de produce entre 1 y 3 años después del máximo pico de crecimiento. En

1996, Abdel-Kader y cols. propusieron el uso de la técnica MP3 para evaluar el grado de maduración esquelética en la clínica dental (87, 92).

La forma de llevar a cabo este método es muy sencilla y fácil de aplicar, ya que solo es necesario realizar una radiografía del tercer dedo de la mano izquierda sobre una película de radiografía dental con el cono de la máquina de rayos perpendicular a la placa y en ligero contacto con el dedo (60, 87, 92). Rajagopal y cols. (2002) describen seis fases para determinar la maduración esquelética, añadiendo un estadio intermedio entre los dos últimos descritos por Hagg y Taranger y cols (70, 84) (fig. 5):

1. Fase MP3-F: es el inicio de la curva del brote de crecimiento puberal: la epífisis es tan ancha como la metáfisis; los finales de la epífisis son cónicos y redondeados; la metáfisis no muestra ondulaciones y el espacio radiolúcido, que representa la placa de crecimiento epifisario cartilaginoso, entre la epífisis y la metáfisis es ancho. Esta fase suele ocurrir al menos 2 años antes del pico de crecimiento puberal.

2. Fase MP3-FG: equivale a la aceleración de la curva del crecimiento puberal: la epífisis es tan ancha como la metáfisis; un borde medial y lateral distinto forma una línea de demarcación en el ángulo derecho del borde distal; la metáfisis comienza a mostrar una ligera ondulación y el espacio radiolúcido entre la metáfisis y la epífisis es amplio. Esta fase suele ocurrir al menos 1 año antes del brote de crecimiento puberal (84, 87, 92).

3. Fase MP3-G: se corresponde con el máximo punto del crecimiento puberal: los laterales de la epífisis han aumentado de tamaño y cubren la metáfisis, creando un borde distal agudo al menos en un lado; la marcada ondulación de la metáfisis le da una apariencia de “arco de Cupido” y el espacio radiolúcido entre la epífisis y la diáfisis es moderado.

4. Fase MP3-H: comienza la desaceleración de la curva del pico de crecimiento puberal: comienza la fusión entre la epífisis y la metáfisis; al menos uno de los lados de la epífisis forma un ángulo obtuso en el borde distal; la epífisis está comenzando a estrecharse; se observa una ligera convexidad debajo de la zona central de la metáfisis; la apariencia típica de “arco de Cupido” de la metáfisis no se observa, pero sí se puede observar una ligera ondulación, y el espacio radiolúcido entre la epífisis y la metáfisis es más estrecho (84, 92).

5. Fase MP3-HI: se produce en la fase de maduración de la curva de crecimiento puberal: la superficie superior de la epífisis tiene una suave concavidad; la metáfisis muestra una superficie ligeramente convexa, que casi encaja con la concavidad recíproca de la epífisis; no hay ondulación en la metáfisis y el espacio radiolúcido entre la epífisis y la metáfisis es insignificante (84).

6. Fase MP3-I: punto final del brote de crecimiento puberal: la fusión entre la epífisis y la metáfisis, sin espacio radiolúcido entre ambas, y una línea epifisaria radiopaca y densa forma la porción proximal de la falange media (84, 92).

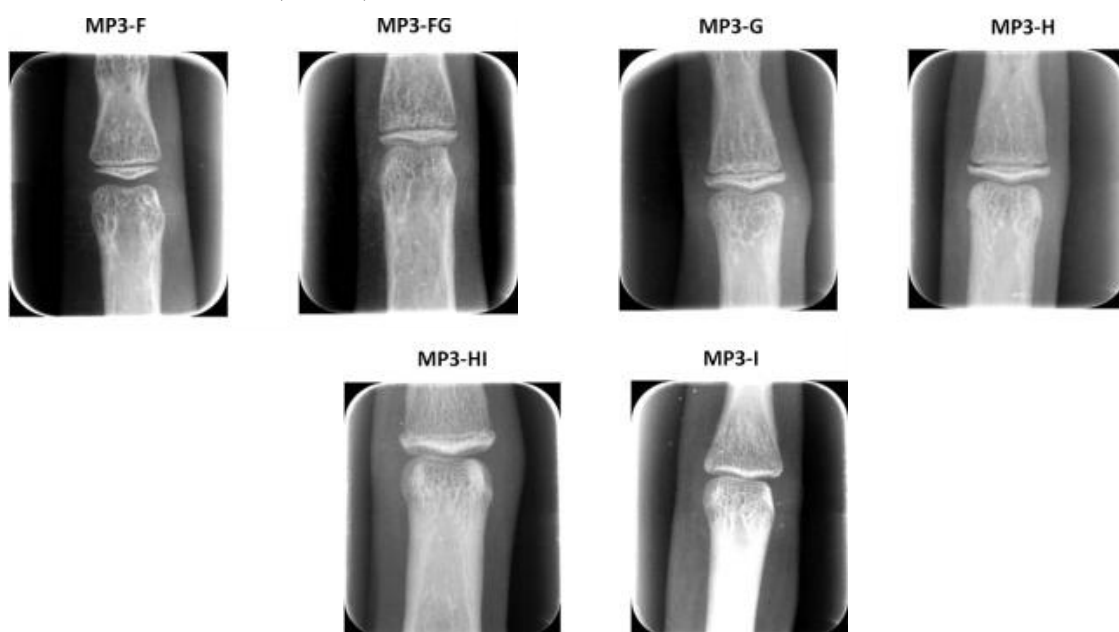


Figura 5. Fases de desarrollo de la falange del 3° dedo

Imagen tomada de Surendran 2014 (84)

A modo de resumen, el periodo anterior al pico de crecimiento coincide con las fases MP3-F y MP3-FG, el pico de crecimiento con la fase MP3-G y las fases finales de crecimiento se corresponden con las fases MP3-H y MP3-I. La manera de llevar a cabo la toma de imágenes radiográficas en este método es sencilla y suele ser bien aceptada por el paciente. El equipamiento requerido es también más barato y sencillo, ya que emplea la misma máquina de rayos que para tomar una radiografía intraoral (87, 60).

- **Método computarizado:** existen varias opciones para evaluar a edad ósea mediante sistemas computarizados, como el CASAS (*puntuación de la edad ósea asistido por ordenador*), basado en el método TW, en el que tras la digitalización de la imagen se representa la misma a través de una serie de coeficientes matemáticos, que se van a comparar con los que ofrece el método TW, seleccionando el que más se aproxime. Es un método más fiable que los manuales, pero como limitación cabe destacar el incremento de tiempo para determinar la edad ósea, ya que cada hueso debe ser localizado manualmente (80).

Otro sistema computarizado es el CASMAS (*sistema de maduración esquelética asistido por ordenador*), que evalúa automáticamente la maduración ósea, pero no se basa en el método TW, sino que extrae de forma automática imágenes digitales de las terceras falanges de escáneres computarizados de la muñeca y la mano, a partir de los cuales mide el ancho de la epífisis y las zonas donde hay un solapamiento de las metáfisis y epífisis de la tercera falange, para después, mediante un análisis de regresión múltiple, estimar la edad ósea (80).

El último método destacable es el BoneXpert (Visiana, Dinamarca), en el que se determina de forma automática los contornos de 13 huesos, el cúbito, el radio y 11 huesos cortos del primer, tercer y quinto dedo,

partiendo de una imagen digital, para calcular la edad ósea a través de puntuaciones en función de la forma, la densidad ósea y la estructura de la fusión de la placa de crecimiento, para luego transformarse en la edad ósea de los métodos GP y TW (80).

● **Determinación de la edad ósea en las vértebras:**

La radiografía del área de la mano y la muñeca es el procedimiento más empleado para la determinación de la edad ósea en un paciente en crecimiento, ya que se considera un método exacto y accesible (79, 91), pero en los últimos años se está cuestionando la necesidad de realizar radiografías adicionales a los niños (58, 91, 93). En Odontología, tanto en Odontopediatría como en Ortodoncia, las radiografías rutinarias laterales de cráneo van a mostrar la región de las vértebras cervicales, por lo que se propuso emplear estas imágenes para el estudio de la apariencia y el crecimiento de estos huesos a la hora de determinar la edad ósea del paciente infantil como alternativa al uso de la radiografía de muñeca (1, 26, 52, 58, 67, 79, 87, 89, 91, 94, 95).

Aunque la determinación de la edad ósea en los huesos de esta zona es un método ampliamente empleado tiene ciertas limitaciones, como la existencia de un polimorfismo y dimorfismo sexual en la secuencia, así como el tiempo de osificación de la zona, que puede llegar a limitar el uso clínico predictivo del método. También cabe destacar que los cambios en esta región van a mostrar el pico y la última etapa del brote de desarrollo puberal, pero no van a marcar el inicio del brote (89). La osificación de la región de las vértebras cervicales se va a iniciar en la vida intrauterina y va a continuar hasta la edad adulta, así que en esta zona es posible observar cambios óseos durante todo el proceso de crecimiento, cubriendo los periodos en los cuales puede ser necesario determinar la edad ósea en Odontología (94). El desarrollo de las vértebras cervicales se caracteriza por el cambio de una forma trapezoidal a una rectangular, con un aumento en la ratio anchura-altura, así como por la formación de una concavidad en el margen inferior. Sin embargo, este desarrollo no es tan progresivo con un final bien definido como el desarrollo de la mano o dentario (54)

Se encuentran datos referidos a la osificación de la región cervical desde las décadas iniciales del siglo XX. Autores como Lanier y Taylor o Todd y Pyle ya midieron los cambios que se producían durante el crecimiento de estos huesos en las radiografías laterales de cráneo (94). Lamparsky en 1972 ya empleaba las vértebras cervicales para valorar el grado de maduración ósea, siendo el primero en establecer un método que clasificaba el desarrollo óseo en función de las variaciones que se producían con el crecimiento a nivel de las vértebras cervicales, denominado *Cervical Vertebrae Maturation* (CVM). Este autor diseñó un atlas de imágenes en el que identificaba las

características morfológicas de la 2ª, 3ª y 4ª vértebra cervicales en radiografías laterales de cráneo a lo largo del crecimiento, para ambos sexos, en radiografías laterales de cráneo (79, 85, 87-89, 91, 94). Aunque parece un método sencillo de aplicar, se ha cuestionado con el tiempo su reproducibilidad (89), y en los casos en los que se coloque un collarín cervical para la realización de la toma radiográfica puede verse afectada la visibilidad de la región (87). En este momento existen una amplia variedad de métodos CVM, en los que pueden evaluar desde la imagen y la dimensión de las vértebras de forma cualitativa a otros en los que se llevan a cabo mediciones cuantitativas de la forma de las vértebras, ya sea de la altura y la anchura, o de los radios de estas, así como mediciones sobre la profundidad de la concavidad inferior de cada hueso y otras medidas más concretas, como el estudio de la forma geométrica o fórmulas de regresión lineal (52, 54, 89).

El estudio de la maduración esquelética a través mediciones sobre las vértebras cervicales es un método ampliamente empleado por odontólogos, ya que es un sistema sencillo, objetivo y reproducible realizado sobre una radiografía rutinaria, sin necesidad de realizar una toma radiográfica extra sobre la mano (51, 93). Su uso será empleado en aquellos casos en los que se necesite estimular o restringir el crecimiento maxilar y mandibular antes del brote de crecimiento puberal o cuando este está sucediendo (84, 88). Sin embargo, al ser un método basado en evaluaciones subjetivas, podemos encontrar autores detractores del sistema, sobre todo en términos de reproducibilidad y la naturaleza cuantitativa de la evaluación de la maduración de los métodos clásicos (52).

La técnica más empleada para determinación de la edad ósea a través de las vértebras cervicales en radiografía lateral de cráneo incluye 6 etapas (fig. 6):

- **CS1 (iniciación):** en el momento en que los extremos de la 2ª, 3ª y 4ª vértebra cervical (C2, C3 y C4) son planos y los cuerpos de C3 y C4 tienen aspecto trapecoidal. Esta fase sucede al menos 2 años antes del brote de crecimiento puberal y se mantiene entre el 80 y el 100% del crecimiento puberal.

- **CS2 (aceleración):** cuando sólo el extremo inferior de C2 es cóncavo y los cuerpos de C3 y C4 adquieren una forma trapecoidal. CS2 se produce un

año antes del brote de crecimiento puberal, manteniéndose entre un 65 a un 85% del desarrollo puberal.

- **CS3 (transición):** cuando los bordes inferiores tanto de C2 como de C3 muestran concavidades y los cuerpos de C3 y C4 tienen morfología trapezoidal o de rectángulo horizontal. Esta etapa marca la porción ascendente del brote de crecimiento puberal, con un desarrollo remanente entre el 25 y el 65%.

- **CS4 (desaceleración):** cuando los extremos inferiores de C2-C4 presentan concavidades y los cuerpos tanto de C3 como de C4 son rectángulos horizontales. CS4 marca el inicio del descenso del brote de crecimiento puberal, quedando ya solo un 10-25% de crecimiento remanente.

- **CS5 (maduración):** en el momento en que los bordes inferiores de C2-C4 son cóncavos y al menos uno de los cuerpos de C3 y C4 es cuadrado. Esta etapa se produce cuando ha transcurrido un año del brote de crecimiento puberal, momento en el que solo quedará un 5-10% de crecimiento puberal.

- **CS6 (terminación):** cuando los márgenes inferiores de C2-C4 son cóncavos y al menos uno de los cuerpos de C3 y C4 son rectángulos verticales. CS6 tiene lugar cuando han transcurrido al menos 2 años desde el brote de crecimiento puberal y ya no queda crecimiento remanente (51, 58, 67, 69, 83, 85, 87, 94).

Las etapas 1 y 2 corresponden al grupo prepuberal, la etapa 3 al grupo puberal y las 4, 5 y 6 al postpuberal (59, 96). Inicialmente se definían las curvaturas vertebrales cuando medían 1 milímetro o más, pero se observó que varios pacientes saltaban de etapa en menos de un año, por lo que se cambió el criterio y pasó a considerarse una curvatura a partir de 0,5 milímetros en adelante, lo que eliminó los saltos de etapas en menos de un año (96).

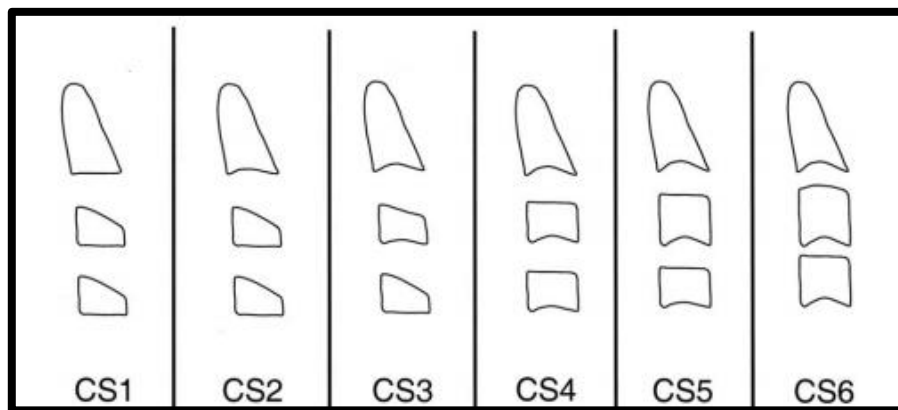


Figura 6. Evolución del desarrollo de las vértebras cervicales

Imagen tomada de Bacetti 2005 (69)

Las particularidades principales del método CVM, definidas por Franchi y cols., incluyen:

1. En casi en 95% de los sujetos norteamericanos, el transcurso del crecimiento en el CVM concuerda con el pico puberal tanto en crecimiento mandibular como en peso corporal.
2. Las vértebras cervicales se observan en la radiografía lateral de cráneo, utilizada de manera habitual en el diagnóstico en ortodoncia.
3. La valoración de la forma de las vértebras cervicales es sencilla.
4. La reproducibilidad de las fases de clasificación del CVM es elevada (98% en investigadores calibrados).
5. Esta técnica es ventajosa para el anticipación del pico puberal en el crecimiento mandibular (69, 94).

● **Determinación de la edad ósea en clavícula:**

El desarrollo postnatal del esqueleto humano se completa cuando en las epífisis del extremo esternal de las clavículas se produce la fusión en la tercera década de la vida (97), por lo que esta región ha sido objeto de estudio por muchos autores, debido a que el tiempo requerido para su fusión se produce alrededor del intervalo de edad que causa un gran interés en antropología forense. Esta es la razón por la que se utiliza como indicador de la edad en individuos vivos cercanos a la mayoría de edad legal, en aquellos casos en los que no se conoce con exactitud si son menores de edad o no (27, 28, 30, 41, 42, 97), ya que el resto de los indicadores de madurez no llegan hasta este grupo de edad (30, 97). En términos de aplicación práctica, el papel clave del proceso de osificación dependiente de la edad es principalmente proporcionar suficiente probabilidad de que un sujeto haya cruzado legalmente los límites de edad sobre los 17 años (97).

La osificación del cartílago epifisario de la clavícula comienza aproximadamente a los 16 años y continúa hasta los 21 años (41), observándose en términos generales que la fusión completa del extremo esternal de la clavícula tiene lugar a los 20 años en las mujeres y a los 21 en los hombres (43). En población española, los resultados de la investigación realizada por Benito y cols. en el año 2017, muestran que la edad más temprana de osificación completa del cartílago se produce a los 18,9 años en mujeres y a los 19,3 años en hombres (42).

La valoración se lleva a cabo por igual en ambos lados, ya que las diferencias entre uno y otro no muestran diferencias significativas, aunque cabe destacar que cuando se realiza esta prueba con motivos criminales, se debe tomar como referencia el lado menos desarrollado de los dos (43). El origen étnico, aparentemente no ejerce ninguna influencia notable en el grado de osificación, pero el estatus socioeconómico sí va a tener un impacto decisivo, ya que se ha observado que en aquellos jóvenes con un nivel socioeconómico muy bajo se retrasa el grado de desarrollo óseo en la zona (43).

Las fases de la fusión del cartílago de esta zona fueron establecidas en el año 2008 por Schulz y cols., clasificándolas en cuatro, aunque también existe otro método que las separa en cinco fases, establecido por Schmeling y cols:

- **Fase 1:** el centro de osificación no es visible. El extremo esternal de la clavícula se encuentra al final de una línea recta.

- **Fase 2:** aparece el centro de osificación que dará lugar a la epífisis esternal de la clavícula. Se manifiesta como un punto blanco que comienza a observarse después de una interrupción en la diáfisis; normalmente, aunque no siempre, no está alineado con la línea de la diáfisis, sino que se localiza varios milímetros por debajo. Se puede observar una separación entre en la diáfisis y la epífisis que mide entre 3mm y 1cm.
- **Fase 3:** el centro de osificación se puede seguir viendo, y además de esto, se pueden localizar otros puntos de osificación en la línea de la diáfisis clavicular, justo debajo de la metáfisis. La epífisis esternal (el punto principal de osificación) está alineada con la línea de la diáfisis. El espacio que separa la diáfisis y la epífisis se vuelve más pequeño, ya que casi se fusionan (<3mm).
- **Fase 4:** la fusión del centro de osificación se completa. Se puede ver que el extremo esternal de la clavícula acaba en una línea que normalmente es curva con tendencia hacia abajo, aunque a veces acaba en una línea recta, que no debe ser confundida con la fase 0 (42, 43, 97).
- **Fase 5:** el cartílago epifisario se ha fusionado de forma completa y no se observa la cicatriz epifisaria (43).

Kellinghaus y cols. (2010) establecieron tres subfases para las fases 2 y 3, como se puede ver en la siguiente imagen (fig. 7) (28, 30, 97). Estos autores consideran que cuando se observa una fase IIIc se han alcanzado los 18 años y una fase IV equivale a los 21 años (97).

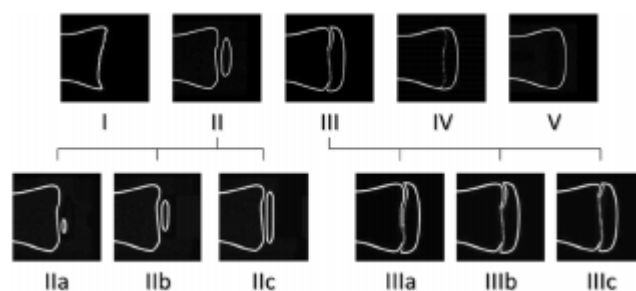


Figura 7. Desarrollo del extremo medial de la clavícula

Imagen tomada de Schmidt 2017

Hoy en día se recomienda utilizar escáneres, ultrasonidos o resonancias magnéticas de la clavícula para evaluar las fases de la osificación del cartílago epifisario en vez de realizar una radiografía de la región (30, 41, 42, 97), siendo la tomografía computarizada el gold standard para la evaluación forense de la clavícula, en aquellos casos en los que el desarrollo óseo de la mano ya haya finalizado, ofreciendo una elevada aceptación, practicidad y fiabilidad (97). Una vez conseguidas las imágenes, se realiza la observación de cada uno de los finos cortes del escáner para establecer el grado de osificación de la zona, disminuyendo la precisión al aumentar el grosor de los cortes (28, 30). Se ha demostrado que cortes de las imágenes con un grosor mayor de 1mm pueden llevar a una determinación más adelantada de las etapas de osificación (30)

El debate ético sobre este método de estimación de la edad se basa en la morbilidad por radiación, por lo que se están buscando otras opciones menos agresivas, aunque actualmente se permite la realización de estas pruebas diagnósticas sin intención terapéutica y diagnóstica, siempre y cuando haya una fuerte evidencia de la necesidad de llevarlas a cabo (28). El ultrasonido es un método no invasivo, más económico, rápido y ambientalmente racional (42), sin embargo hay que tener en cuenta que el poder diagnóstico de esta técnica no es tan bueno como el de la tomografía o la radiografía, debido a que solo muestra la parte superficial del hueso y que potencialmente sobreestima el estado actual de la fusión de la epífisis clavicular (42) y no está claro si es posible comparar los datos que derivan de las imágenes radiográficas con los datos obtenidos con este método (30).

3.3. DETERMINACIÓN DE LA EDAD DENTARIA

La *edad dentaria* de una persona es un índice de edad biológica en función de la formación de los dientes permanentes durante la infancia y la adolescencia (74). Esta edad es un punto clave en Odontología Legal y Forense, ya que tiene una gran utilidad en el momento de establecer la edad biológica en individuos en crecimiento, junto con la maduración esquelética o sexual, por lo que tiene asociadas una serie de implicaciones legales (18, 19, 56, 98). En pediatría también puede utilizarse en aquellos pacientes que presenten alteraciones metabólicas o síndromes, así como en pacientes sanos a la hora de valorar las desviaciones del patrón eruptivo normal (16, 71).

En Odontología, desde un punto de vista clínico, determinar la edad dentaria de un paciente del que conocemos la edad cronológica permite establecer una correlación entre ambas, que puede ser un pilar fundamental en el momento de establecer un plan de tratamiento individualizado y un método de diagnóstico alternativo en casos de alteraciones en la maduración o crecimiento del paciente infantil (6, 18, 19, 60, 62, 66-68 99-101). En Ortodoncia, conocer la edad dentaria del paciente en el que se va a iniciar un tratamiento puede ser clave a la hora de planificar el mismo, en relación con el crecimiento de los huesos de la región máxilo-mandibular (6, 32, 56, 66, 68, 99-101).

La técnica de estimación de la edad basada en la obtención de radiografías de muñeca puede resultar insuficiente cuando se emplea de forma aislada. Con el objetivo de aumentar la precisión diagnóstica y como ayuda para la identificación de alteraciones del desarrollo relacionadas con la edad, debería considerarse la realización de diferentes técnicas de estimación de la edad en cada individuo. Ciertos autores plantean la conveniencia de realizar estudios combinados de valoración de la edad tanto ósea, en radiografías de muñeca, como dentaria (22, 23, 46).

El desarrollo dentario es un proceso de múltiples niveles, e implica interacciones moleculares y celulares, que tienen resultados fenotípicos clínicos y macroscópicos. El proceso del desarrollo dentario es multidimensional, requiriendo el desarrollo en las tres dimensiones del espacio, implicando también al tiempo, la cuarta dimensión. Es un proceso progresivo, que se produce durante un periodo extenso de tiempo, en momentos críticos del desarrollo (53). El desarrollo dentario infantil va a estar menos influenciado por factores externos que la maduración ósea. Además, se ha demostrado la existencia de una correlación positiva entre la mineralización de los dientes permanentes y la

osificación esquelética, por lo que se contempla que el estudio de la odontogénesis es el modelo más fiable actualmente para la determinación la edad biológica de un individuo subadulto (6, 18-20, 35, 45, 53, 61, 66, 71, 98-100, 102-105). Con el paso de los siglos no se ha observado una aceleración en el desarrollo de los dientes permanentes, por lo que se asume que la dentición humana parece estar definida genéticamente y menos afectada por otros factores externos (103, 104).

A pesar de esto, sigue existiendo un debate acerca de si el desarrollo dentario va a estar influenciado o no por factores como el clima, la nutrición o las enfermedades crónicas e infecciosas (17, 37). Los estudios sobre la asimetría dental fluctuante, que se cree que es causada por la respuesta al estrés, no son concluyentes. A pesar de que el tamaño dentario y la morfología básica son percibidos generalmente como relativamente inmunes a alteraciones mayores en comparación con otros indicadores de crecimiento, la amplia presencia de hipoplasias de esmalte en diferentes poblaciones, da fe de un cierto nivel de alteración que afecta a la morfología dental (17)

La mayor parte de los métodos para la determinación de la edad dentaria están basados en el nivel de mineralización de los gérmenes de los dientes permanentes en radiografías, aunque también existen sistemas que evalúan la edad en función de la emergencia dentaria (18, 35, 56-58, 61, 65, 66, 68, 72, 84, 88, 98, 100, 106), de forma menos precisa, ya que la emergencia del diente en la cavidad oral es muy difícil de determinar con precisión, al suceder en un momento puntual, que puede estar influenciado por otros factores como infecciones o alteraciones en la reabsorción normal del diente temporal, como anquilosis o posiciones ectópicas (68, 88, 98, 107). Otra forma empleada para la determinación de la edad dentaria evalúa el grado de reabsorción de la raíz del diente temporal, ya sea en incisivos, caninos o en las raíces de los molares temporales por separado, menos empleada debido a su mayor dificultad a la hora de ser evaluada, ya que el margen de reabsorción no siempre está perpendicular al eje largo de la raíz del diente, pero puede tener utilidad en casos en los que hay ausencia del diente permanente (107). La calcificación del diente permanente, sin embargo, se trata de un proceso continuo en el tiempo que puede ser evaluado con métodos más fiables y menos subjetivos, como las radiografías (6, 20, 61, 66, 84).

La emergencia dental se define como el proceso de migración del diente a través de la encía hasta alcanzar el plano oclusal, en ocasiones se denomina de forma errónea erupción, aunque solo es una de las fases del proceso eruptivo. Esta fase va a estar más

influenciada por factores externos, como la extracción prematura o tardía del diente temporal, anquilosis, infecciones, impactación o falta de espacio. Sin embargo, el desarrollo del diente permanente no se ve afectado por estos factores (56, 57, 65, 66, 108, 109). Si la emergencia dentaria fuese el método empleado para determinar la edad dentaria, habría un periodo de aproximadamente tres años en los que no se podría estimar, ya que se produce un periodo de descanso entre el fin de la emergencia de la dentición temporal y el inicio del recambio de la dentición permanente en el que no observamos cambios clínicos (56, 66).

El momento normal en el que se produce la emergencia de un diente se produce cuando ya están formadas unas tres cuartas partes de la longitud radicular, aunque se han encontrado grandes desviaciones sobre esa pauta (56). La formación del diente permanente comienza en el periodo intrauterino y se va a prolongar durante toda la infancia y la adolescencia hasta la edad adulta (105).

Desde el siglo XIX se ha empleado la dentición con la intención de determinar la edad de los individuos subadultos. En 1836, Thomson en la Universidad de Londres estableció que se podía determinar la edad cronológica de un individuo en función del momento en el que los dientes hacían emergencia en la cavidad oral, y en 1837 Saunders planteó ante el Parlamento Británico que este método podía ser empleado para intentar establecer la edad de niños a los cuales sus padres intentaban explotar laboralmente mediante la falsificación de la edad cronológica (16). En Inglaterra y Gales, los niños no podían trabajar en las fábricas mientras no hubieran cumplido los 6 años, valorándose la presencia del primer molar permanente como indicador de la edad (64). Cuando se incorporaron los rayos X de forma rutinaria a la medicina, los investigadores tuvieron en su poder herramientas más precisas para determinar el grado de desarrollo y crecimiento de los individuos (16). En el año 1896, un año después de que se descubrieran los rayos X, ya se empleaba la radiología en las ciencias forenses (104).

- **Métodos de determinación de la edad dentaria:**

Tenemos disponibles diferentes métodos a la hora de determinar el grado de maduración dentaria y determinar la edad biológica en función de esta. La mayoría de ellos se basan en el análisis de los estados de formación de los distintos dientes, definidos sobre imágenes radiográficas (18, 66). Las imágenes de los molares maxilares se encuentran superpuestas con las estructuras anatómicas adyacentes, como la pared posterior del seno maxilar, el arco cigomático o el proceso cigomático, por lo que los dientes mandibulares suelen ser los empleados para la determinación del grado de desarrollo dentario, al verse su anatomía de forma más evidente en radiografías (46, 62, 84, 85).

No existe un método único y universal para la determinación de la edad dentaria sobre radiografías, ya que la precisión de estos métodos va a variar en función del grupo étnico sobre el que se aplique (31, 73, 100). Se considera que el mejor procedimiento es aquel en el que se obtenga una menor discrepancia entre la edad cronológica conocida y la edad dentaria estimada (73, 105), ofreciendo resultados precisos, fiables y comparables cuando sea empleado por diferentes investigadores (73). Las radiografías empleadas para la determinación de la edad dentaria van desde la radiografía oblicua mandibular de Lewis & Garn de 1957, las radiografías intraorales en los estudios de Nolla y cols. de 1960, y por último la radiografía panorámica, que es el método más utilizado en la actualidad (20, 31, 38, 84), al mostrar el total de la dentición en una sola imagen radiográfica (68).

Existen numerosas técnicas disponibles que utilicen la radiografía panorámica, pero la más empleada por su fácil aplicación, simplicidad, bajo nivel de radiación e intereses prácticos es la que desarrollaron Demirjian y colaboradores en 1973 (12, 13, 15, 18, 22, 34, 35, 37, 38, 45, 59, 66-68, 71, 82, 88, 98, 100, 102, 103). Este método es considerado como el sistema de puntuación de madurez universal (45).

- **Método de Demirjian:**

Sistema publicado en 1973, modificado posteriormente en 1976, empleado en la estimación de la edad dentaria que se fundamenta en determinar el nivel de maduración de los gérmenes de los dientes permanentes sobre radiografías panorámicas. La muestra sobre la cual se estableció este método fue de 2928 niños franco-canadienses con edades entre los 2 y los 20 años (14, 17, 18, 34, 35, 53, 66, 68, 72, 98, 100, 102, 104, 110).

Este método emplea el nivel de maduración de los 7 gérmenes de los dientes permanentes del lado inferior izquierdo (18, 20, 26, 35, 37, 45, 53, 98, 100, 105). Divide la formación del diente en 8 fases, desde el inicio de la calcificación de la corona hasta el final del desarrollo apical, con criterios diferentes para cada fase y para cada diente, que van a obtener una puntuación de acuerdo con un modelo estadístico, diferentes en función del sexo del individuo estudiado. La suma de la puntuación de los 7 dientes permite obtener un valor final de maduración dental, que se convierte en edad dentaria a través de unas tablas y curvas de percentil (12, 17, 18, 20, 35, 37, 45, 53, 62, 65, 67, 98-100, 105, 110, 111). En el caso de que haya alguna ausencia de alguna pieza dentaria en el lado izquierdo se sustituirá por la correspondiente del lado derecho (51, 99).

La reproductividad del método de Demirjian es elevada, ya que proporciona unas descripciones claras y detalladas de cada una de las fases, acompañadas de una imagen, en la que se describen longitudes relativas de la raíz y la corona (6, 22, 58, 65, 67). Este último detalle nos va a permitir que el elongamiento o acortamiento que a veces tiene lugar en las radiografías panorámicas no afecte a la hora de usar este método (59, 61, 67).

En el primer sistema presentado en 1973 se encontraban dos fallos. El primero era que no consideraba el caso en el que hubiese alguna ausencia en el lado izquierdo y que el diente del lado derecho tampoco se pudiese evaluar. La segunda limitación era que no se estimó la edad en el número suficiente de niños de los extremos de edad, es decir muy pequeños y adolescentes tardíos, lo que se traducía en que faltaban algunas etapas de desarrollo iniciales, y en los percentiles no se encontraban los datos que deberían hacer referencia a las

edades más altas (106). Para solucionar estas limitaciones se amplió el tamaño muestral, sobre todo de los conjuntos de mayor y menor edad y se incluyeron dos etapas adicionales para incluir las edades entre los 2,5 y los 17 años (106, 110).

El sistema actualizado se publicó en 1976, incluyendo las modificaciones anteriores, así como dos métodos parciales en las que se estudiaban solo cuatro dientes, para que se pudiese evaluar la edad dentaria en radiografías periapicales también:

- PM1: estimaba el primer y segundo premolar y el primer y segundo molar permanente del lado izquierdo de la mandíbula.
- IN2: estimaba el incisivo lateral, primer premolar, segundo premolar y segundo molar permanente del lado inferior izquierdo (68, 71, 99, 102, 105, 110).

Un punto clave a la hora de aplicar este método es la población sobre la que se va a realizar el estudio, ya que numerosos autores refieren diferencias en la cronología en función de la procedencia de los individuos estudiados, al ser la población inicial de origen franco-canadiense, y no se pueden extrapolar los datos a otras poblaciones (6, 13, 17, 18, 19, 38, 45, 65, 66, 71, 72, 105). Estas discrepancias halladas pueden ser debidas a la nutrición, el clima, las condiciones socioeconómicas o las condiciones genéticas (6, 17, 65, 99, 100), aunque las diferencias entre grupos étnicos no son totalmente comprendidas (17), por lo que se hace necesario adaptar el sistema de puntuaciones del método a la región geográfica sobre la que se va a hacer el estudio, para intentar eludir la sobreestimación o subestimación de la edad dentaria (6, 15, 18, 31, 65, 66, 100, 105). En ausencia de estándares específicos para una población determinada, se emplearán como referencia los datos de otras regiones o poblaciones, a menudo sin considerar si son apropiados o no para su comparación (17).

A pesar de que este método es considerado sencillo de usar y con una alta fiabilidad en comparación con otros, presenta una serie de limitaciones:

- La precisión va a ser mucho mayor cuanto menor sea la edad del individuo estudiado, perdiéndose esta a partir de los 15-16 años, momento en el que la mayoría de los dientes permanentes han terminado su formación, excepto los

terceros molares. En los niños más pequeños encontramos un alto número de etapas de desarrollo dentario que cubren breves lapsos de tiempo (6, 31, 36, 103, 110), mientras que cuanto más desarrollada esté la dentición, los cambios más mínimos van a producir un aumento drástico de la edad (45).

- Está fundamentado en la observación mediante radiografías (103).
- La elección de la fase de desarrollo en la que se encuentra cada diente es subjetiva, por lo que en algunos casos se complica la aplicación del método (103, 111). Esto sobre todo sucede en aquellos estadios en los que hay que estimar la fracción de la raíz que queda por desarrollarse en función del tamaño de la corona (101).
- Se ha advertido una tendencia secular positiva de aceleración del desarrollo dentario, por lo que los datos sobre la maduración que se obtuvieron en los años 60 pueden no representar a los individuos del siglo XXI (6, 12, 65).
- Este método produce una sobreestimación de la edad, por lo que se ha cuestionado su aplicabilidad en ciencias forenses, donde se requiere una precisión y reproducibilidad elevada (13, 35, 45, 53, 71). Está diseñado para su uso clínico, en aquellas situaciones en las que el profesional conozca la desviación de la madurez dental de un individuo (45)

Las fases en las que se divide el método de Demirjian son las siguientes:

- **Fase A:** se inicia la calcificación de los puntos oclusales sin la fusión de las diferentes zonas de calcificación.
- **Fase B:** Unión de los puntos de mineralización; el contorno de la superficie oclusal es reconocible.
- **Fase C:** La formación del esmalte ha concluido en la superficie oclusal y ha comenzado la formación de la dentina. La cámara pulpar es curva, y los cuernos pulpares no son visibles.
- **Fase D:** La formación de la corona ha finalizado a nivel de la unión cemento-esmalte. La formación de la raíz ha comenzado, los cuernos pulpares se empiezan a diferenciar, pero las paredes de la cámara pulpar se mantienen curvas.

- **Fase E:** la longitud radicular es más corta que la coronal. Las paredes de la cámara pulpar son rectas, y los cuernos pulpares están más diferenciados que en la fase anterior. En los molares, la bifurcación radicular se ha comenzado a calcificar.
- **Fase F:** las paredes de la cámara forman un triángulo isósceles, y la longitud de la raíz es igual o mayor que la de la corona. En los molares, la furca se ha desarrollado suficientemente para dar a las raíces su forma distintiva.
- **Fase G:** Las paredes de los canales pulpares son actualmente paralelas, pero en el ápice está parcialmente abierto. En los molares, solo la raíz distal está abierta.
- **Fase H:** el ápice radicular está cerrado por completo (incluso la raíz distal en los molares). La membrana periodontal que rodea la raíz y el ápice tiene una anchura uniforme (14, 31, 58, 59).

En la figura 8 se puede ver un ejemplo de la determinación de la edad dentaria mediante el método de Demirjian.



Figura 8. Ejemplo de determinación de las fases del método de Demirjian

Imagen tomada de Kelmendi 2018 (68)

- **Método de Willems:**

En el año 2001, Willems y cols. desarrollaron un sistema diferente en 2116 niños belgas que adecuaba y facilitaba el sistema de Demirjian, consiguiendo una mayor efectividad a la hora de determinar la edad biológica. En ese estudio utilizaban las correcciones de Bonferroni para convertir las puntuaciones de maduración en la edad dentaria, lo que minimizaba la inexactitud de cálculo a la hora de obtener directamente la edad dentaria para cada una de las fases del desarrollo dentario, separando en tablas para niños y para niñas (13, 17, 34, 35, 38, 53, 68, 71, 98, 110). Willems y cols obtuvieron una sobreestimación de la edad dentaria de 0,6 años en mujeres y de 0,5 años en hombres, que los llevaron a establecer unas nuevas tablas de puntuaciones sobre población belga (17, 108). A pesar de que aparentemente se obtenían resultados más precisos y con más fiabilidad a nivel forense, se han publicado menos estudios empleando este método y es menos utilizado (6, 12, 13, 17, 34, 53, 65, 72, 76, 98, 101, 105).

El metaanálisis de Modh Yusof y cols. (2017) concluía que el método de Willems mostraba resultados de subestimación y sobreestimación de la edad, con unos valores medios de -0,28 a +0,33 años en varones y de -0,13 a +0,22 en mujeres (34, 76). Este método obtiene mejores resultados sobre población caucásica que sobre población asiática, al ser la muestra original belga, debido a las diferencias étnicas (98).

○ **Método de Mincer (3º molar):**

Una de las principales dificultades encontradas a la hora de determinar la edad dentaria en adolescentes es que, a partir de los 16 años, la formación de los dientes permanentes ha terminado, excepto la del 3º molar permanente, el último diente en hacer emergencia en la cavidad oral y en finalizar la formación (15, 46, 75, 78, 112-115). Además, determinar la edad ósea sobre los huesos de la mano y la muñeca en estas edades también se complica, ya que en la mayoría de los casos se ha completado la maduración ósea de la zona (27, 113-115). Una vez finalizado el desarrollo radicular del 3º molar ya no existe otra opción para determinar la edad en función de la formación dentaria (78).

Según los estadios establecidos en los trabajos de Demirjian y cols. se puede determinar la edad dentaria valorando de forma exclusiva el estado de maduración del tercer molar permanente (fig. 9) (31, 46, 115). Sin embargo, este diente es el que con mayor frecuencia no está presente en la dentición, con una morfología coronal y radicular muy variable, así como su secuencia de desarrollo y erupción (4, 27, 45, 61, 113), aunque puede ser el punto clave en la determinación forense de la edad de individuos jóvenes (27, 41). Los resultados van a ser más precisos cuando se evalúan todos los terceros molares que si solo se valora uno individualmente y tenderá a sobreestimar la edad (75).

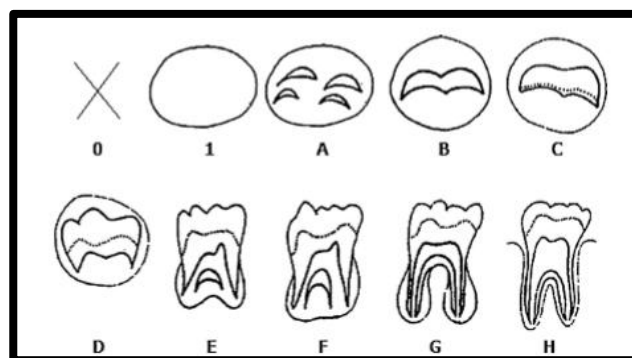


Figura 9. Dibujo de las 8 fases de desarrollo del 3º molar

Imagen tomada de De Oliveira 2012 (112)

Aunque en la literatura no hay un acuerdo completo sobre la correspondencia de las diferentes etapas de maduración radicular del 3° molar y la edad, hay una aceptación a la hora de establecer que se considera adulto a cualquier persona que haya alcanzado el último estadio de formación del ápice del molar (78). También se destaca que cuando los ápices del tercer molar han finalizado su formación, el crecimiento mandibular habrá terminado (51).

Se considera que lo más probable es que un sujeto tenga más de 18 años en el momento en el que el tercer molar alcance un estadio de desarrollo F o G, tanto en hombres como en mujeres (115), siendo seguro que la edad es superior a los 18 años cuando alcanza un estadio H (46), aunque por el grado de variabilidad tan amplio que presentan han de ser empleados con cautela a la hora de determinar la edad (4, 61, 113).

El sexo va a tener una ligera influencia en el momento de determinar la edad en función del grado de mineralización del 3° molar permanente, destacando la mayoría de los estudios que el cierre radicular se va a producir antes en hombres que en mujeres, aunque otros no encuentran marcadas diferencias en este aspecto (31, 46, 116).

El origen de la persona a estudiar puede influir en la mineralización dentaria, por lo que, al igual que en método de Demirjian, hay estudios realizados en distintas poblaciones, destacando la importancia de la adaptación de estos valores a la hora de utilizar este método (46, 112, 116). Estudios como el de Duangto y cols. (2016) establecen que el estadio 1 de mineralización del 3° molar se observa en torno a los 9 años en población tailandesa, similar a lo destacado por estudios en población china y turca, pero este evento se produce antes en niños coreanos y posteriormente en brasileños, austriacos, alemanes y japoneses. El último estadio de mineralización (estadio H) en esta población se comienza a observar a los 21-22 años (46).

○ **Método de Nolla (1960):**

En los años 60 en la Universidad de Michigan, Nolla fue la primera investigadora en instaurar un método que emplease las radiografías dentales con la intención de estimar la edad dentaria. A un grupo de 50 niños, les realizó radiografías extraorales lateral de la mandíbula de ambos lados, radiografía oclusal maxilar y mandibular, así como radiografías periapicales de sectores laterales mandibulares (109).

En este método, en el que se utilizan radiografías periapicales de los dientes a estudiar, se le asignaba a cada pieza dentaria un valor comprendido entre el 1 (ausencia de calcificación) y el 10 (ápice cerrado), en función de la longitud de la misma, incluso con valores fraccionales en los casos en los que se hallara entre dos de estos (fig. 10). Una vez valorados cada diente de forma individual se suman los valores obtenidos, comparándose el resultado con la suma media para cada sexo, para después calcular la edad dentaria (37, 101, 109).

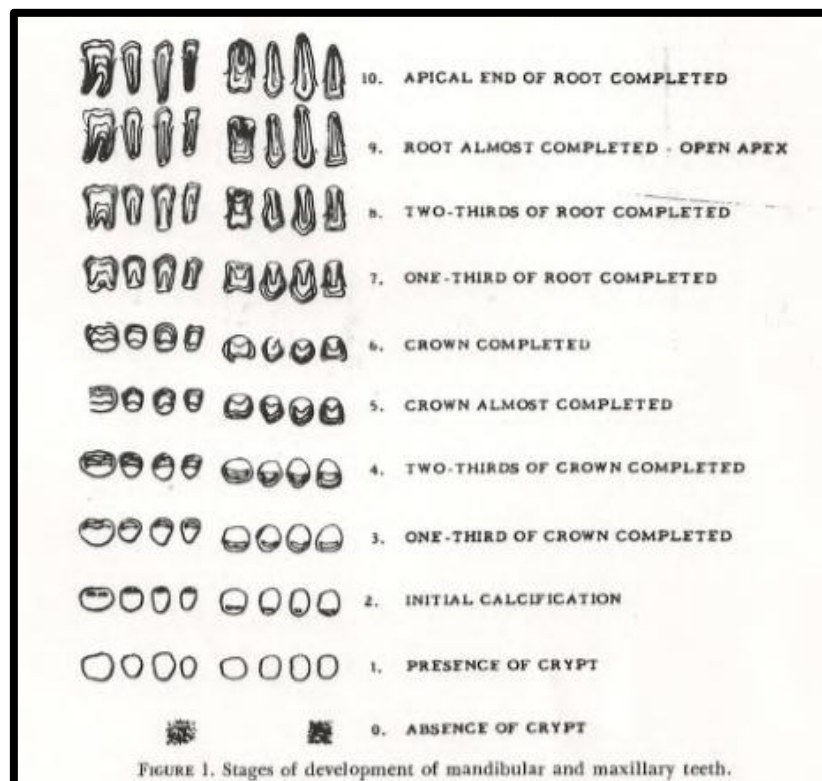


Figura 10. Fases de desarrollo según el método de Nolla

Imagen tomada de Nolla 1960 (109)

Este método se fundamenta en el que diseñó Pinney en el año 1939, en el que, mediante una serie radiográfica periapical de un individuo, se estudió el desarrollo de los dientes mandibulares. Posteriormente Nolla lo modificó para convertirlo en uno de los primeros sistemas que permitían evaluar el desarrollo dentario a lo largo del tiempo, así como ponderar la maduración dentaria (101).

○ **Método de Camerière:**

Con este método, establecido por Camerière y cols. en Italia en el año 2006 se pretende medir en radiografías periapicales de los mismos dientes evaluados por Demirjian, la disminución del tamaño de la cámara pulpar en los premolares y caninos permanentes, debida al depósito de matriz dentinaria que producen los odontoblastos. Se ha observado una relación inversa entre la edad y la ratio diente-pulpa, siendo mayor la reducción de la cámara pulpar cuanto mayor sea el individuo estudiado, lo que lleva a pensar que la aposición de dentina secundaria podría ser un buen indicador de la edad dentaria en sujetos adultos (9, 12, 33, 53, 57, 73). Este estudio se llevó a cabo sobre una amplia muestra de población europea, incluyendo a personas de varios países, como croatas, alemanes, italianos, kosovares, eslovenos, españoles e ingleses (57, 73).

Para la aplicación del método de Cameriere, en primer lugar se calcula el número de dientes con cierre completo radicular y ápice cerrado (N_0), después se mide en los dientes con una única raíz la distancia entre los lados internos del ápice abierto, mientras que para los de dos ápices se sumaban ambas distancias (fig. 11). Finalmente se lleva a cabo la siguiente fórmula:

$$\text{Edad} = 8.791 + 0.375 g + 1.631 \times 5 + 0.674 N_0 - 1.034 s - 0.176 s \cdot N_0.$$

G es una variable que equivale a 1 para los hombres y a 0 para las mujeres (12, 57, 73).

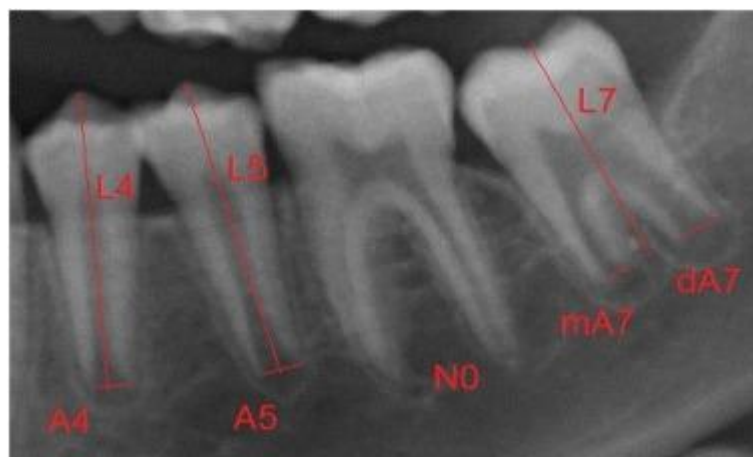


Figura 11. Ejemplo de las mediciones del método de Camerière

Imagen tomada de Halilah 2018 (57)

Este método puede producir una subestimación de la edad en aquellos grupos en los que ésta es mayor, mientras que en los más pequeños lo que se observa es una sobreestimación (57) Existen varias razones detrás de la subestimación de los grupos más altos de edad, siendo la principal que como la mayoría de los dientes han terminado su maduración en estas cohortes de edad, los que tienen una formación incompleta representan la minoría o los que tienen una maduración retrasada. Con el aumento de la edad y la maduración, el número de dientes en desarrollo disminuye, por lo que alrededor de los 14 años solo el 3° molar se mantiene incompleto (57)

Este equipo de investigación también estableció un sistema específico para la estimación de la edad midiendo la anchura del ápice del 3° molar permanente (I_{3M}), que consiste en una correlación entre la anchura del ápice abierto radicular y la longitud de la raíz; cuando la raíz está cerrada $I_{3M} = 0$, y en los casos de desarrollo incompleto el índice se evalúa sumando las distancias internas de los ápices y dividiendo por la longitud de la raíz, estableciendo un valor de 0,08 como corte, siendo menor esta anchura cuando la persona tiene más de 18 años, con un porcentaje de acierto del 83% de la muestra inicial llevada a cabo sobre población italiana (33).

○ **Métodos que se basan en el diente en desarrollo:**

Los sistemas más utilizados son los que se basan en la valoración subjetiva de las etapas de formación de la corona y la raíz, como técnica alternativa para la estimación de la edad dentaria (117). Estos métodos son:

- Mörnstad, Staaf & Welander: basado en ecuaciones de regresión, manejando un número de parámetros de la altura de la corona, longitud de la raíz y anchura del ápice de distintos dientes y edades, tomando como base radiografías panorámicas de niños suecos con edades comprendidas entre los 6 y los 14 años.
- Liversidge & Molleson: las ecuaciones de regresión de este sistema se basan en información sobre la longitud radicular de una población de Spitalfields, en Londres, del siglo XVIII. Está basado en mediciones directas, así como en medidas radiográficas de cada diente; la edad se determinaba a partir de la longitud de la raíz del canino, los dos premolares y segundo molar, además de con una media de todos los dientes disponibles de cada sujeto, combinando los datos de ambos sexos.
- Carels, Kuijpers-Jagtman, Van der Linden & Van't Hof: esta técnica fue ajustada a partir de las longitudes dentarias de “cartas de edad” de niños de procedencia alemana, con ecuaciones de regresión específicas tanto para hombres como para mujeres. La edad se deducía a partir de la longitud del canino, los premolares y el segundo molar, y calculando una media de cada sujeto (117).

3. 4. USOS DE LA MANDÍBULA EN ANTROPOLOGÍA FORENSE

La mandíbula o maxilar inferior es el hueso de la cara más denso y largo (118, 119). Es el único hueso movable de los que componen la región craneofacial y está formado por un fragmento curvo horizontal, denominado el cuerpo, y dos fragmentos perpendiculares, las ramas mandibulares, unidos al cuerpo por el ángulo mandibular. En cada rama podemos observar el cóndilo mandibular en la región posterior, que va a articular con la fosa mandibular y el tubérculo articular del hueso temporal, formando la articulación témporomandibular (ATM), así como la apófisis coronoides, lugar de inserción del músculo temporal (118). La mandíbula se va a formar a partir de dos hemi-mandíbulas simétricas, que se van a unir después del nacimiento (120).

El crecimiento mandibular es un evento complejo y con peculiaridades propias que lo hacen diferente en cada individuo. A diferencia del resto de los huesos del cuerpo, que por norma general crecen en incrementos, en los huesos craneales se va a producir un fenómeno de remodelamiento que implica un desplazamiento primario y secundario (86).

La mandíbula, al nacer, es un hueso basal que incluye a los gérmenes de los dientes, encapsulados en alveolos abiertos por el área superior. La rama mandibular es corta y sobresale levemente. En la línea media está presente un remanente cartilaginoso, que es el que permite un crecimiento transversal rápido durante los primeros meses de vida hasta su osificación, que se produce a partir de los 6 meses de vida. La región anterior de la mandíbula se vuelve más compacta, aumentando en anchura y desarrollándose una capa cortical fuerte; aunque el crecimiento transversal o anteroposterior es escaso. La mandíbula aumenta su longitud mediante adiciones en la parte dorsal (121).

En general, se puede observar un patrón de crecimiento vertical y otro horizontal, que en la mayor parte de los individuos está equilibrado, aunque hay algunos casos que van a presentar un predominio de uno de ellos sobre el otro, produciéndose un desequilibrio que puede llevar a la aparición de una alteración en la oclusión (5, 86).

En la primera infancia, la rama es relativamente más corta, con el ángulo gonial marcado y obtuso, el borde anterior recto y el cóndilo mandibular se localiza casi a la

misma altura que el plano oclusal dentario. Según el individuo va creciendo, la rama se va haciendo progresivamente más larga, curvándose el borde anterior y reduciéndose la angulación del ángulo gonial (2, 5). Cuanto más joven sea el sujeto, más evidente será el ángulo gonial, lo que se asocia con una curvatura posterior más marcada del borde inferior del cuerpo mandibular. A lo largo de este proceso de crecimiento y desarrollo, el cuerpo lateral y la sínfisis mandibular aumentan relativamente de dimensiones y el arco dentario toma una forma parabólica (2). Las regiones mandibulares en las que se va a observar un mayor aumento de las dimensiones verticales son la rama, las apófisis coronoides, el cuerpo lateral y la sínfisis mandibular, lo que se asocia con un cambio al pasar de una escotadura mandibular poco profunda y amplia a una forma más estrecha y profunda (2).

El desarrollo del cóndilo mandibular está muy relacionado con el crecimiento de la mandíbula. El cartílago secundario se forma en la superficie del cóndilo óseo durante la duodécima semana de vida intrauterina, y no se transforma del todo en hueso hasta los 20-25 años, pudiendo servir la mineralización de esta región como indicador de la edad de la persona estudiada (27). La condrogénesis condilar empieza con la osificación endocondral en el periodo fetal, se produce lentamente, y el cartílago condilar es fino. Después de la maduración del cóndilo haya finalizado, la osificación endocondral es progresivamente interrumpida y se revela una placa continua y compacta subcondral (27).

El potencial de crecimiento mandibular va a estar muy relacionado con la maduración somática. La forma en la que se desarrolla este hueso no es homogénea a lo largo de la infancia y la adolescencia, por lo que es muy posible que se encuentren variaciones en función de la edad del individuo (5). La mandíbula es el hueso que sufre mayores cambios dimensionales de todos los huesos de la cara; la rama mandibular está asociada con cambios morfológicos en remodelamiento y tamaño a lo largo del crecimiento de un individuo (4). Entre los 0 y los 2 años de vida este hueso alcanza el 64% del tamaño final, a los 8 años el 85,7% y completa su crecimiento a los 15-17 años (1, 2). A los 6 años de edad, la rama mandibular mide unos 4,5 cm aproximadamente en ambos sexos (1).

- **Aplicaciones de la mandíbula en antropología forense**

En antropología y ciencias forenses se han utilizado ampliamente los huesos como medio para identificar tanto a individuos como a restos humanos a lo largo de la historia. De forma constante van surgiendo sistemas novedosos, mientras que hay un avance continuo de los métodos empleados rutinariamente (1, 122).

La mandíbula, debido a las particularidades estructurales que presenta, con una densidad comparativamente más alta que otros huesos, como las vértebras, el esternón o las costillas, resiste en gran medida los diferentes eventos ambientales, por lo que se puede recuperar intacta en multitud de ocasiones (119, 123). Se ha justificado su uso tanto para la estimación de la edad y el sexo, como de la etnia o la raza:

- **Edad:**

En el terreno de la antropología forense hay investigaciones que tratan de determinar la edad a través del uso de medidas realizadas sobre mandíbulas de cadáveres, tanto en adultos como en individuos en crecimiento. Franklin y cols. en el año 2007 observaron que mediante mediciones lineares sobre la rama de la mandíbula en restos óseos desecados se podría determinar la edad del individuo de estudio con un nivel de concordancia similar al de los estándares basados en el desarrollo dentario (1, 2, 4). Esto se debe a que el crecimiento mandibular está muy relacionado con el desarrollo de la dentición, dado que la mandíbula aloja la dentición inferior y proporciona el lugar de inserción de la musculatura masticatoria, por lo que va a estar influido por los cambios en la función masticatoria que se producen con la edad (2, 4). Como la dentición va a tener una menor afectación por los factores externos que otros tejidos duros, se podría establecer que la morfología de este hueso sería una pieza de gran utilidad en el momento de determinar la edad de un cadáver (1, 4). Además, este hueso es el que más cambios dimensionales presenta a lo largo del crecimiento (122).

Desde una perspectiva funcional y de desarrollo, existen buenas evidencias que nos ayudan a valorar si la mandíbula puede ser un hueso apropiado para la determinación de la edad de un individuo. El crecimiento mandibular finaliza entre los 15 y los 17 años, por lo que solo podremos emplear este hueso durante la infancia y la

adolescencia, pero no en individuos adultos en los que no quede crecimiento óseo remanente (1, 4).

Al intentar establecer que zonas podrían ser las más indicadas para valorar la edad en individuos en crecimiento sobre la mandíbula, el estudio de Norris y cols. en el 2002, llevado a cabo en niños de 0 a 2 años, establecieron que solo se hallaban diferencias en la altura de la rama, afirmando la existencia de diferencias en la morfología mandibular en los diferentes grupos de edad, pero sin presentar estándares de predicción (4). Franklin y cols. también observaban en su estudio que se existen evidencias de que la mandíbula pueda ser un indicador de la edad de un individuo, estableciendo una correspondencia marcada entre la morfología mandibular y la edad cronológica, sobre todo a nivel de la rama mandibular (1, 2, 4).

No solo se han intentado establecer estas relaciones en el campo de las ciencias forense, sino que en Odontología también hay estudios que intentan emplear la mandíbula como determinador de la edad de un individuo, ya sea sobre radiografías panorámicas, como el de Espina-Fereira y cols. (2007), o en radiografía lateral de cráneo, como en los estudios de Rai y cols. (2008) y De Oliveira y cols. (2015). Otros métodos, como la tomografía computarizada en fetos, como el presentado por Minier y cols. en el año 2014, han encontrado una correspondencia positiva entre la longitud mandibular y la edad fetal (120).

Espina-Fereira y cols. (2007) hallaron una correlación positiva entre las variables métricas medidas en niños entre los 6 y los 12 años y su edad cronológica, manifestando que en estos grupos de edad tienen lugar principalmente cambios armónicos y dependientes en el ancho y el alto de la mandíbula, sin que haya afectación de forma aparente sobre las variables angulares (5).

La posibilidad de medir el grado de maduración ósea a partir de medidas sobre la rama mandibular mediante una radiografía panorámica puede suponer un beneficio sobre el método de medición convencional de la muñeca, considerado el “gold estándar” en la estimación de la edad ósea en individuos subadultos. No sería obligado llevar a cabo una exposición radiográfica añadida a la ortopantomografía, imagen que ya se emplea rutinariamente en Odontología, siguiendo el principio “ALARA” (tan bajo como razonablemente alcanzable), primordial en niños y adultos jóvenes, y, por lo tanto, los métodos que supongan una elevada radiación para el paciente no conviene que

sean empleados con asiduidad para evaluar el crecimiento y la edad (61). A causa de los riesgos asociados a la radiación, según Verma y cols. (2012), las radiografías de la región de la mano y la muñeca sólo deberían llevarse a cabo en casos excepcionales, por lo que es importante establecer una técnica alternativa que ayude a la determinación de la edad del individuo sin la exigencia de exponerlo a una radiación extra (86).

- **Sexo:**

Desde una perspectiva antropológica, el hueso mandibular ha sido largamente estudiado como potencial indicador del dimorfismo sexual en restos humanos. El paso inicial para la identificación de un cadáver es la determinación del sexo de este, punto crucial para el resto del análisis, ya que tanto la estimación de la estatura como la de la edad van a seguir una serie de patrones muy diferentes entre hombres y mujeres (119, 124). En situaciones como grandes catástrofes, en las que se encuentren fragmentos de hueso, no siempre se va a poder determinar el sexo con una alta precisión, dependiendo esta de las partes del cuerpo que se encuentren. En este punto la mandíbula puede tener un papel clave, al ser el hueso que mayor dimorfismo sexual va a presentar de todos los huesos del cráneo en individuos adultos (119).

De forma contraria a lo que sucede en individuos adultos, en los que los métodos morfológicos para el establecimiento del sexo están ampliamente definidos y contrastados, en individuos jóvenes la estimación del sexo es una tarea compleja que enfrenta a una serie de retos (124). La razón principal de estas dificultades es que, mientras que el dimorfismo sexual está presente desde una edad muy temprana en algunas zonas óseas, se considera que no alcanza los niveles adecuados para hacer una discriminación fiable entre los dos sexos hasta después de la pubertad. Como resultado, las técnicas que se van a emplear de forma rutinaria en casos de estimación del sexo en adultos, que preferentemente utilizan características altamente dimorfas de la pelvis y el cráneo, no capturan las sutiles diferencias entre sexo en individuos jóvenes (124).

Las investigaciones realizadas sobre la mandíbula muestran que las diferencias provocadas por el género no se comienzan a observar hasta los 15 años, por lo que este hueso no parece válido para establecer el sexo en individuos subadultos (fig. 12) (1, 4, 48, 119, 122, 123, 125). De Oliveira y cols en su estudio de 2015 encontraron que los hombres presentaban una longitud mayor de la rama mandibular que las mujeres, viéndose estas diferencias solamente a partir de los 16 años (1).

El patrón de crecimiento y la tasa de maduración en referencia a la maduración esquelética van a variar entre hombres y mujeres, produciéndose antes en estas últimas, siendo esta la razón de que se puedan observar diferencias sexuales en la mandíbula y el cráneo antes en mujeres que en hombres (119).

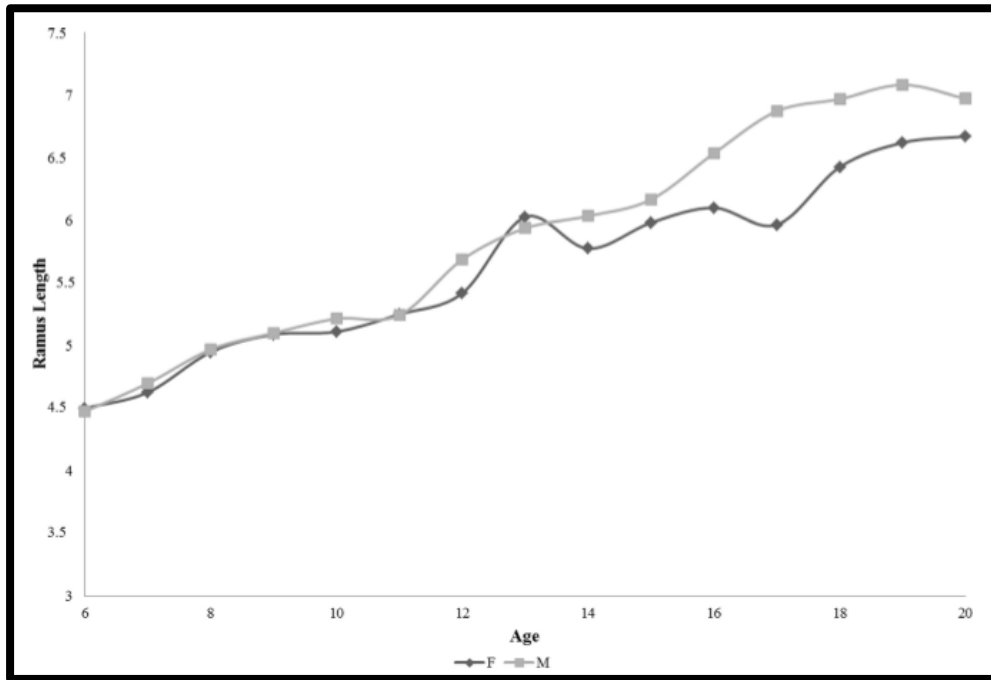


Figura 12. Diferencias en la longitud de la rama por géneros

Imagen tomada de De Oliveira 2015 (1)

El dimorfismo en el hueso mandibular se va a reflejar en su tamaño y forma. La forma de este hueso se adquiere a través del modelado secuencial de la estructura mientras que el hueso va incrementando sus dimensiones. La mandíbula es sensible al brote puberal, al ser el último hueso del macizo cráneo facial que concluye el crecimiento. En la rama mandibular podemos encontrar diferencias entre ambos sexos, ya que las tasas de crecimiento y su duración, así como las etapas de crecimiento músculo-esquelético son marcadamente desiguales entre hombres y mujeres. Otro punto diferente entre ambos sexos son las fuerzas masticatorias ejercidas, que tiene también repercusión sobre el aspecto de la rama mandibular (48, 119).

Las zonas que muestran un dimorfismo sexual superior son la rama y la apófisis condilar, seguidas con una menor relevancia por la sínfisis y el cuerpo lateral. Humprey y cols. (1999) enunciaron que “*los lugares asociados con los mayores cambios morfológicos en tamaño y remodelación durante el crecimiento son generalmente los más dismórficos*” (3, 48, 119). La rama mandibular presenta estas diferencias principalmente a nivel de la altura de la apófisis coronoides, seguido de cerca por la altura de la apófisis condilar. Las regiones en las que se observan mayores diferencias entre sexos son, en el caso de los varones, las medidas de altura, tanto de la

apófisis coronoides como del cóndilo mandibular, mientras que para las mujeres es la altura proyectiva (119). De forma genérica, las mandíbulas de los hombres son más largas, con unos lugares de inserción muscular más prominentes y ligeramente más robustas que las mandíbulas de las mujeres (126).

Según Loth & Henneberg (1996), la flexura de la rama de la mandíbula es una característica que permite la determinación del sexo con una precisión elevada y es sencillamente comprobable. El ángulo gonial ha estado ampliamente utilizado como indicador óseo del sexo, y esta característica ha sido claramente determinada como un marcador sexual en los adultos, destacando también su valía diagnóstica en sujetos en crecimiento (123, 126, 127).

- **Raza o etnia:**

Al igual que las dos características biológicas anteriormente descritas, también se ha utilizado la mandíbula para intentar establecer la procedencia racial de los individuos estudiados, con mejores resultados que en el caso del dimorfismo sexual en las personas en crecimiento. Se ha especulado con que es posible que las diferencias raciales a nivel de la mandíbula se establezcan más tempranamente en la ontogenia, como consecuencia de la herencia de los rasgos genéticos. Esta es la razón por la que es más probable encontrar diferencias entre poblaciones más marcadas que sexuales en individuos en crecimiento (125). A pesar de esto no hay muchos estudios que se centren en la utilidad de este hueso en concreto a la hora de determinar la procedencia poblacional, sino que suele ser el cráneo el elemento del esqueleto seleccionado (3).

4. JUSTIFICACIÓN

4. JUSTIFICACIÓN

La determinación de la edad dentaria sobre ortopantomografías es un sistema que ofrece una demostrada precisión, aunque no en todas las ocasiones se puede estimar correctamente esta edad, siendo necesaria la realización de una radiografía de la región de la muñeca a la hora de mejorar el estudio de la edad biológica.

La mandíbula es un hueso que presenta un elevado potencial de crecimiento, siendo uno de los huesos del macizo craneofacial que mayores cambios muestra durante la infancia y la adolescencia. Su utilización con el fin de establecer características biológicas como el sexo y la edad en antropología forense ha sido ampliamente estudiada. Además, en la ortopantomografía podemos ver en su totalidad la mandíbula.

La determinación de la edad biológica mediante el estudio del crecimiento mandibular puede permitir, en una misma imagen radiográfica, conseguir información doble, ya que en una sola imagen se podrá estimar también la edad dentaria, evitando así una exposición radiográfica añadida, disminuyendo la dosis de radiación que recibe el paciente.

Los métodos analíticos cuantitativos son más útiles que los métodos cualitativos, ya que son más precisos, permiten la comparación numérica entre grupos y no se apoyan sobre interpretaciones individuales.

5. HIPÓTESIS

5. HIPÓTESIS

- Hipótesis nula (H_0): no es posible realizar una estimación de la edad biológica mediante mediciones lineares en la rama mandibular sobre la radiografía panorámica en pacientes infantiles.
- Hipótesis alternativa: es posible realizar una estimación de la edad biológica mediante mediciones lineares en la rama mandibular sobre la radiografía panorámica en pacientes infantiles.

6. OBJETIVOS

6. OBJETIVOS

- **Objetivo general:**

Comprobar la validez del uso de mediciones lineares sobre la rama mandibular en la radiografía panorámica como determinantes de la edad biológica en pacientes infantiles de la Comunidad de Madrid.

- **Objetivos específicos:**

1. Determinar la existencia de una correlación entre el aumento de la edad y el crecimiento de la mandíbula.
2. Valorar la influencia del sexo en los cambios producidos en la región de la rama mandibular durante el crecimiento.
3. Comparar la edad dentaria en base a los estadios de Demirjian con las medidas lineares en la muestra de estudio.
4. Analizar los cambios dimensionales producidos en la mandíbula durante el crecimiento entre los 6 y los 12 años de edad.
5. Establecer unos estándares de medidas en la mandíbula para posterior utilización del método.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. POBLACIÓN DE REFERENCIA Y DE ESTUDIO:

El universo del estudio estuvo formado por pacientes que habían asistido a un Centro de Radiodiagnóstico de Madrid. A todos los pacientes se les realizaron unos registros radiográficos. Previa a la realización de los mismos, se les entregó un cuestionario al padre/madre o tutor acompañante, para la recogida de los datos médicos generales y firmaron un consentimiento informado que autorizaba el uso de las imágenes con fines investigadores, respetando la Ley de Protección de Datos (Anexo 1).

La elección de los pacientes se fue haciendo de forma aleatoria, hasta completar 30 por cada grupo de edad, con una muestra total de 420 niños de ambos sexos y diferentes edades, sin que fuese importante en que estadio de dentición se encontraban. Todos ellos cumplieron los siguientes criterios de selección:

- Criterios de inclusión:
 - Niños con edades comprendidas entre los 6 y los 12 años.
 - Individuos de raza caucásica.
 - Pacientes infantiles a los que se les había tomado una radiografía panorámica.

- Criterios de exclusión:
 - Niños con alteraciones o deformaciones faciales.
 - Niños que presenten alteraciones dentarias de número.
 - Registros radiográficos con estructuras de estudio no valorables, imágenes poco nítidas o distorsionadas.
 - Niños que porten mantenedores de espacio o aparatología ortodóncica fija en el momento del estudio.

7.2. TAMAÑO MUESTRAL Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:

La muestra final estuvo comprendida de 420 pacientes, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico consecutivo y divididos para su estudio en 14 grupos, teniendo en cuenta para ello su edad y sexo. Cada grupo constó de 30 participantes:

- *Grupo 1:* niñas de 6 años.
- *Grupo 2:* niños de 6 años.
- *Grupo 3:* niñas de 7 años.
- *Grupo 4:* niños de 7 años.
- *Grupo 5:* niñas de 8 años.
- *Grupo 6:* niños de 8 años.
- *Grupo 7:* niñas de 9 años.
- *Grupo 8:* niños de 9 años.
- *Grupo 9:* niñas de 10 años.
- *Grupo 10:* niños de 10 años.
- *Grupo 11:* niñas de 11 años.
- *Grupo 12:* niños de 11 años.
- *Grupo 13:* niñas de 12 años.
- *Grupo 14:* niños de 12 años.

7.3. PROTOCOLO DE ANÁLISIS RADIOGRÁFICO:

Para la realización de este estudio se contó únicamente con un registro radiográfico: la radiografía panorámica, realizadas bajo las mismas especificaciones técnicas:

Ortopantógrafo: aparato modelo ORTOPHOS PLUS DS de la marca SIRONA (Sirona Dental Systems GmbH; Germany); dispone de diferentes programas para diferentes aplicaciones; concretamente las radiografías panorámicas del estudio fueron efectuadas con el programa nº 1. El aparato dispone de selección automática de la forma planigráfica mediante el ajuste del apoya-sienes para arcos maxilares diferentes (fig. 13).

Sus características técnicas más importantes son las siguientes:

- Tensión nominal: 208/220/230/240 V.
- Corriente nominal: 12 A.
- Frecuencia: 50/60 HZ.
- Tensión del tubo: 60-90 kV.
- Corriente del tubo: 9-16 mA.
- Filtro equivalente de aluminio: 2,5 mm.
- Tamaño focal: 0,5 x 0,5 mm
- Técnica media utilizada: 65 kV y 12 mA.
- Tiempo: fijo= 12 segundos.



Figura 13. Ortopantógrafo

7.4. INSTRUCCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS REGISTROS RADIOGRÁFICOS:

- Colocación del paciente: según manual del aparato.
- Se cumplieron de forma estricta las normas establecidas por el fabricante para la realización de esta técnica, siguiendo sus indicaciones. La cabeza del paciente fue colocada de forma estándar, quedando el plano de Frankfurt paralelo al suelo.

A cada paciente se le daban una serie de instrucciones verbales: *“Procura no moverte; el aparato va a dar una vuelta alrededor de tu cabeza de aproximadamente unos 15 segundos. Respira con normalidad. En cuanto este realizada la exploración te avisaremos.”*

Previamente a la realización se retiraban los objetos metálicos de la región de cabeza y cuello.

7.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS REGISTROS RADIOGRÁFICOS

Todas las radiografías fueron evaluadas por la investigadora principal, y en los casos en los que había duplicidad de registros se seleccionó el de mayor calidad.

- Sistemática para la valoración de radiografías:
 - Con un ordenador con monitor de 13 pulgadas y el programa informático tpsDig versión 2, se procedía a capturar la imagen digital de la radiografía.
 - Se estableció el zoom en 1,000. En caso de duda con alguna de las estructuras observadas, la imagen se amplió un 10%.
 - En cada sesión se analizaban máximo 30 radiografías.
 - Una vez seleccionadas las radiografías, se visualizaban de los contornos de aquellas estructuras anatómicas con interés para el estudio:
 - Cuerpo y rama mandibular.
 - Cóndilo mandibular, escotadura sigmoidea y apófisis coronoides mandibular.
 - El canal del nervio dentario.
 - Posteriormente se llevó a cabo el punteado de las radiografías panorámicas, con la misma secuencia, marcando una serie de puntos específicos en el lado izquierdo mandibular que se describen a continuación (fig. 14). Los puntos se establecieron tomando en consideración los estudios de Espina-Ferreira y cols. (2007) y Simoes y cols. (2004) (5, 128). La decisión de realizar las medidas sobre el lado izquierdo se tomó al no encontrar diferencias significativas en el estudio preliminar realizado (129) y al ser la zona sobre la que se determina la edad dentaria mediante el método de Demirjian.
 - Punto posterosuperior y más prominente de la rama mandibular (1).
 - Punto posteroinferior y más prominente de la rama mandibular (2).
 - Punto más prominente de la región distal del cuerpo mandibular (3).
 - Punto más prominente de la región mesial del cuerpo mandibular, sin tomar en cuenta el mentón (4).
 - Punto anterosuperior y más prominente de la rama mandibular (5).

- Punto anteroinferior y más prominente de la rama mandibular (6).
- Punto más superior de la apófisis coronoides (7).
- Punto más superior del cóndilo (8).
- Condilion (cd): Punto posterosuperior y más prominente del cóndilo mandibular (9).
- Gonion (go): intersección de las tangentes que forman el ángulo gonial (10).
- Punto más anterior del canal mandibular, medido sobre la bisectriz de Gonion (11).
- Punto más posterior del canal mandibular, medido sobre la bisectriz de Gonion (12).

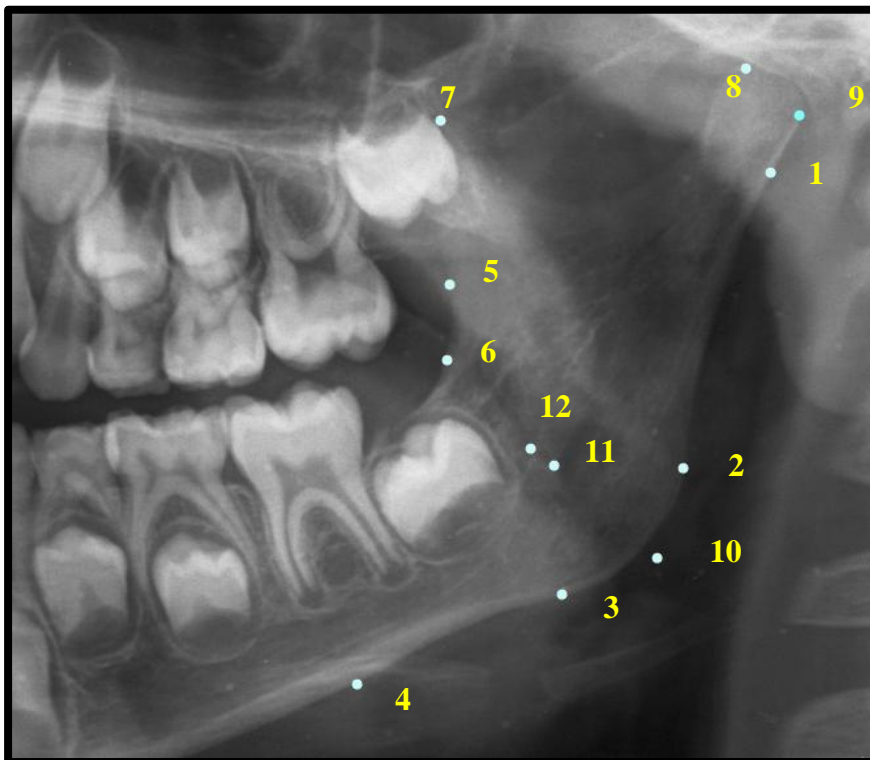


Figura 14. Ejemplo de punteado

7.6. MÉTODO:

- **Variables (dependientes e independientes)**

Las variables del estudio fueron:

- *Variables independientes:*
 - Edad (expresada en años).
 - Género (masculino/femenino).
- *Variables dependientes (medidas en milímetros):*
 1. **Línea inferior (Li):** formada por la tangente que pasa por los puntos 3 y 4, desde el vértice del ángulo gonial hasta donde intercepta una línea tangente al borde anterior de la rama.
 2. **Línea A (LA):** longitud de la bisectriz del ángulo gonial, que se extiende desde el vértice de éste, hasta que alcanza el borde anterior de la rama.
 3. **Línea C (LC):** longitud de la tangente que pasa por los puntos 7 y 8. Se extiende desde su cruce con la línea posterior de la rama hasta su cruce con la línea tangente al borde anterior de la rama.
 4. **Altura anterior de la rama (AR):** longitud de la tangente del borde anterior de la rama que se extiende desde el corte de la línea C superiormente hasta el borde inferior del cuerpo mandibular.
 5. **Altura máxima de la rama (AM):** longitud de la tangente del borde posterior de la rama, entre los puntos cd-go.
 6. **Anchura del canal mandibular (ACM):** distancia entre los puntos 10 y 11 a nivel de la bisectriz del ángulo gonial.

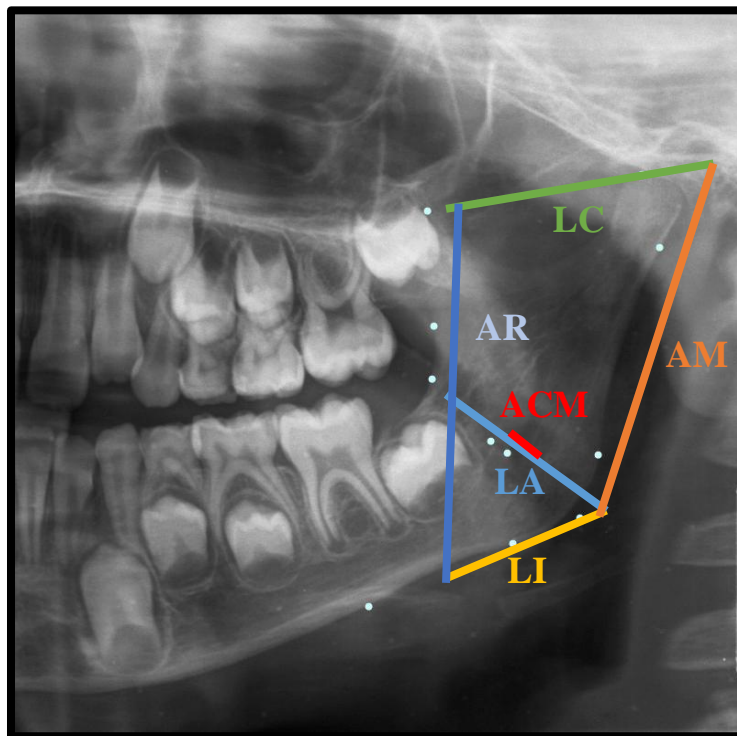


Figura 15. Ejemplo de trazado de las líneas

La lectura y la medición sobre las radiografías panorámicas fueron llevadas a cabo por la doctoranda, previamente calibrada. En la figura 15 se puede observar un ejemplo del trazado sobre una radiografía panorámica.

7.7. SISTEMÁTICA DEL ESTUDIO:

Para realizar el trazado de las líneas y obtención de medidas, la investigadora principal siguió los criterios y la sistemática que se muestran a continuación:

- El programa informático se empleó para:
 - o Ubicar de los puntos de referencia previamente establecidos.
 - o Trazado y medición de cada una de las líneas de estudio.
- Los puntos fueron determinados según de los estudios de Espina-Ferreira y cols. (2007) y Simoes y cols. (2004) (5, 128).
- En primer lugar se procedió a puntear los puntos de referencia sobre el lado izquierdo mandibular, para posteriormente trazar las líneas de referencia y por último obtener las mediciones.
- Mediante el empleo del programa informático TipsDig 2 y para mejorar la comprensión de las mediciones, se transformaron con la regla dibujada en la radiografía panorámica en milímetros los píxeles, dado que la medida empleada de base es el pixel.
- Cada serie de medidas fueron guardadas en las hojas Excel que se diseñaron para la ocasión, distribuyendo las medidas teniendo en consideración la edad cronológica y el género.
- Una vez finalizada la medición de todos los registros se repitieron las mediciones del 20% de los casos para valorar la fiabilidad intraexaminador.
- En último lugar, empleando el sistema de Demirjian y cols. (1973) para la estimación de la edad dentaria y con las tablas propias para población española, publicadas por Feijoo y cols. (2012), se determinó la edad dentaria de los pacientes que componían la muestra (19, 56).

MÉTODO DEMIRJIAN

Determinación del estadio de desarrollo de la dentición permanente.

Demirjian y cols. instauraron 7 fases o estadios que clasificaban el proceso de desarrollo dentario, y completando la descripción escrita con la presencia de esquemas gráficos de cada uno de los estadios, distinguiendo si se tratba de dientes unirradiculares o de multirradiculares.

- Normas Generales:
 - La valoración de cada diente se debe realizar según los criterios escritos y los esquemas para cada estadio.
 - Se le va a otorgar un valor superior a los criterios escritos sobre los esquemas.
 - Para establecer el estadio en que se encuentra un diente en concreto hay que regirse por los siguientes criterios:
 - Si solamente hay 1 criterio escrito: el diente deberá cumplirlo.
 - Si hay 2 criterios: es suficiente con que se cumpla el primer criterio.
 - Si hay 3 criterios: los dos primeros deben cumplirse.
 - En todos los casos debe cerciorarse que cumplen los criterios del nivel anterior.
 - En casos límite o en caso de duda se asignará el estadio más bajo de los dos posibles.
 - Los estadios propuestos por el autor fueron:

Estadio A (1) (Fig. 16)

a.- Puede verse la calcificación, con forma de cono, de una o varias cúspides en la parte superior de la cripta.

En los multirradiculares, no hay fusión entre los puntos de calcificación.

En los unirradiculares, no se ha calcificado todo el borde incisal.

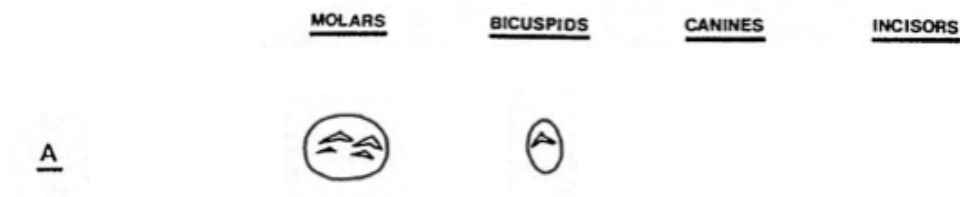


Figura 16. Estadio A
Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Estadio B (2) (Fig. 17)

a.- Se observa fusión de los puntos de calcificación de una o varias cúspides delineando completamente el contorno de la superficie oclusal o del borde incisal.

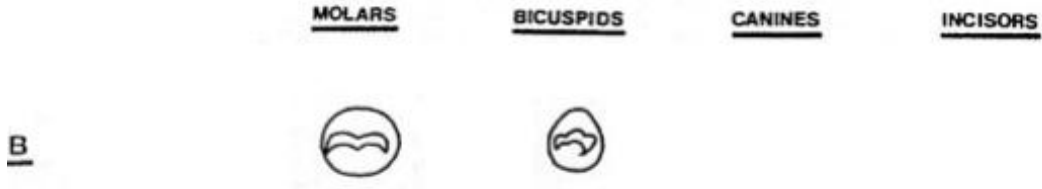


Figura 17. Estadio B
Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Estadio C (3) (Fig. 18)

a.- Se ha completado la formación del esmalte de la superficie oclusal y se aprecia la extensión hacia cervical.

b.- Puede verse el comienzo del depósito de dentina.

c.- El contorno de la cámara pulpar tiene una forma curvada hacia el borde oclusal.

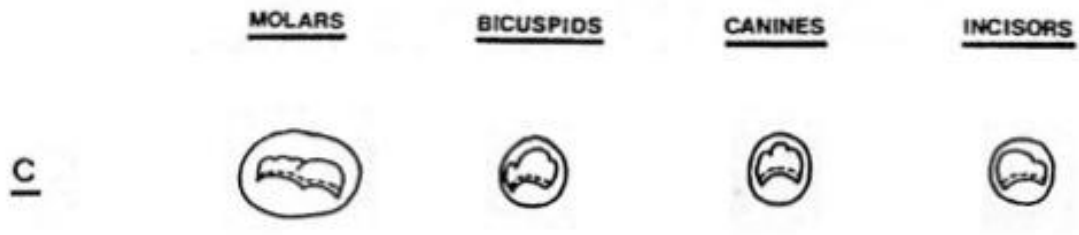


Figura 18. Estadio C
Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Estadio D (4) (Fig. 19)

a.- Puede observarse la formación de la corona dentaria hasta la unión amelocementaria.

b.- El borde superior de la cámara pulpar se observa:

En los dientes uniradiculares, con una forma claramente curva, cóncava hacia cervical, y con el cuerno pulpar visible como el pico de un paraguas.

En los dientes multirradiculares, la cámara adopta una forma trapezoidal.

c.- Una espícula marca el comienzo de la formación de la raíz.



Figura 19. Estadio D
Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Estadio E (5) (Fig. 20)

Dientes uniradiculares:

- a.- Las paredes de la cámara pulpar se muestran como líneas rectas rotas por la presencia de un cuerno pulpar más marcado que en el estadio anterior.
- b.- La longitud de la raíz es menor que la altura de la corona.

Molares:

- a.- Es visible la formación inicial de la bifurcación radicular. Se aprecia como una estructura calcificada de forma semilunar.
- b.- La longitud de la raíz es menor que la altura de la corona.



Figura 20. Estadio E
Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Estadio F (6) (Fig. 21)

Dientes uniradiculares:

- a.- Las paredes de la cámara pulpar forman un triángulo isósceles con la parte final en forma de embudo.
- b.- La longitud de la raíz es igual o mayor que la altura de la corona.

Molares:

- a.- Las raíces están definidas y terminan en forma de embudo.
- b.- La longitud de la raíz es igual o mayor que la altura de la corona.

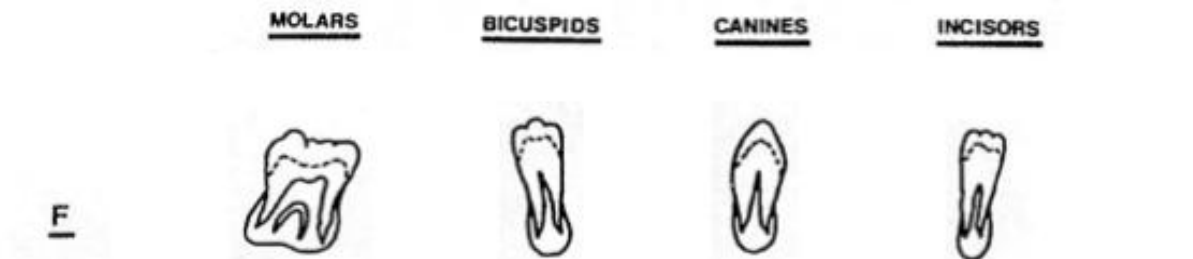


Figura 21. Estadio F
Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Estadio G (7) (Fig. 22)

- a.- Las paredes del conducto radicular son paralelas y el ápice está todavía abierto. En molares está abierto el ápice de la raíz distal.

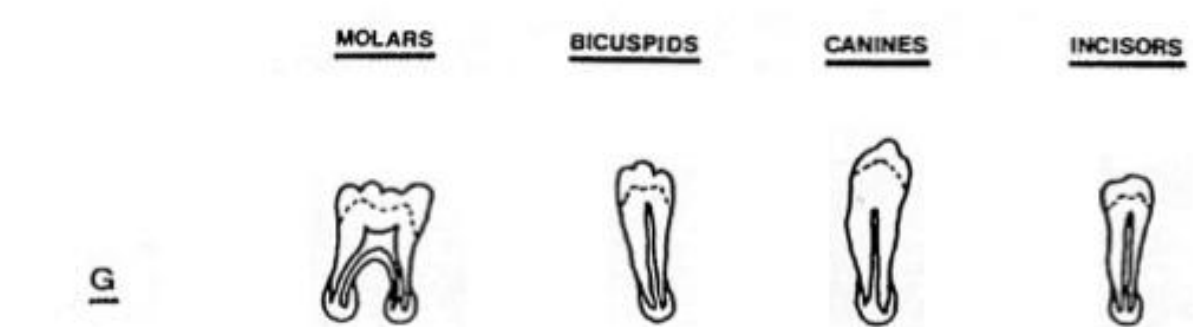


Figura 22. Estadio G
Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Estadio H (8) (Fig. 23)

a.- El ápice del diente está totalmente cerrado.

b.- La membrana periodontal tiene una anchura uniforme alrededor de toda la raíz.

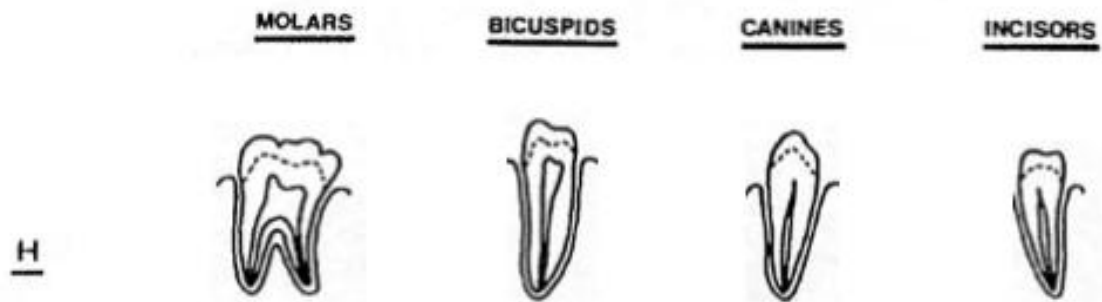


Figura 23. Estadio H

Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

Determinación de la edad dentaria.

Para el cálculo de la edad dentaria se estableció en primer lugar el estadio de maduración de los dientes del lado izquierdo de la mandíbula (excepto el tercer molar permanente), tras lo que se obtuvo una puntuación para cada diente, en función del estadio en que se hallaba, empleando las tablas de conversión para niños y niñas planteadas por el autor (fig. 24-25).

Se sumaron las puntuaciones obtenidas de cada uno de los siete dientes, obteniendo una puntuación total, a partir de la cual se obtiene la edad dentaria del individuo en unas tablas de conversión (Anexo 2).

| Girls | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Tooth | Stages | | | | | | | | |
| | 0 | A | B | C | D | E | F | G | H |
| M ₂ | 0-0 | 1-8 | 3-1 | 5-4 | 9-0 | 11-7 | 12-8 | 13-2 | 13-8 |
| M ₁ | | | | 0-0 | 3-5 | 5-6 | 8-4 | 12-5 | 15-4 |
| PM ₂ | 0-0 | 1-7 | 2-9 | 5-4 | 8-6 | 11-1 | 12-3 | 12-8 | 13-3 |
| PM ₁ | | 0-0 | 3-1 | 5-2 | 8-8 | 12-6 | 14-3 | 14-9 | 15-5 |
| C | | | | 0-0 | 3-7 | 7-3 | 10-0 | 11-8 | 12-5 |
| I ₂ | | | | 0-0 | 2-8 | 5-3 | 8-1 | 11-2 | 13-8 |
| I ₁ | | | | 0-0 | 4-4 | 6-3 | 8-5 | 12-0 | 15-8 |

Figura 24. Tablas de conversión para niñas. Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

| Boys | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Tooth | Stages | | | | | | | | |
| | 0 | A | B | C | D | E | F | G | H |
| M ₂ | 0-0 | 1-7 | 3-1 | 5-4 | 8-6 | 11-4 | 12-4 | 12-8 | 13-6 |
| M ₁ | | | | 0-0 | 5-3 | 7-5 | 10-3 | 13-9 | 16-8 |
| PM ₂ | 0-0 | 1-5 | 2-7 | 5-2 | 8-0 | 10-8 | 12-0 | 12-5 | 13-2 |
| PM ₁ | | 0-0 | 4-0 | 6-3 | 9-4 | 13-2 | 14-9 | 15-5 | 16-1 |
| C | | | | 0-0 | 4-0 | 7-8 | 10-1 | 11-4 | 12-0 |
| I ₂ | | | | 0-0 | 2-8 | 5-4 | 7-7 | 10-5 | 13-2 |
| I ₁ | | | | 0-0 | 4-3 | 6-3 | 8-2 | 11-2 | 15-1 |

Figura 25. Tablas de conversión para niños. Imagen tomada de Demirjian 1973 (56)

7.8. ANÁLISIS DE DATOS:

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa SPSS 25.0 para Windows. Los métodos estadísticos que se emplearon son los que se muestran a continuación:

- Coeficiente de Correlación Intraclase, ICC (procedimiento RELIABILITY) para determinar el grado de consistencia o concordancia para datos cuantitativos. Una evaluación sobre el grado de acuerdo es el propuesto por Landis y Koch (130). Los valores del coeficiente se pueden observar en la tabla 1.

| Valor | Grado de acuerdo |
|-----------|------------------|
| 0 | Pobre |
| 0,01-0,20 | Leve |
| 0,21-0,40 | Regular |
| 0,41-0,60 | Moderado |
| 0,61-0,80 | Notable |
| 0,81-1,00 | Casi perfecto |

Tabla 1: Valores del Coeficiente de Correlación Intraclase

- Relación bivalente entre variables continuas (procedimiento CORR), para obtener el coeficiente de correlación de Pearson.
- Test de la t de Student pareada (procedimiento T-TEST) para la comparación de dos muestras relacionadas sobre el mismo sujeto.
- Test de la t de Student (procedimiento T-TEST) para la comparación de dos medias en variables cuantitativas, asumiendo o no igualdad de varianzas (método paramétrico). Se asume la normalidad en los datos. La igualdad de varianzas se contrasta con el test de Levene (lo que nos indicará si es más adecuado el test asumiendo varianzas iguales o desiguales).
- Análisis de la varianza, ANOVA, para la comparación de múltiples grupos, valorando las diferencias de cada variable en cada grupo de edad. Cuando el valor global de la F de Snedecor es significativo nos indica que las medias en

los grupos no son iguales. Posteriormente se llevó a cabo el test de Bonferroni, que realiza comparaciones múltiples entre pares de grupos.

- Análisis de regresión lineal (procedimiento REGRESSION) para la relación de variables cuantitativas y dicotómicas, de forma que unas, variables independientes o predictivas, predigan los valores de la otra, estimando los coeficientes de una ecuación lineal (131, 132, 133).

En cada uno de los resultados se comprobó si existían diferencias significativas al 95% ($p < 0,05$).

Concordancia intra-examinador:

Se determinó la concordancia intra-examinador, utilizando 84 radiografías panorámicas seleccionadas de forma aleatoria, un 20% del total, obteniendo los siguientes resultados en función de cada medición (tabla 2).

| Valor | ICC |
|----------------------|------|
| Línea I | 0,98 |
| Línea A | 0,99 |
| Línea C | 0,78 |
| AM | 0,99 |
| AR | 0,81 |
| ACM | 0,83 |
| Edad dentaria | 0,99 |

Tabla 2: Concordancia intra-examinador del 20% de la muestra

En todas las mediciones se obtuvieron unos resultados entre notables y casi perfectos, siendo el coeficiente más bajo el correspondiente a la línea C, de un 78%.

8. RESULTADOS

8. RESULTADOS

8.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

Se seleccionaron un total de 420 niños, con edades comprendidas entre los 6 y los 12 años, que cumplían los criterios de inclusión y exclusión establecidos. La edad media fue de 9,47 años (\pm DE 2). La muestra se distribuyó en base al género y a su edad, tal y como se puede observar en la tabla 3.

| Edad | Niño | Niña | Total |
|--------------|------|------|-------|
| 6 años | 30 | 30 | 60 |
| 7 años | 30 | 30 | 60 |
| 8 años | 30 | 30 | 60 |
| 9 años | 30 | 30 | 60 |
| 10 años | 30 | 30 | 60 |
| 11 años | 30 | 30 | 60 |
| 12 años | 30 | 30 | 60 |
| Total | 210 | 210 | 420 |

Tabla 3: Distribución de la muestra de estudio por edad y sexo

8.2. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES MÉTRICAS, EDAD CRONOLÓGICA Y EDAD DENTARIA EN EL TOTAL DE LA MUESTRA, POR GÉNERO, POR AÑOS Y RANGOS DE EDAD:

Se llevo a cabo el estudio descriptivo de la muestra teniendo en cuenta las variables métricas, la edad cronológica y la edad dentaria, distribuyendo el total de la misma por sexo, por cada grupo de edad y en rango de edades, de 6 a 9 años y de 10 a 12 años. Se muestran los resultados obtenidos a continuación:

- **En el total de la muestra (tabla 4):**

En el análisis de las variables métricas, edad cronológica y dentaria, se observó como que la mayor media se corresponde con la variable AR (50,79mm) y la menor media con la variable ACM (3,64mm). La media de la edad dentaria (10,50 años) fue superior a la de la edad cronológica (9,47 años).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|------------------|-----|-------|---------------------|
| Línea I | 420 | 28,28 | 3,92 |
| Línea A | 420 | 30,71 | 4,09 |
| Línea C | 420 | 31,82 | 3,68 |
| AM | 420 | 42,35 | 3,58 |
| AR | 420 | 50,79 | 4,75 |
| ACM | 420 | 3,64 | 0,48 |
| Edad cronológica | 420 | 9,47 | 2,00 |
| Edad dentaria | 420 | 10,50 | 3,03 |

Tabla 4: Estadística descriptiva de la muestra

- **Por género (tablas 5 y 6):**

En el análisis estadístico descriptivo de la muestra distribuida por género, la mayor media se correspondió con la variable AR, tanto en los niños (51,04mm) como en las niñas (50,55mm), mientras que la menor media se correspondió con la variable ACM (3,69mm en los niños y 3,79mm en las niñas).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|------------------|-----|-------|---------------------|
| Línea I | 210 | 28,89 | 3,8 |
| Línea A | 210 | 30,34 | 3,8 |
| Línea C | 210 | 31,73 | 3,53 |
| AM | 210 | 42,77 | 3,51 |
| AR | 210 | 51,04 | 5,06 |
| ACM | 210 | 3,69 | 0,46 |
| Edad cronológica | 210 | 9,46 | 2,01 |
| Edad dentaria | 210 | 10,45 | 2,88 |

Tabla 5: Estadística descriptiva de la muestra en niños

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|------------------|-----|-------|---------------------|
| Línea I | 210 | 28,67 | 4,00 |
| Línea A | 210 | 31,08 | 4,33 |
| Línea C | 210 | 31,91 | 3,82 |
| AM | 210 | 41,93 | 3,60 |
| AR | 210 | 50,55 | 4,41 |
| ACM | 210 | 3,59 | 0,50 |
| Edad cronológica | 210 | 9,47 | 1,99 |
| Edad dentaria | 210 | 10,55 | 3,18 |

Tabla 6: Estadística descriptiva de la muestra en niñas

- **Por grupos de edad (tablas 7-13):**

Teniendo en cuenta los cambios que suceden a lo largo del crecimiento entre los 6 y los 12 años, podemos observar como en el grupo de los 6 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (46,12mm) y el menor con la variable ACM (3,52mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----|-------|---------------------|
| Línea I | 60 | 25,58 | 3,59 |
| Línea A | 60 | 27,96 | 3,63 |
| Línea C | 60 | 30,15 | 3,08 |
| AM | 60 | 39,54 | 2,38 |
| AR | 60 | 46,12 | 4,52 |
| ACM | 60 | 3,52 | 0,56 |
| Edad cronológica | 60 | 6,48 | 0,27 |
| Edad dentaria | 60 | 6,68 | 0,69 |

Tabla 7: Estadística descriptiva de la muestra en el grupo de 6 años

En el grupo de los 7 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (48,52mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,60mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----|-------|---------------------|
| Línea I | 60 | 26,34 | 3,59 |
| Línea A | 60 | 29,34 | 3,36 |
| Línea C | 60 | 30,89 | 2,83 |
| AM | 60 | 40,22 | 2,27 |
| AR | 60 | 48,52 | 3,48 |
| ACM | 60 | 3,60 | 0,51 |
| Edad cronológica | 60 | 7,50 | 0,26 |
| Edad dentaria | 60 | 7,86 | 0,74 |

Tabla 8: Estadística descriptiva de la muestra en el grupo de 7 años

En el grupo de los 8 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (49,58mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,64mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----|-------|---------------------|
| Línea I | 60 | 28,40 | 3,15 |
| Línea A | 60 | 30,57 | 3,84 |
| Línea C | 60 | 30,50 | 4,03 |
| AM | 60 | 41,22 | 3,13 |
| AR | 60 | 49,58 | 3,87 |
| ACM | 60 | 3,64 | 0,40 |
| Edad cronológica | 60 | 8,45 | 0,31 |
| Edad dentaria | 60 | 8,99 | 1,61 |

Tabla 9: Estadística descriptiva de la muestra en el grupo de 8 años

En el grupo de los 9 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (51,64mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,64mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----|-------|---------------------|
| Línea I | 60 | 29,97 | 3,33 |
| Línea A | 60 | 32,16 | 3,80 |
| Línea C | 60 | 31,98 | 3,15 |
| AM | 60 | 42,09 | 2,58 |
| AR | 60 | 51,64 | 3,71 |
| ACM | 60 | 3,64 | 0,48 |
| Edad cronológica | 60 | 9,47 | 0,28 |
| Edad dentaria | 60 | 10,15 | 0,92 |

Tabla10: Estadística descriptiva de la muestra en el grupo de 9 años

En el grupo de los 10 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (51,13mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,61mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----|-------|---------------------|
| Línea I | 60 | 28,30 | 3,74 |
| Línea A | 60 | 30,80 | 3,97 |
| Línea C | 60 | 32,27 | 3,54 |
| AM | 60 | 42,84 | 2,87 |
| AR | 60 | 51,13 | 4,11 |
| ACM | 60 | 3,61 | 0,47 |
| Edad cronológica | 60 | 10,46 | 0,28 |
| Edad dentaria | 60 | 11,62 | 1,42 |

Tabla 11: Estadística descriptiva de la muestra en el grupo de 10 años

En el grupo de los 11 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (53,58mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,76mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----|-------|---------------------|
| Línea I | 60 | 30,42 | 4,13 |
| Línea A | 60 | 32,59 | 4,42 |
| Línea C | 60 | 32,76 | 3,56 |
| AM | 60 | 44,58 | 3,16 |
| AR | 60 | 53,58 | 3,49 |
| ACM | 60 | 3,76 | 0,45 |
| Edad cronológica | 60 | 11,50 | 0,29 |
| Edad dentaria | 60 | 13,53 | 1,82 |

Tabla12: Estadística descriptiva de la muestra en el grupo de 11 años

En el grupo de los 12 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (55,00mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,75mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----|-------|---------------------|
| Línea I | 60 | 28,95 | 3,45 |
| Línea A | 60 | 31,55 | 3,75 |
| Línea C | 60 | 34,18 | 3,86 |
| AM | 60 | 45,98 | 3,56 |
| AR | 60 | 55,00 | 3,76 |
| ACM | 60 | 3,75 | 0,47 |
| Edad cronológica | 60 | 12,39 | 0,31 |
| Edad dentaria | 60 | 14,66 | 1,70 |

Tabla13: Estadística descriptiva de la muestra en el grupo de 12 años

- **Por rangos de edad (tablas 14 y 15):**

A continuación se observan los resultados del análisis estadístico descriptivo de la muestra distribuida por rango de edad y para cada una de las variables del estudio.

En el grupo de los menores de 10 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (48,96mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,60mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|-----|-------|---------------------|
| Línea I | 240 | 27,57 | 3,81 |
| Línea A | 240 | 30,01 | 3,95 |
| Línea C | 240 | 30,88 | 3,35 |
| AM | 240 | 40,77 | 2,77 |
| AR | 240 | 48,96 | 4,37 |
| ACM | 240 | 3,60 | 0,49 |
| Edad cronológica | 240 | 7,98 | 1,15 |
| Edad dentaria | 240 | 8,42 | 1,66 |

Tabla 14: Estadística descriptiva de la muestra en < 10 años

En el grupo de los mayores de 10 años, el valor más alto de la media se correspondió con la variable AR (53,23mm) y el valor menor, con la variable ACM (3,70mm).

| Variable | N | Media | Desviación estándar |
|-------------------------|----------|--------------|----------------------------|
| Línea I | 180 | 29,22 | 3,86 |
| Línea A | 180 | 31,64 | 4,10 |
| Línea C | 180 | 33,07 | 3,72 |
| AM | 180 | 44,46 | 3,44 |
| AR | 180 | 53,23 | 4,10 |
| ACM | 180 | 3,70 | 0,47 |
| Edad cronológica | 180 | 11,45 | 0,84 |
| Edad dentaria | 180 | 13,26 | 2,07 |

Tabla 15: Estadística descriptiva de la muestra en > 10 años

8.3. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EDAD CRONOLÓGICA Y EDAD DENTARIA EN EL TOTAL DE LA MUESTRA, POR GÉNERO, POR AÑOS Y POR RANGOS DE EDAD: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y COMPARATIVA.

Se llevó a cabo el análisis descriptivo y comparativo entre los datos obtenidos tras la determinación de la edad dentaria y la cronológica. Los resultados obtenidos se distribuyeron por sexo, edades y rangos de edad, tal y como se muestra en las tablas 16-19.

- **En el total de la muestra (tabla 16):**

El coeficiente de correlación entre ambas variables de estudio fue de 0,900 siendo $p < 0,05$. Los resultados muestran como la edad dentaria obtenida tras aplicar el método de Demirjian sobreestima de media 1,03 años sobre la edad cronológica, siendo la diferencia obtenida entre ambas edades estadísticamente significativa.

Al valorar mediante la regresión lineal la dependencia de la edad cronológica con respecto a la edad dentaria, el 90% de los resultados fueron explicados por la recta de regresión.

| | N | Media | Desviación estándar | Diferencia de medias (años) | Significación |
|-------------------------|-----|-------|---------------------|-----------------------------|---------------|
| Edad cronológica | 420 | 9,47 | 2,00 | 1,03 | <0,001* |
| Edad dentaria | 420 | 10,50 | 3,02 | | |

Tabla 16: Comparación edad cronológica y dentaria total de la muestra

- **Por sexo (tabla 17):**

El coeficiente de correlación en la muestra de los niños fue de 0,89, mientras que en las niñas fue de 0,92, obteniendo el sexo femenino un mayor porcentaje de los parámetros explicados mediante la recta de regresión. No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre la edad cronológica y dentaria al margen del género del paciente infantil.

La diferencia entre ambas edades fue de 1,08 años en el caso de las niñas mientras que en los niños esta diferencia fue inferior al año (0,99 años).

La sobreestimación de la edad dentaria en comparación con la edad cronológica fue superior en la población de las niñas.

| Sexo | N | Edad cronológica | Edad dentaria | Diferencia de medias (años) | Significación |
|-------|-----|------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| Niños | 210 | 9,46±2,01 | 10,45±2,87 | 0,99 | 0,98 |
| Niñas | 210 | 9,47±1,99 | 10,55±3,18 | 1,08 | 0,76 |

Tabla 17: Comparación edad cronológica y dentaria por sexos

- **Por grupos de edad y teniendo en cuenta el sexo (tabla 18-21):**

En relación con el estudio de ambas edades y teniendo en cuenta cada uno de los grupos de edad, se observó como las diferencias se incrementan a medida que la edad aumenta, existiendo significancia en todos los grupos de edad.

| Grupo de Edad | N | Media edad cronológica | Media edad dentaria | Diferencia de medias (años) | Prueba T (P) |
|----------------|----|------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| 6 años | 60 | 6,48±0,27 | 6,69±0,69 | 0,21 | 0,012* |
| 7 años | 60 | 7,50±0,26 | 7,87±0,74 | 0,37 | <0,001* |
| 8 años | 60 | 8,45±0,31 | 8,99±1,62 | 0,54 | 0,009* |
| 9 años | 60 | 9,47±0,29 | 10,15±0,93 | 0,68 | <0,001* |
| 10 años | 60 | 10,46±0,28 | 11,62±1,42 | 1,16 | <0,001* |
| 11 años | 60 | 11,50±0,29 | 13,53±1,82 | 2,03 | <0,001* |
| 12 años | 60 | 12,39±0,31 | 14,66±1,70 | 2,27 | <0,001* |

Tabla 18: Comparación edad cronológica y dentaria por edades

Las diferencias de las medias, en años, observadas fueron:

- En el grupo de los 6 años, la diferencia de media entre ambas edades fue de 0,21 años.
- En el grupo de los 7 años se obtuvo una diferencia entre la edad cronológica y la edad dentaria de una sobreestimación de 0,37 años.
- A los 8 años, las diferencias entre las edades estudiadas fueron de 0,54 años
- En el grupo de los 9 años, al comparar las diferencias entre la edad dentaria y la edad cronológica se obtuvo una diferencia de 0,68, siendo superior la edad dentaria.

- En el grupo de los 10 años también se observó una sobreestimación de la edad dentaria sobre la edad cronológica, que en este caso fue de 1,16 años.
- A los 11 años, podemos encontrar una sobreestimación de la edad dentaria sobre la edad cronológica de 2,03 años.
- Por último, en el grupo de los 12 años, las diferencias observadas fueron de 2,27 de sobreestimación de la edad dentaria en comparación con la edad cronológica.

Si tenemos en cuenta los datos obtenidos al comparar ambas edades en cada grupo de edad y en el sexo masculino, observamos en todos los casos como la edad dentaria fue superior a la cronológica, siendo las diferencias estadísticamente significativas para todos los grupos de edad. La mayor diferencia en años la representa el grupo de niños a los 11 años, y la menor la del grupo de niños a los 6 años.

| NIÑOS | | | | | |
|---------------|----|------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Grupo de Edad | N | Media edad cronológica | Media edad dentaria | Diferencia de medias (años) | Prueba T (P) |
| 6 años | 30 | 6,46±0,28 | 6,67±0,76 | 0,21 | 0,043* |
| 7 años | 30 | 7,52±0,26 | 7,90±0,76 | 0,38 | 0,003* |
| 8 años | 30 | 8,46±0,30 | 9,38±2,07 | 0,91 | 0,020* |
| 9 años | 30 | 9,42±0,30 | 10,20±0,68 | 0,77 | <0,001* |
| 10 años | 30 | 10,42±0,29 | 11,70±1,34 | 1,28 | <0,001* |
| 11 años | 30 | 11,51±0,30 | 13,33±1,68 | 1,82 | <0,001* |
| 12 años | 30 | 12,44±0,30 | 13,99±1,79 | 1,55 | <0,001* |

Tabla 19: Comparación edad cronológica y dentaria por edades en niños

Si tenemos en cuenta cada grupo de edad y en el sexo femenino no se encontraron diferencias significativas a los 6 y 8 años, a diferencia del grupo de los 11 y los 12 años donde la sobreestimación de la edad dentaria fue de más de 2 años.

| NIÑAS | | | | | |
|---------------|----|------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| Grupo de Edad | N | Media edad cronológica | Media edad dentaria | Diferencia de medias (años) | Prueba T (P) |
| 6 años | 30 | 6,50±0,26 | 6,70±0,63 | 0,20 | 0,124 |
| 7 años | 30 | 7,49±0,27 | 7,83±0,74 | 0,34 | 0,023* |
| 8 años | 30 | 8,44±0,33 | 8,60±0,84 | 0,16 | 0,210 |
| 9 años | 30 | 9,52±0,26 | 10,11±1,13 | 0,59 | 0,003* |
| 10 años | 30 | 10,50±0,28 | 11,53±1,51 | 1,03 | <0,001* |
| 11 años | 30 | 11,49±0,29 | 13,72±1,96 | 2,23 | <0,001* |
| 12 años | 30 | 12,34±0,31 | 15,33±1,33 | 2,99 | <0,001* |

Tabla 20: Comparación edad cronológica y dentaria por edades en niñas

- **Por rangos de edad y teniendo en cuenta el sexo (tablas 21-23):**

La sobreestimación aplicando el método de Demirjian es superior en los pacientes mayores de 10 años, y su valor medio respecto a la diferencia entre la edad cronológica y dental fue de 1,82 años, mientras que la exactitud del método para la determinación de la edad dentaria fue mayor en el rango de los menores de 10 años, con una sobreestimación de 0,44 años. Las diferencias en cada uno de los grupos entre ambas edades fueron estadísticamente significativas.

El coeficiente de correlación en el grupo de los menores de 10 años fue de 0,81 siendo en los mayores de 10 años esta correlación de 0,61.

| Rango de edad | N | Edad cronológica | Edad dentaria | Diferencia de medias (años) | Significación |
|---------------|-----|------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| < 10 años | 240 | 7,98±1,15 | 8,42±1,67 | 0,44 | <0,001* |
| > 10 años | 180 | 11,45±0,84 | 13,27±2,07 | 1,82 | <0,001* |

Tabla 21: Comparación edad cronológica y dentaria por rangos de edad

En el grupo de niños con rango menor de 10 años, la diferencia entre la edad cronológica y edad dentaria tuvo una sobreestimación de 0,58 años en esta última, mientras que el grupo de mayores de 10 años, esta diferencia fue de 1,55 años. Existiendo significancia en ambos rangos de edad establecidos.

El coeficiente de correlación en el rango de edad menor de 10 años fue de 0,78, mientras que en el de más de 10 años fue de 0,54.

| NIÑOS | | | | | | |
|-----------|--------------|-------|---------------------|------------|-----|---------------|
| | Tipo de edad | Media | Desviación estándar | Diferencia | N | Significación |
| < 10 años | Cronológica | 7,96 | 1,14 | 0,58 | 120 | <0,001* |
| | Dentaria | 8,54 | 1,82 | | | |
| > 10 años | Cronológica | 11,46 | 0,88 | 1,55 | 90 | <0,001* |
| | Dentaria | 13,01 | 1,87 | | | |

Tabla 22: Comparación edad cronológica y dentaria por rangos de edad en niños

Al comparar el grupo de niñas, teniendo en cuenta los rangos de edad establecidos se observó como la diferencia entre la edad dentaria y la cronológica en las menores de 10 años fue de 0,32 años, mientras que en el grupo mayor de 10 años era de 2,08 años. En ambos, existió una sobreestimación de la edad dentaria sobre la cronológica y las diferencias entre ambos rangos de edad fueron estadísticamente significativas.

El coeficiente de correlación en las niñas de 6 a 9 años fue de 0,85, mientras que en el rango de más de 10 años fue de 0,70.

| NIÑAS | | | | | | |
|-----------|--------------|-------|---------------------|------------|-----|---------------|
| | Tipo de edad | Media | Desviación estándar | Diferencia | N | Significación |
| < 10 años | Cronológica | 7,99 | 1,16 | 0,32 | 120 | <0,001* |
| | Dentaria | 9,31 | 1,50 | | | |
| > 10 años | Cronológica | 11,44 | 0,81 | 2,08 | 90 | <0,001* |
| | Dentaria | 13,53 | 2,24 | | | |

Tabla 23: Comparación edad cronológica y dentaria por rangos de edad en niñas

8.4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES METRICAS Y GÉNERO: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y COMPARATIVA:

En la tabla 24 se muestran los resultados obtenidos tras el análisis estadístico de las variables métricas en función del sexo del paciente infantil.

| Variable | Sexo | N | Media | Desviación estándar | Significación |
|----------------|------|-----|-------|---------------------|---------------|
| Línea I | Niño | 210 | 27,89 | 3,80 | 0,041* |
| | Niña | 210 | 28,67 | 4,00 | |
| Línea A | Niño | 210 | 30,34 | 3,82 | 0,064 |
| | Niña | 210 | 31,08 | 4,33 | |
| Línea C | Niño | 210 | 31,73 | 3,52 | 0,619 |
| | Niña | 210 | 31,91 | 3,83 | |
| AM | Niño | 210 | 42,77 | 3,51 | 0,017* |
| | Niña | 210 | 41,93 | 3,58 | |
| AR | Niño | 210 | 51,04 | 5,06 | 0,285 |
| | Niña | 210 | 50,55 | 4,40 | |
| ACM | Niño | 210 | 3,69 | 0,46 | 0,029* |
| | Niña | 210 | 3,59 | 0,49 | |

Tabla 24: Influencia del sexo sobre las variables métricas

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos en tres variables, en la línea I se halló una diferencia de media de 1mm mayor en las niñas que en los niños, en la variable AM igualmente una diferencia de 1mm de media pero en esta ocasión mayor en los niños, y en la variable ACM, una diferencia entre ambos sexos de 0,1mm.

8.5. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES METRICAS Y EDAD CRONOLÓGICA: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y COMPARATIVA:

En las tablas 25-30 se observa tanto el análisis estadístico descriptivo y la significancia de todas las variables métricas teniendo en cuenta la edad cronológica del paciente, como el análisis comparativo entre cada uno de ellos. En primer lugar, aplicando el análisis de ANOVA, se establecieron las diferencias entre grupos de edad para cada una de las variables métricas. Posteriormente, se llevaron a cabo las correcciones de Bonferroni y así determinar entre qué grupo de edad existía significancia.

| LÍNEA I | | | | |
|---------|----|-------|---------------------|---------------|
| Edad | N | Media | Desviación estándar | Significación |
| 6 años | 60 | 25,58 | 3,59 | |
| 7 años | 60 | 26,34 | 3,59 | |
| 8 años | 60 | 28,39 | 3,15 | |
| 9 años | 60 | 29,97 | 3,33 | <0,001* |
| 10 años | 60 | 28,30 | 3,74 | |
| 11 años | 60 | 30,42 | 4,13 | |
| 12 años | 60 | 28,95 | 3,45 | |

Tabla 25: Línea I y grupo de edad

Se observaron en este estudio diferencias significativas en los siguientes grupos de edad y en la Línea I:

- A los 6 años de edad: con todos los grupos se observó significancia, a excepción de la comparación de éste con el grupo de 7 años de edad.
- A los 7 años: con todos los grupos se observó significancia, a excepción de la comparación de éste con el grupo de 6 años de edad.

- A los 8 años: se observó significancia con los grupos de 6, 7 y 11 años de edad.
- A los 9 años: se observó significancia con los grupos de 6 y 7 años de edad.
- A los 10 años: se observó significancia con los grupos de 6, 7 y 11 años de edad.
- A los 11 años: se observó significancia con los grupos de 6, 7, 8 y 10 años de edad.
- A los 12 años: se observó significancia con los grupos de 6 y 7 años de edad.

| LÍNEA A | | | | |
|---------|----|-------|---------------------|---------------|
| Edad | N | Media | Desviación estándar | Significación |
| 6 años | 60 | 27,96 | 6,63 | |
| 7 años | 60 | 29,34 | 3,59 | |
| 8 años | 60 | 30,57 | 3,84 | |
| 9 años | 60 | 32,16 | 3,80 | <0,001* |
| 10 años | 60 | 30,79 | 3,97 | |
| 11 años | 60 | 32,59 | 4,42 | |
| 12 años | 60 | 31,55 | 3,75 | |

Tabla 26: Línea A y grupo de edad

Las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de edad en la línea A fueron en los siguientes:

- A los 6 años: con todos los grupos se observó significancia, a excepción de la comparación de éste con el grupo de 7 años de edad.
- A los 7 años: se observó significancia con los grupos de 9, 11 y 12 años de edad.

- A los 8 años: se observó significancia sólo con el grupo de los 6 años de edad.
- A los 9 años: se observó significancia con los grupos de 6 y 7 años de edad.
- A los 10 años: se observó significancia sólo con el grupo de 6 años de edad.
- A los 11 años: se observó significancia con los grupos de 6 y 7 años de edad.
- A los 12 años: se observó significancia con los grupos de 6 y 7 años de edad.

| LÍNEA C | | | | |
|---------|----|-------|---------------------|---------------|
| Edad | N | Media | Desviación estándar | Significación |
| 6 años | 60 | 30,16 | 3,08 | |
| 7 años | 60 | 30,89 | 2,83 | |
| 8 años | 60 | 30,50 | 4,03 | |
| 9 años | 60 | 31,98 | 3,15 | <0,001* |
| 10 años | 60 | 32,27 | 3,54 | |
| 11 años | 60 | 32,76 | 3,56 | |
| 12 años | 60 | 34,19 | 3,86 | |

Tabla 27: Línea C y grupo de edad

Se observó la existencia de diferencias significativas para la línea C en los siguientes grupos:

- A los 6 años: se observó significancia con los grupos de 10, 11 y 12 años de edad.
- A los 7 años: se observó significancia con los grupos de 11 y 12 años de edad.
- A los 8 años: se observó significancia con los grupos de 11 y 12 años de edad.
- A los 9 años: se observó significancia sólo con el grupo de 12 años de edad.

- A los 10 años: se observó significancia sólo con el grupos de 6 años de edad.
- A los 11 años: se observó significancia con los grupos de 7, 9, 10 y 12 años de edad.
- A los 12 años: se observó significancia con los grupos de 6, 7, 8 y 9 años de edad.

| AM | | | | |
|---------|----|-------|---------------------|---------------|
| Edad | N | Media | Desviación estándar | Significación |
| 6 años | 60 | 39,54 | 2,38 | |
| 7 años | 60 | 40,22 | 2,27 | |
| 8 años | 60 | 41,22 | 3,13 | |
| 9 años | 60 | 42,09 | 2,58 | <0,001* |
| 10 años | 60 | 42,84 | 2,87 | |
| 11 años | 60 | 44,58 | 3,16 | |
| 12 años | 60 | 45,97 | 3,56 | |

Tabla 28: AM y grupo de edad

Al estudiar la variable AM, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los siguientes grupos de edad:

- A los 6 años: con todos los grupos se observó significancia, a excepción de la comparación de éste con el grupo de 7 años de edad.
- A los 7 años: se observó significancia con los grupos de 9, 10, 11 y 12 años de edad.
- A los 8 años: se observó significancia con los grupos de 6, 10, 11 y 12 años de edad.

- A los 9 años: se observó significancia con los grupos de 6, 7, 11 y 12 años de edad.
- A los 10 años: sólo se observó significancia con el grupo de 9 años de edad.
- A los 11 años: se observó significancia con todos los grupos a excepción del de 12 años de edad.
- A los 12 años: se observó significancia con todos los grupos a excepción del de 11 años de edad.

| AR | | | | |
|---------|----|-------|---------------------|-------------------|
| Edad | N | Media | Desviación estándar | Significación |
| 6 años | 60 | 46,12 | 4,52 | |
| 7 años | 60 | 48,52 | 3,48 | |
| 8 años | 60 | 49,58 | 3,87 | |
| 9 años | 60 | 51,64 | 3,71 | <0,001* |
| 10 años | 60 | 51,13 | 4,11 | |
| 11 años | 60 | 53,58 | 3,49 | |
| 12 años | 60 | 55,00 | 3,76 | |

Tabla 29: AR y grupo de edad

Al estudiar la variable AR, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los siguientes grupos de edad:

- A los 6 años: existieron diferencias estadísticamente significativas con todos los grupos de edad.
- A los 7 años: se observó significancia con los grupos de edad a excepción del grupo de los 8 años de edad.

- A los 8 años: se observó significancia con los grupos de 6, 11 y 12 años de edad.
- A los 9 años: se observó significancia con los grupos de 6, 7 y 12 años de edad.
- A los 10 años: se observó significancia con el grupo de 6, 7, 11 y 12 años de edad.
- A los 11 años: se observó significancia con el grupo de 6, 7, 8 y 10 años de edad.
- A los 12 años: se observó significancia con todos los grupos a excepción del de 11 años de edad.

| ACM | | | | |
|---------|----|-------|---------------------|---------------|
| Edad | N | Media | Desviación estándar | Significación |
| 6 años | 60 | 3,53 | 0,56 | |
| 7 años | 60 | 3,60 | 0,51 | |
| 8 años | 60 | 3,64 | 0,40 | |
| 9 años | 60 | 3,64 | 0,48 | 0,110 |
| 10 años | 60 | 3,61 | 0,47 | |
| 11 años | 60 | 3,76 | 0,45 | |
| 12 años | 60 | 3,75 | 0,47 | |

Tabla 30: ACM y grupo de edad

Al estudiar la variable ACM en ningún caso se hallaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a cada uno de los grupos de edad, y por ello no fueron evaluadas las correcciones de Bonferroni.

8.6. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES MÉTRICAS Y RANGOS DE EDAD: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y COMPARATIVA:

En la tabla 31 se muestran los resultados obtenidos al estudiar cada una de las variables métricas distribuidas por rangos de edad.

| Variable | Rango de edad | N | Media | Desviación estándar | Significación |
|----------------|---------------|-----|-------|---------------------|-------------------|
| Línea I | <10 años | 240 | 27,57 | 3,82 | <0,001* |
| | > 10 años | 180 | 29,22 | 3,86 | |
| Línea A | <10 años | 240 | 30,01 | 3,95 | <0,001* |
| | > 10 años | 180 | 31,64 | 4,10 | |
| Línea C | <10 años | 240 | 30,88 | 3,35 | <0,001* |
| | > 10 años | 180 | 33,07 | 3,72 | |
| AM | <10 años | 240 | 40,77 | 2,77 | <0,001* |
| | > 10 años | 180 | 44,46 | 3,44 | |
| AR | <10 años | 240 | 48,96 | 4,37 | <0,001* |
| | > 10 años | 180 | 53,23 | 4,10 | |
| ACM | <10 años | 240 | 3,60 | 0,49 | 0,029* |
| | > 10 años | 180 | 3,70 | 0,47 | |

Tabla 31: Variables métricas y rango de edades

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre todas las variables métricas y al comparar el grupo de 6-9 años con el de mayores de 10 años, siendo, en todos los casos, superior la media de la variable para el grupo de intervalo de edad mayor.

8.7. CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES MÉTRICAS Y EDAD CRONOLÓGICA Y DENTARIA EN EL TOTAL DE LA MUESTRA, POR GÉNERO Y RANGO DE EDAD:

Para determinar la progresión de las variables cuantitativas y el desarrollo, se aplicó una Correlación de Pearson para cada una de estas variables con la edad cronológica y dentaria, en el total de la muestra, por sexo y rango de edad.

- **En el total de la muestra:** en la tabla 32 y 33 se exponen los resultados de dicha correlación para el total de la muestra teniendo en ambas modalidades de edad.

| Variable | Valor | Significación |
|----------|-------|---------------|
| Línea I | 0,34 | <0,001* |
| Línea A | 0,31 | <0,001* |
| Línea C | 0,35 | <0,001* |
| AM | 0,60 | <0,001* |
| AR | 0,58 | <0,001* |
| ACM | 0,15 | 0,002* |

Tabla 32: Correlación entre variables métricas y edad cronológica en el total de la muestra

Las variables que presentaron un coeficiente de correlación más elevado son AM y AR, con un valor de 0,60 y 0,58 respectivamente. Según los criterios de Landis y Koch estos valores se consideran moderados (130).

| Variable | Valor | Significación |
|----------|-------|---------------|
| Línea I | 0,31 | <0,001* |
| Línea A | 0,28 | <0,001* |
| Línea C | 0,34 | <0,001* |
| AM | 0,56 | <0,001* |
| AR | 0,51 | <0,001* |
| ACM | 0,15 | 0,001* |

Tabla 33: Correlación entre las variables métricas y edad dentaria en el total de la muestra

Al estudiar la edad dentaria los valores más elevados de estos coeficientes se observaron en las mismas variables, siendo éstos de 0,56 y 0,51 respectivamente para AM y AR.

- **Género:** en las tablas 34 y 35 se muestran los resultados obtenidos en las correlaciones distribuidas por sexo y para cada una de las variables métricas, así como edad cronológica y edad dentaria.

| Variable | Sexo | Valor | Significación |
|----------|------|-------|---------------|
| Línea I | Niño | 0,27 | <0,001* |
| | Niña | 0,40 | <0,001* |
| Línea A | Niño | 0,25 | <0,001* |
| | Niña | 0,37 | <0,001* |
| Línea C | Niño | 0,38 | <0,001* |
| | Niña | 0,32 | <0,001* |
| AM | Niño | 0,58 | <0,001* |
| | Niña | 0,63 | <0,001* |
| AR | Niño | 0,64 | <0,001* |
| | Niña | 0,50 | <0,001* |
| ACM | Niño | 0,09 | 0,186 |
| | Niña | 0,21 | 0,002* |

Tabla 34: Correlación entre las variables métricas y edad cronológica por sexo

En el grupo de los niños, las variables métricas que presentan un mayor coeficiente de correlación teniendo en cuenta la edad cronológica son AM y AR, siendo un coeficiente de correlación de 0,58 y 0,64 respectivamente, siendo el primero clasificado como moderado y el segundo notable, según los criterios de Landis y Koch.

Por otro lado, en el grupo de las niñas, las mismas variables presentan un coeficiente de correlación más elevado, pero el coeficiente de AM es de 0,63 (notable) y el de AR de 0,50 (moderado).

Para el resto de variables se obtuvieron coeficientes de correlación entre 0,09 y 0,40, en ambos sexos.

| Variable | Sexo | Valor | Significación |
|----------|------|-------|---------------|
| Línea I | Niño | 0,26 | <0,001* |
| | Niña | 0,36 | <0,001* |
| Línea A | Niño | 0,24 | <0,001* |
| | Niña | 0,32 | <0,001* |
| Línea C | Niño | 0,35 | <0,001* |
| | Niña | 0,33 | <0,001* |
| AM | Niño | 0,56 | <0,001* |
| | Niña | 0,57 | <0,001* |
| AR | Niño | 0,58 | <0,001* |
| | Niña | 0,45 | <0,001* |
| ACM | Niño | 0,06 | 0,390 |
| | Niña | 0,24 | <0,001* |

Tabla 35: Correlación entre las variables métricas y la edad dentaria por sexo

Al correlacionar las variables métricas con la edad dentaria, las variables AM y AR presentaron el mayor coeficiente de correlación en ambos sexos. En ningún caso se sobrepasó el valor de 0,60 en ambos sexos.

- **Rangos de edad:** en las tablas 36 y 37 se exponen los resultados obtenidos al aplicar la correlación de Pearson por rangos de edad, tanto para edad cronológica como para la dentaria.

| Variable | Sexo | Valor | Significación |
|----------|-----------|-------|-------------------|
| Línea I | < 10 años | 0,46 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,08 | 0,278 |
| Línea A | < 10 años | 0,42 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,07 | 0,383 |
| Línea C | < 10 años | 0,20 | 0,001* |
| | > 10 años | 0,18 | 0,014* |
| AM | < 10 años | 0,37 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,36 | <0,001* |
| AR | < 10 años | 0,44 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,40 | <0,001* |
| ACM | < 10 años | 0,10 | 0,114 |
| | > 10 años | 0,16 | 0,028* |

Tabla 36: Correlación de las variables métricas y edad cronológica por rango de edad

Los resultados obtenidos en el grupo menor de 10 años muestran mayores coeficientes de correlación entre la edad cronológica y las variables métricas Línea I, AR y Línea A, siendo estos valores superiores a 0,40, lo que indica una correlación moderada. En el grupo de los pacientes infantiles mayores de 10 años, la variable AR fue la única que obtuvo un coeficiente de correlación de 0,40, siendo el valor del resto de variables métricas inferiores.

| Variable | Sexo | Valor | Significación |
|----------|-----------|-------|-------------------|
| Línea I | < 10 años | 0,40 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,09 | 0,224 |
| Línea A | < 10 años | 0,38 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,04 | 0,579 |
| Línea C | < 10 años | 0,19 | 0,004* |
| | > 10 años | 0,17 | 0,026* |
| AM | < 10 años | 0,41 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,19 | 0,009* |
| AR | < 10 años | 0,40 | <0,001* |
| | > 10 años | 0,17 | 0,020* |
| ACM | < 10 años | 0,11 | 0,081 |
| | > 10 años | 0,13 | 0,092 |

Tabla 37: Correlación entre las variables métricas y edad dentaria por rango de edad

Al comparar cada una de las variables con la edad dentaria distribuidas por rango de edad, se observó, en el grupo de niños/as menores de 10 años, que las variables métricas Línea I, AM y AR presentaban un coeficiente de correlación similar, de 0,40 y 0,41, lo que se considera moderado, mientras que en el grupo de los mayores de 10 años ninguno de los coeficientes fue superior a 0,20.

8.8. ESTUDIO DE LA REGRESIÓN LINEAL:

Finalmente, se aplicó una regresión lineal con las 6 variables de estudio y la Edad Dentaria para el total de la muestra, eliminando aquellas que no se ajustasen a la recta de regresión. Se incluyeron edad dentaria, AR y AM.

Con estas tres variables, el coeficiente de determinación (r^2) obtenido fue de 0,830, por lo que un 83% de los valores obtenidos eran explicados por la edad, mientras que el 17% restante no fue justificado por la variable edad. Según los criterios de Landis y Koch, esta correlación, al ser superior a 0,80, fue considerada casi perfecta (130).

La fórmula de la recta de regresión sería la siguiente:

$$\text{Edad Cronológica} = -0,322 + 0,528ED + 0,050AR + 0,040AM$$

Posteriormente se aplicó la recta de regresión en función del sexo del paciente. En los niños, las variables incluidas fueron Edad dentaria, AR y Línea C. El coeficiente de correlación obtenido fue de 0,813, quedando explicados un 81,3% de los resultados por la edad. La fórmula de la recta de regresión fue:

$$\text{Edad Cronológica} = -1,729 + 0,516ED + 0,080AR + 0,054LC$$

En las niñas, las variables incluidas fueron Edad dentaria, AM y Línea I. El coeficiente de correlación obtenido fue de 0,859, quedando explicados un 85,9% de los resultados por la edad. La fórmula de la recta de regresión fue:

$$\text{Edad Cronológica} = -0,105 + 0,510ED + 0,077AM + 0,034LI$$

En último lugar, se empleó la recta de regresión en función del rango de edad del paciente. En los menores de 10 años las variables incluidas fueron Edad dentaria, Línea I y AR, obteniendo un coeficiente de correlación de 0,674, por lo que un 67,4% de los resultados quedaban explicados por la edad, lo que se considera como notable (130). La fórmula de la recta de regresión fue:

$$\text{Edad Cronológica} = 1,647 + 0,495ED + 0,036LI + 0,024AR$$

En los mayores de 10 años, las variables incluidas fueron Edad y AR. El coeficiente de correlación obtenido fue de 0,462, quedando explicados un 46,2% de los resultados por la edad, considerándose la correlación como moderada. La fórmula de la recta de regresión fue:

$$\textit{Edad Cronológica} = 5,112 + 0,227ED + 0,062AR$$

9. DISCUSIÓN

9. DISCUSIÓN

Debido a la necesidad cada vez mayor de estimar la edad biológica de un individuo, ya sea en el caso de que no se conozca la edad cronológica, como en cadáveres, desaparecidos o personas sin documento válido de identidad, o que sí se conozca, ante enfermedades sistémicas o en la planificación de tratamientos de odontopediatría y ortodoncia, poder establecer la edad mediante variables métricas sobre la rama mandibular en radiografía panorámica puede ser un método alternativo, que aporte una mayor cantidad de información en una misma imagen, con aplicación tanto en especialidades médicas y dentales como a nivel forense.

La mandíbula es un hueso que presenta un marcado potencial de crecimiento, y que durante la infancia y adolescencia va a sufrir importantes cambios. Este hueso ya es empleado a la hora de identificar cadáveres como determinador de la edad o del sexo, debido a que presenta una elevada resistencia ante agentes físicos que pueden alterar el estado de los restos humanos. Su uso en individuos vivos también ha sido documentado, aunque con menor frecuencia.

En la literatura consultada tan solo un estudio evalúa la validez de las mediciones sobre la rama mandibular en radiografías panorámicas para determinar la edad, en una población venezolana de 6 a 12 años (5), mientras que sí se encontraron un mayor número de investigaciones que determinan la edad en mandíbulas desecadas de restos humanos. En estos artículos, es más frecuente el uso de la mandíbula para estudiar el dimorfismo sexual, aunque también se evalúa la edad de subadultos (2, 3, 48, 119, 125).

Otra radiografía rutinaria en odontología que se ha empleado para determinar la edad analizando la rama mandibular es la telerradiografía lateral de cráneo. Autores como De Oliveira y cols. (2015) empleaban esta proyección para medir la longitud de la rama de la mandíbula y establecer si los pacientes observados eran mayores o menores de 18 años. Rai y cols. (2008), establecieron un aumento de tamaño de la rama y el cuerpo de la mandíbula, el cual se iba a produciendo anualmente entre los 7 y los 20 años de edad (1, 122). Minier y cols. (2014) en mandíbulas fetales, mediante la tomografía computarizada, estimaron la edad del feto y la comparaban con la longitud del fémur (120).

El tipo de estudio empleado por nosotros fue de carácter transversal, de la misma forma que en los estudios similares realizados por otros autores (1-3, 5, 48, 119, 120, 122, 125).

9.1. MATERIAL Y MÉTODO:

- **Edad cronológica y grupo poblacional:**

La selección de la muestra, limitando la edad de los participantes a edades comprendidas entre los 6 y los 12 años, se basó en los resultados observados en investigaciones previas, donde la mayor cantidad de autores coinciden en que la estimación de la edad biológica es más fiable cuanto menor sea la edad de la persona estudiada, a diferencia de los adolescentes, en los que la precisión va disminuyendo. En el estudio previo llevado a cabo y con una metodología similar, se determinó la edad en niños de 6 a 9 años, por lo que posteriormente se amplió la muestra hasta los 12 años para obtener una mayor información.

Espina-Fereira y cols. (2007) realizaron un estudio con una metodología equivalente, en el que se incluyeron niños venezolanos de 6 a 12 años de edad, razón por la que se ha establecido los 12 años como límite superior (5). El límite inferior fue seleccionado en base al hecho de que los 6 años es la edad más frecuente para solicitar la primera radiografía panorámica, siendo escasas estas proyecciones en niños de menos de 5 años.

Franklin y cols. (2007) aseveran que los errores que se pueden observar a la hora de establecer la edad de un individuo son de menor magnitud cuando las personas estudiadas están por debajo de la edad de 10 años, mientras que aumentan al sobre pasar este umbral (4). Por esta razón, y para poder comparar los resultados obtenidos se distribuyó la muestra en dos rangos de edades, de 6 a 9 años y de 10 años en adelante. Según el estudio de Franklin y cols. (2008), excluir a los adolescentes (individuos con más de 10 años), va a reducir de forma marcada los errores y asocia la diferencia en la eficacia de la predicción de la edad con las trayectorias de crecimiento (2).

La mandíbula va a alcanzar un tamaño similar al final a los 8 años de edad, siendo su promedio el 85,7% del tamaño final, aunque sigue creciendo hasta los 15-17 años de edad, por lo que cuanto menor sea el individuo estudiado, mayores serán los cambios producidos por el crecimiento (4). Alrededor de los 10 años, el crecimiento va a disminuir considerablemente, con la excepción de un pico de crecimiento que se produce a los 14 años, con un ligero aumento de tamaño (1, 2). Por otro lado, Maber y

cols. (2006) no encontraron en su estudio diferencias en la exactitud a la hora de predecir la edad en los individuos de menor edad en comparación con aquellos mayores (4, 101).

Al revisar la bibliografía sobre la determinación de la edad dentaria mediante el método de Demirjian, se comprobó que en la mayor parte de los estudios se incluían niños con edades comprendidas entre los 5 y los 15 años (12, 13, 20, 22, 35, 37, 60, 62, 65, 68, 73, 102, 105), aunque investigaciones como la de Feijoo y cols. (2012) o Cruz Landeira y cols. (2010) incluyen niños de los 2 años en adelante, hasta los 16 y 18 años respectivamente (18, 19, 72)

Ubelaker y cols. (1978) no encontraron diferencias marcadas en la eficacia de la estimación de la edad entre los individuos más jóvenes y los mayores, por lo que establecieron que *“el desarrollo dental proporciona los resultados más fiables, especialmente entre el nacimiento y los 10 años de edad”* (2, 4). Reppien y cols. (2006) concluyeron que la estimación de la edad dentaria en un niño pequeño se puede llevar a cabo con un rango de variación de 2 años, mientras que en el caso de individuos subadultos, este rango aumenta hasta los 4 años (2, 4, 11).

Se estableció en los criterios de inclusión que los sujetos seleccionados para el estudio debían ser de raza caucásica, para intentar eliminar posibles sesgos causados por la procedencia de los sujetos. Está demostrado que las poblaciones van a diferir en términos de tamaño corporal, robusticidad y en el grado de dimorfismo sexual. Estas características tienen un impacto en la extensión y la magnitud de la forma y el tamaño óseo. Las poblaciones normalmente van a diferir en parámetros ambientales y sociales, que pueden tener un impacto en el crecimiento óseo y en el desarrollo, influenciando en la morfología de los elementos óseos. Estos factores pueden incluir localización geográfica (altitud o clima), acceso a una nutrición adecuada, exposición a enfermedades infecciosas, la disponibilidad de tratamientos o cuidados y las condiciones de vida (124).

- **Técnica radiográfica:**

La ortopantomografía es una de las técnicas radiográficas más comunes y aceptadas en odontología, ya que reproduce en una misma imagen todas las estructuras faciales necesarias para la realización de este estudio, incluyendo los arcos maxilar y mandibular, los dientes superiores e inferiores, la articulación tempormandibular y las estructuras de soporte (135, 136). Se considera que la radiografía es uno de los métodos con mayor precisión para la determinación de la edad de un individuo (134).

Las mediciones dimensionales realizadas sobre esta imagen radiográfica pueden estar sometidas a un error de metodología considerable, ya que puede haber una distorsión entre el tamaño real y el mostrado por la imagen, siendo la responsable de esta magnificación la posición del objeto entre la fuente de rayos X y la película radiográfica (135, 136). Para intentar disminuir este error, todas las radiografías panorámicas utilizadas en este estudio fueron llevadas a cabo con el mismo ortopantógrafo, en el mismo centro radiográfico y siguiendo las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

La magnificación no es el único error que va a afectar a la radiografía panorámica, sino que el desplazamiento también va a ser un problema en este tipo de imágenes. Las mediciones verticales van a ser más fiables que las horizontales, ya que estas últimas van a estar afectadas por la variación no lineal en la magnificación de las diferentes profundidades del objeto. Tronje y cols. establecieron que las mediciones verticales en radiografías panorámicas tienen una mayor fiabilidad que las mediciones horizontales si los pacientes están posicionados de forma correcta (135, 136). Aquellas medidas horizontales que crucen la línea media, extendiéndose entre los procesos condilares de ambos lados, presentan unos valores de magnificación de 1,45 a 1,85, en comparación con mandíbulas desecadas, mientras que cuando no cruzan la línea media, los valores de magnificación disminuyen, quedándose entre ,97 y 1,07 (135). Es posible medir con precisión distancias verticales u horizontales en la ortopantomografía, siempre que la distancia se mida en un único lado de la mandíbula, el derecho o el izquierdo, y que no atraviese la línea media mandibular (135).

Las mejoras en las características técnicas de los ortopantógrafos, así como la introducción de la radiografía digital en sustitución de la convencional ha disminuido de

forma considerable los errores anteriormente referidos, tal y como afirman Van Elslande y cols (2008) (136).

Con el objetivo de disminuir la magnificación, en este estudio se utilizaron solo medidas que no atravesaban la línea media y todas las radiografías se realizaron con el mismo equipo.

● Mediciones de las estructuras óseas:

No son frecuentes los estudios que evalúen la edad sobre radiografías panorámicas en la mandíbula, ya que la mayor parte de los estudios emplean mandíbulas desecadas, entre ellos los de Franklin y cols. (2007-2008) o Norris y cols. (2002) (2, 4, 137), siendo el de Espina-Fereira y cols. (2007) el único realizado sobre ortopantomografías (5). En los estudios de Rai y cols. (2008) y De Oliveira y cols. (2015) se evaluó la edad en la rama mandibular, pero sobre telerradiografías laterales de cráneo en vez de en radiografías panorámicas (1, 122)

Espina-Fereira y cols. (2007) llevaron a cabo un estudio en 128 niños venezolanos con edades comprendidas entre los 6 y los 12 años, en el que estimaron la edad ósea mediante el método de Greulich & Pyle, la edad dentaria con el método de Demirjian, estableciendo una serie de medidas lineares y angulares sobre la rama mandibular con el propósito de establecer un método para la determinación de la edad biológica en radiografías panorámicas, que de forma conjunta con los otros dos métodos, pudiese incrementar la precisión a la hora de determinar la edad tanto en cadáveres como en individuos vivos sin documentación válida (5).

En nuestro estudio se emplearon las mismas mediciones lineales que en el de Espina-Fereira y cols., descartando las medidas angulares, al no ofrecer estas últimas una correlación con la edad cronológica. En estudio previo que realizó este mismo equipo de investigación sí se midieron las variables angulares, pero tampoco se obtuvieron evidencias de la existencia de una correlación entre el aumento de la edad y cambios en estas variables (129).

Emplear un método basado en mediciones lineares puede ser una avance práctico, ya que la subjetividad a la hora de establecer la edad va a ser menor, tal y como afirman De Oliveira y cols. (2015) y Franklin y cols. (2007) (1, 4).

9.2. EDAD DENTARIA:

El método de Demirjian es el sistema más empleado para la determinación de la edad dentaria en radiografías panorámicas, ampliamente utilizado por multitud de autores a lo largo de los años, por lo que su utilidad ha sido largamente demostrada en poblaciones de todo el mundo (6, 18-20, 56, 64, 65, 67, 72, 99, 100, 102, 104, 105, 111). El problema principal que presenta es que tiende a sobreestimar la edad de los individuos estudiados, al ser la muestra original población de origen franco-canadiense, por lo que se ha propuesto la realización de tablas de población específicas para las distintas regiones, pudiendo encontrarse diferencias incluso entre ciudades y áreas geográficas de un mismo país (22, 100, 111).

A pesar de que la sobreestimación puede ser de hasta un año, se sigue considerando que este método es confiable, al estar cada una de las etapas bien establecidas, tanto mediante ilustraciones como descripciones verbales, en las que se determinan las longitudes relativas de la corona y la raíz, disminuyendo el efecto de los errores producidos por la técnica radiográfica (6, 65). En antropología y ciencias forenses se considera que una diferencia de 1 año en la estimación de la edad es exacta (6).

El tamaño muestral y las edades comprendidas varían de forma marcada en los diferentes estudios consultados, estando nuestro tamaño muestral, 420 niños, en la media, aunque que la mayoría de los estudios incluyen individuos de más edad que los 12 años. En nuestro caso se estableció esta edad como corte debido a que el crecimiento mandibular en la adolescencia es muy limitado. En la tabla 38 se pueden observar los tamaños muestrales y las edades de los estudios consultados, ordenados de mayor a menor número de sujetos estudiados.

| Autor | Año de publicación | País de origen | Número de individuos | Edades comprendidas |
|----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|
| Demirjian y cols. | 1973 | Canadá | 2928 | 2-20 años |
| Liversidge y cols. | 2010 | Europa | 9371 | 2-18 años |
| Moze y cols. | 2012 | Trinidad y Tobago, Reino Unido | 2997 | No refiere |
| Melo y cols. | 2016 | España | 2641 | Hasta 21 años |
| Yang y cols. | 2018 | China | 1249 | 8-16 años |
| Hegde y cols. | 2017 | India | 1200 | 5-15 años |
| Kelmendi y cols. | 2018 | Kósovo | 1022 | 5-14 años |
| Feijoo y cols. | 2012 | España | 1010 | 2-16 años |
| Sobieska y cols. | 2018 | Polonia | 1002 | 4-17 años |
| Maber y cols. | 2006 | Inglaterra | 946 | 3-17 años |
| Celik y cols. | 2014 | Turquía | 932 | 4-18 años |
| Ozveren y cols. | 2018 | Turquía | 766 | 6-15 años |
| Urzel y cols. | 2013 | Francia | 743 | 4-15 años |
| Rozylo-Kalinowska y cols. | 2010 | Polonia | 718 | 6-17 años |
| Cericato y cols. | 2016 | Brasil | 576 | 7-18 años |
| Esan y cols. | 2018 | Sudáfrica | 540 | 5-16 años |
| Santoro y cols. | 2012 | Italia | 535 | 7-15 años |
| Ginzlova y cols. | 2015 | República Checa | 505 | 3-18 años |
| Ambarkova y cols. | 2014 | Macedonia | 481 | 6-13 años |
| Wolf y cols. | 2016 | Alemania | 479 | 6-14 años |
| Real y cols. | 2019 | España | 420 | 6-12 años |
| Flood y cols. | 2013 | Australia | 408 | 5-14,5 años |
| Lopes y cols. | 2018 | Brasil | 403 | 7-13 años |
| Kamal y cols. | 2018 | Pakistán | 360 | 7-18 años |
| Apaydin y cols. | 2018 | Turquía | 330 | 5-16 años |
| Cruz-Landeira y cols. | 2010 | España | 308 | 2-18 años |
| Medina y cols. | 2014 | Venezuela | 238 | 5-13 años |
| Cruz-Landeira y cols. | 2010 | Venezuela | 200 | 2-18 años |

| | | | | |
|-----------------------|------|-------|-----|-----------|
| Hegde y cols. | 2002 | India | 197 | 6-13 años |
| Macha y cols. | 2017 | India | 100 | 6-14 años |
| Sarkar y cols. | 2013 | India | 100 | 5-24 años |

Tabla 38: Tamaño muestral en orden decreciente y rangos de edad

En relación al límite inferior de edad, estudios como el original de Demirjian y cols. (1973) incluyen niños desde los 2 años, los de Liversidge y cols. (2010), Feijoo y cols. (2012) o Cruz-Landeira y cols. (2010), también mantienen ese límite inferior de edad (18, 56, 72, 111,). Pero en la mayor parte de los estudios encontrados el límite inferior suele estar entre los 4 y los 6 años, como en las investigaciones de Hegde y cols. (2017), Kelmendi y cols. (2018), Sobieska y cols. (2018), Celik y cols. (2014), Ozveren y cols. (2018) o Urzel y cols. (2013) (6, 13, 62, 68, 71, 100).

El límite de edad superior también es muy variable entre los diferentes estudios, encontrando autores que determinaron la edad hasta los 13 años, como Lopes y cols. (2018) o Ambarkova y cols. (2014), a los 14 años Wolf y cols. (2016), 15 años Santoro y cols. (2012), 16 años Feijoo y cols. (2012), 17 años Maber y cols. (2006) o 18 años en el de Liversidge y cols. (2010), llegando en ocasiones a superar los 20 años, como en el estudio de Melo y cols. (2016) o Sarkar y cols. (2013) (18, 22, 37, 73, 101, 105, 111).

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, el método de Demirjian para la estimación de la edad dentaria sobreestima de media 1,03 años en comparación con la edad cronológica. Al analizar los datos en ambos sexos se observó que, aunque la sobreestimación en el caso de las niñas (1,08 años) fue mayor que en los niños (0,98 años), las diferencias entre ambos sexos no fueron estadísticamente significativas. En los diferentes grupos de edad, se mantuvo la sobreestimación de la edad dentaria en comparación con la cronológica, siendo las diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos y viéndose un aumento paulatino de la diferencia entre ambas edades, siendo a los 6 años de 0,21 años y a los 12 años de 2,27 años.

La sobreestimación de la edad dentaria con el método de Demirjian es un resultado muy común en los diferentes estudios valorados, ya que en la mayoría se

repite esta característica, independientemente de la procedencia de los individuos observados, aunque sí hay variaciones en la diferencia entre ambas edades. Solo se han encontrado tres estudios en la bibliografía consultada que refieran una subestimación de la edad con el método de Demirjian, que fueron Yang y cols. (2018), que en población china encontró una subestimación de 0,3 años en el caso de los niños, mientras que en las niñas sí que refieren una sobreestimación de la edad dentaria, Sobieska y cols. (2018), en población polaca, refieren una subestimación de 0,3 años con el método de Demirjian, y Cruz Landeira y cols. (2010) en población venezolana, con una subestimación de 0,2 años en los niños y 0,1 años en las niñas. La población de origen empleada en estos tres estudios es diferente a la nuestra (asiática, eslava y latinoamericana respectivamente), lo que puede ser la causa de las diferencias encontradas (38, 71, 72).

Aunque la mayoría de los artículos consultados en la bibliografía determinan que Demirjian sobreestima la edad, en la mayor parte de los casos esta sobreestimación es inferior al año, excepto en los estudios de Rozylo Kalinowska y cols. (2011), que observaron una sobreestimación media de 0,99 años en los niños y 1,10 años en las niñas, en una población de 718 niños de 6 a 17 años de Polonia, o el de Santoro y cols. (2012), en el que determinaron que la sobreestimación media fue de 1,0 en los niños y de 1,1 en las niñas en una población italiana (22, 67).

Por el contrario, la sobreestimación encontrada por autores como Maber y cols. (2006), Apaydin y cols. (2018) o Hegde y cols. (2010) fue mínima. Apaydin y cols. (2018) establecieron en su estudio que en los 330 niños turcos que valoraron había una diferencia media de 3 meses entre la edad dentaria y la cronológica, y Hegde y cols. (2002) en la India, determinaron que las diferencias entre las edades fueron de 0,14 en los niños y de 0,04 en las niñas (12, 20, 101.), aunque posteriormente este mismo equipo de investigación realizó un estudio con una muestra de mayor tamaño en la misma población, encontrando unas diferencias de 0,5 años de media (62).

Dado que el origen de la población de estudio es una de las razones por las que los autores afirman que puede haber mayores diferencias a la hora de estimar la edad, es necesario comparar los resultados con los de aquellos estudios realizados en población caucásica (6, 13, 17-19, 38, 45, 65, 66, 71, 72, 105). No se conoce con seguridad cuales son las causas de esas diferencias entre las distintas poblaciones, aunque podrían ser debidas a la nutrición, el clima, el nivel socioeconómico de la región o a las condiciones

genéticas, entre otros factores (6, 17, 65, 99, 100), aunque Liversidge (2010) refiere que las diferencias poblacionales encontradas no se deben al origen o al nivel socioeconómico de cada región, sino que se deben a complejas ecuaciones y a la inclusión de individuos maduros, aunque concluye diciendo que el método de Demirjian no es válido para comparar la maduración dentaria entre diferentes regiones o grupos étnicos (111).

En población europea destacan los estudios de Maber y cols. (2006) en niños ingleses, Urzel y cols. (2013) en población francesa, Santoro y cols. (2012) en italianos y Wolf y cols. (2016) en alemanes. En población española encontramos los artículos de Feijoo y cols. (2012), Cruz-Landeira y cols. (2010) y Melo y cols. (2016).

Maber y cols. (2006) en su estudio realizado en 946 niños ingleses con edades comprendidas entre los 3 y los 17 años, tanto de origen bangladesí como ingleses caucásicos, sin encontrar diferencias por grupo étnico. Determinaron que el método de Demirjian sobreestima la edad 0,25 años en los niños y 0,23 años en las niñas, encontrando diferencias estadísticamente significativas con la edad cronológica, aunque no entre sexos. Estos autores no encontraron una mayor exactitud en los grupos de menor edad que en los de mayor edad, a diferencia de nuestros resultados (101).

Urzel y cols. (2013) determinaron la edad dentaria de 743 niños franceses, con edades entre los 4 y los 15 años, obteniendo como resultados que, de media, el método de Demirjian sobreestima la edad 0,46 años en los niños y 0,45 en las niñas, mostrando diferencias significativas en la mayoría de grupos de edad. A diferencia de los resultados de nuestro estudio, la sobreestimación de la edad dentaria no aumentaba de forma proporcional con el aumento de la edad cronológica, ni sobrepasaba el año de diferencia entre ningún grupo de edad. Una de las razones que esgrimen para explicar la sobreestimación con respecto a los valores originales del método de Demirjian es la tendencia secular positiva en el crecimiento y el desarrollo que se ha observado en las últimas décadas, lo que también puede ser la causa de que nuestros resultados por grupos de edad difieran con los de este estudio (6).

Santoro y cols. (2012) realizaron un estudio sobre una población italiana de 535 de entre 7 y 15 años de edad, encontrando una sobreestimación de 1,0 años en el caso de los niños y de 1,1 en el caso de las niñas. Para estudiar estas diferencias de forma más concreta, dividieron la muestra en 4 cuartiles, siendo la diferencia entre ambas edades

mayor según la edad cronológica aumentaba, pasando de 0,7 años de sobreestimación en los niños de 9 años a 1,5 en los de 12 en adelante. Las similitudes en la sobreestimación en este estudio con nuestros resultados pueden ser debidos al origen de la población y a las similitudes culturales y socioeconómicas de Italia y España (22).

Wolf y cols. (2016) estudiaron una muestra de 479 niños alemanes, de entre 6 y 14 años, en los que de media se observó una sobreestimación de la edad dentaria sobre la cronológica de 0,16 años en los niños y de 0,18 en las niñas. En este caso, algunos de los grupos de edad mostraban una subestimación de la edad, aunque la media final quedase como sobreestimación. Los autores afirman que las radiografías utilizadas en el estudio fueron realizadas entre los años 1986 y 2005, lo que puede ser la causa de la menor sobreestimación de la edad en comparación con nuestro estudio, y no especifican el origen de los niños (73).

Se han encontrado 3 investigaciones en la bibliografía consultada que apliquen el método de Demirjian en población española:

Feijoo y cols. (2012), en un estudio llevado a cabo en 1010 niños españoles con edades comprendidas entre los 2 y los 16 años establecieron que este método sobreestima la edad de media 0,87 años en los niños y 0,55 años en las niñas, ligeramente por debajo de la sobreestimación que hemos obtenido como resultado en nuestro estudio. Esta diferencia puede ser debida al límite inferior de la edad, ya que a menor edad cronológica mayor va a ser la precisión a la hora de determinarla. Al incluir individuos de corta edad puede hacer que la media descienda (18, 19). Feijoo y cols. (2012) observaron que los rangos en los que la diferencia entre la edad dentaria y la cronológica era mayor fueron de los 10 a los 12 años, con valores superiores a un año de diferencia, tanto para niños como para niñas, de forma similar a lo observado en nuestro estudio. Sin embargo, en el grupo de los 5 y los 6 años los autores del estudio sí encontraron diferencias de alrededor de un año, mientras que nuestros resultados muestran que el grupo de los 6 años es el que menos diferencias presenta entre la edad dentaria y la cronológica (18, 19).

Cruz-Landeira y cols. (2010) llevaron a cabo un estudio sobre población española y venezolana, en el que determinaron la edad de 308 españoles caucásicos y 200 venezolanos amerindios con edades comprendidas entre los 2 y los 18 años, obteniendo como resultados que el método de Demirjian sobreestimó la edad en

población española y la subestimó en población venezolana. La diferencia media en la muestra española fue de 0,76 años en niños y 0,88 años en niñas, siendo mayor la diferencia de edades en las niñas que en los niños, de forma similar a lo obtenido en nuestros resultados. Estos autores explican la sobreestimación obtenida en comparación con el estudio original de Demirjian refiriendo que el grupo étnico es diferente entre los españoles y los franco-canadienses y el intervalo de tiempo entre los dos estudios (72).

En la investigación de Melo y cols. (2016), se determinó la edad de 2641 niños valencianos a los que se les había realizado una radiografía panorámica entre los años 2010 y 2014, tomando como límite superior de edad los 21 años. Los resultados obtenidos mostraron una sobreestimación media del método de Demirjian de 0,85 años, distribuyendo la muestra total en 3 grupos, menores de 14, 14-18 años y mayores de 18 años. Dado que la edad de nuestros pacientes alcanza hasta los 12 años, el grupo que tiene un mayor interés para nosotros es el de los menores de 14 años. En este grupo encontraron que el método de Demirjian sobreestima en el caso de los niños 0,68 años y 0,37 años en las niñas, a diferencia de nuestros resultados en los que la diferencia en las niñas es mayor que en los niños (14).

9.3. ANÁLISIS MANDIBULAR:

- **Dimorfismo sexual:**

La precisa estimación del sexo de restos óseos es un paso esencial a la hora de reconstruir el perfil biológico de un individuo, junto con la edad, la estatura y la raza (7, 124, 127). En la estimación del sexo de individuo, los métodos morfológicos suelen ser los preferidos frente a los métodos moleculares, debido al coste y al tiempo necesario para la extracción del ADN y la amplificación (124, 126). En contraste con los métodos morfológicos disponibles bien establecidos y altamente precisos para la estimación del sexo en adultos, la estimación de este en individuos jóvenes es ampliamente reconocida como una tarea compleja que se enfrenta a una serie de retos (124). El desarrollo y las pruebas de método para la determinación del sexo en jóvenes es un área sometida a una investigación activa, centrándose principalmente en aquellos sistemas que implican un análisis cuantitativo sobre los métodos de puntuación visual, particularmente aquellos basados en el análisis de la forma (124).

La razón principal por la que averiguar el sexo en individuos jóvenes es tan complejo es porque, a pesar de que el dimorfismo puede estar presente en edades tempranas en algunos elementos óseos, normalmente no se considera que alcance unos niveles adecuados para una discriminación fiable hasta después de la adolescencia. Como resultado, las técnicas aplicadas de forma rutinaria en casos de estimación del sexo en individuos adultos, como la pelvis o el cráneo (124, 126, 138), no captan diferencias sutiles entre ambos géneros en individuos jóvenes (124).

De acuerdo con lo observado en la literatura, la mandíbula no es un buen determinador del dimorfismo sexual en los individuos subadultos, ya que se considera que hasta los 15 años no comienzan a observarse diferencias entre ambos géneros (1, 4, 48, 119, 122, 123, 125). De esa edad en adelante, su papel como indicador del sexo aumenta, llegándose a considerar que es hueso que presenta el mayor dimorfismo sexual del cráneo en adultos (119, 126, 139, 138), siendo las zonas más dimórficas el ángulo gonial, el cóndilo, la longitud máxima y la altura máxima de la rama mandibular (139, 138, 127, 7). Los lugares que se van a asociar con el mayor número de cambios morfológicos en tamaño y remodelación durante el desarrollo (el cóndilo y la rama en particular) son generalmente los más dimórficos (7, 127) La etiología de estas

variaciones es atribuible a las diferentes trayectorias de crecimiento así como a las adaptaciones funcionales. Se ha demostrado que la mandíbula en el caso de los niños continúa creciendo después de la adolescencia, en relación con el maxilar y nasion, mientras que en las niñas, la mandíbula generalmente no muestra el mismo patrón de crecimiento. La rama mandibular en sexo masculino suele ser un 14% más larga que en el femenino, mientras que la diferencia en otras regiones de la cara entre sexos no supera el 8% (127).

El ángulo gonial en individuos adultos puede servir como determinador del sexo, obteniendo una precisión entre el 59 y 99% en función de los artículos consultados (138). La configuración femenina de este ángulo es más obtuso, mientras que en los hombres es más cerrado, y parece ser que se debe a la inserción de los músculos masticatorios, por lo que parece ser plausible sugerir que las fuerzas mecánicas específicas de cada sexo incluidas en el aparato masticatorio pueden influir de forma directa en el desarrollo de los músculos mandibulares y como consecuencia en los huesos donde estos se insertan (7, 127).

Según Franklin y cols. (2008), se puede clasificar a los individuos de forma correcta en función del sexo en mandíbulas desecadas con una precisión del 81,8%, utilizando la altura de la apófisis coronoides, la longitud máxima mandibular y la anchura bi-gonion (7).

Al comparar las mediciones que se obtuvieron en nuestro estudio sobre la rama mandibular, hemos podido comprobar, a pesar de que las edades no superaban los 13 años, que los individuos estudiados sí mostraban cierto grado de dimorfismo sexual. Las variables donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas fueron la línea I, con una diferencia de media de 1mm mayor en las niñas que en los niños, en la variable AM igualmente una diferencia de 1mm de media pero en esta ocasión mayor en los niños, y en la variable ACM, una diferencia entre ambos sexos de 0,1mm. A pesar de que haya diferencias estadísticamente significativas en tres de las seis variables estudiadas, estas son muy leves, por lo que pueden no ser válidas a la hora de establecer el sexo en el caso de que este se desconozca (124).

En estudios como el de De Oliveira y cols. (2015) sólo se encontraron diferencias entre sexos en el grupo de edad de los 16 y los 20 años, mostrando las mujeres una menor longitud de la rama mandibular que los hombres. Aunque el grupo

de edad no es el mismo, la región de la mandíbula en la que se encontraron diferencias sí que coincide. Las técnicas empleadas eran distintas, ya que estos autores realizaban las mediciones sobre telerradiografías laterales de cráneo y en una muestra de población brasileña (1). Rai y cols. (2008) tampoco hallaron diferencias entre sexos en una población subadulta de la India en telerradiografías laterales (122). Los estudios sobre el dimorfismo sexual en mandíbulas desecadas de Franklin y cols. (2007) no encontraron diferencias sexuales en individuos subadultos, (125) pero en ninguno de los estudios de la literatura revisada se evalúa el dimorfismo sexual en radiografías panorámicas. La mayor parte de las investigaciones en las que se evalúa el sexo en mandíbulas se llevaron a cabo en adultos y sobre mandíbulas desecadas, ya sea con mediciones directas o con un enfoque geometría morfométrica (7, 126, 127).

- **Mediciones sobre la rama mandibular:**

Por el contrario a lo encontrado sobre el dimorfismo sexual, la validez de la estimación de la edad en la rama de la mandíbula en individuos jóvenes parece ser una conclusión común en los diferentes estudios encontrados en la bibliografía consultada, empleando diferentes técnicas para su determinación, como la radiografía panorámica (5), la radiografía lateral del cráneo (1, 122) o sobre mandíbulas desecadas en estudios de medicina forense, (2, 4) pudiendo considerar que es factible emplear la forma y el tamaño mandibular para estimar la edad biológica con una fiabilidad muy similar a los estándares basados en la dentición (2).

La región anatómica que parece tener una mayor correlación con la edad en los individuos en crecimiento es la altura de la rama, sin importar la técnica empleada para su medición (4).

Norris y cols. (2002) llevaron a cabo un estudio en restos óseos de 53 niños de 0 a 2 años, en el que establecieron que solo observaban diferencias en la altura de la rama mandibular. Los autores refieren que es posible estimar la edad de los niños menores de 2 años con una precisión de 6 meses mediante la medición de la altura de la rama para calcular la edad del fallecimiento de un infante (137).

Franklin y cols. (2007) también realizaron un estudio sobre mandíbulas desecadas de individuos subadultos de una población sudafricana y otra africo-americana, con edades comprendidas entre 1 y 17 años de edad, en el que midieron 38 variables en las tres dimensiones sobre la mandíbula. Obtuvieron un error estándar en la determinación de la edad de 2,3 años de media, pero si separaban los grupos en menores de 10 años y mayores de 10 años, el error estándar en los primeros se reducía de forma considerable a 1,2 años de media, lo que les lleva a afirmar que la exclusión de los adolescentes reduce de forma considerable el error. Al realizar un modelo de regresión obtenían que con la altura de la rama mandibular predecían con un error menor de 2 años en el 70% de los subadultos, incluyendo a los adolescentes, y aumentando el porcentaje al 90% al eliminar a los mayores de 10 años (4). En nuestro estudio los resultados de la recta de regresión también son mejores en el caso de los menores de 10 años, aunque el porcentaje de correlación no es tan elevado como en el caso de Franklin y cols. (2007).

En otro estudio del mismo grupo de investigación, realizado sobre la misma muestra pero con distintas mediciones, Franklin y cols. (2008) obtuvieron un porcentaje similar, con un error inferior a los 2 años en el 80% de la muestra total y en un 90% al excluir a los mayores de 2 años. Estos autores destacan que las zonas donde se produce un mayor crecimiento en sentido vertical son la rama mandibular, la apófisis coronoides, el cuerpo lateral y la sínfisis (2). De forma similar, nuestros resultados muestran que los mayores cambios dimensionales se van a producir en las alturas de la rama, tanto la máxima como la anterior.

Tanto Rai y cols. (2008) como De Oliveira y cols. (2015) emplean la telerradiografía lateral de cráneo para estimar la edad en la mandíbula. Rai y cols. (2008) llevaron a cabo mediciones sobre esta imagen radiográfica en 120 individuos con edades que iban desde los 7 años a los 20 de la India que tuvieran un ANB entre 0 y 4, eliminando de la muestra aquellos pacientes con alteraciones maxilo-mandibular a nivel sagital. Sobre las radiografías realizaron tres mediciones, longitud del cuerpo mandibular, altura de la rama mandibular y longitud mandibular, a partir de las cuales establecen unas ecuaciones con las que aseguran que se puede determinar la edad hasta los 20 años, pero no especificaron cual de las tres ofrece mejores resultados. También determinan que la rama mandibular aumenta de media por año unos 3mm, valores superiores a los obtenidos en este estudio, en los que el aumento anual no supera los 2mm, pudiendo ser la causa de estas diferencias la radiografía, las edades incluidas o la procedencia racial (122).

De Oliveira y cols. (2015) realizaron un estudio sobre 218 pacientes de entre 6 y 20 de Brasil entre los años 2004 y 2009, adaptando el método de Franklin y cols. (2008) sobre mandíbulas desecadas, midiendo sobre telerradiografías laterales de cráneo la distancia entre Condilion superior y Gonion. Las diferencias de tamaño en cada grupo de edad son similares a las observadas en nuestro estudio, con un aumento progresivo de entre 1 y 3 mm de la rama mandibular, aunque la diferencia entre los 6 y los 12 años en nuestro caso fue de 6mm, mientras que sus resultados muestran una diferencia de 12mm entre estas dos edades. Los autores aseguran que cuando la longitud de la rama es superior a los 7 cm hay un 81,25% de posibilidades de que el individuo sea mayor de 18 años, y que existía una correlación del 90% entre la edad y la altura mandibular, por lo que el método es útil para la determinación de la edad (1).

Minier y cols. (2014) realizaron una investigación con 81 tomografías computarizadas en fetos para determinar si la mandíbula tiene unos resultados comparables a los del fémur para determinar la edad fetal, encontrando un porcentaje de correlación del 72% entre las 6 mediciones empleadas, aunque la que mostró un porcentaje de correlación con la edad fetal mayor fue la distancia entre la apófisis coronoides y el cóndilo (120).

Los resultados de nuestro estudio coinciden con la mayoría de los autores al referir que las variables que tienen un mayor porcentaje de correlación con la edad son aquellas que miden la altura mandibular, aunque son inferiores a los de los demás autores. Cabe destacar que en toda la bibliografía consultada solo hay un estudio que determine la edad sobre radiografías panorámicas, el de Espina-Ferreira y cols. (2007), y que la procedencia racial de sus sujetos de estudios difiere la nuestra, lo que puede ser la causa de la diferencia en el porcentaje de correlación.

● **Correlación entre variables y edad cronológica:**

Al comparar los resultados obtenidos con el estudio de Espina-Fereira y cols. (2007), único artículo encontrado en la bibliografía consultada con una metodología similar al nuestro, se puede observar que obtuvieron un mayor coeficiente de correlación con las distancias lineares que las medidas angulares, razón por la cual en esta investigación solo se incluyeron medidas lineares. Los valores que obtuvieron un mayor coeficiente de correlación en el estudio de Espina-Fereira y cols. (2007) fueron:

- Niños: Línea I, Línea A, Línea B, Línea C, AR, AM y ACM.
- Niñas: Línea I, AR, AM y ACM (5).

Mientras que los resultados de nuestra investigación mostraron:

- Niños: AR, AM y Línea C.
- Niñas: AR, AM y Línea I.

En ambos sexos, los valores que coinciden son las alturas mandibulares, que son las medidas que en la literatura mayor correlación muestran con la edad

Al comparar los resultados del análisis de regresión múltiple de ambos estudios, en el de Espina-Fereira y cols. (2007) se ha incluido la edad ósea, medida sobre radiografías de muñeca, y la edad dentaria, a diferencia de este estudio, en el que sólo se incluyeron las variables métricas y la edad dentaria. Los resultados, separados por sexos fueron:

- Niños (Variables incluidas) → Línea I, AR, Edad dentaria y Edad ósea.
Coeficiente de correlación = 0,919.
- Niñas (Variables incluidas) → AM, AR, Edad dentaria y Edad ósea.
Coeficiente de correlación = 0,783 (5).

En nuestra investigación, los resultados fueron:

- Niños (Variables incluidas) ⊕ Edad Dentaria, AR y Línea C. Coeficiente de correlación: 0,813.
- Niñas (Variables incluidas) ⊕ Edad Dentaria, AM y Línea I. Coeficiente de correlación: 0,859.

Según Espina-Ferreira y cols. (2007) el coeficiente de correlación es mayor en el caso de los niños que en el de las niñas, siendo a la inversa en nuestro estudio, aunque las diferencias entre ambos son menores en nuestro caso, lo que nos lleva a pensar que la influencia del sexo es mínima en la determinación de edad mediante este sistema.

Las variables con mayor correlación son la edad dentaria y la ósea, junto con las alturas mandibulares, similar a lo observado por nosotros, en el que la edad dentaria es la primera de las variables que entra en la recta de regresión seguida de AR en el caso de los niños y AM en el caso de las niñas.

10. CONCLUSIONES

10. CONCLUSIONES

1. Las mediciones lineares sobre la rama mandibular pueden ser empleadas como método alternativo y combinado con la edad dentaria para la determinación de la edad biológica en pacientes infantiles.
2. Existe una correlación entre el aumento de la edad entre los 6 y los 12 años con el crecimiento mandibular, observándose unos cambios más marcados en las alturas de la rama mandibular (AM y AR).
3. El dimorfismo sexual no puede ser evaluado en los cambios mandibulares producidos durante el crecimiento, ya que, aunque sí hay ligeras variaciones entre niños y niñas, no son lo suficientemente significativos como para establecer una diferencia.
4. Al comparar la edad dentaria con las medidas lineares no se han encontrado diferencias significativas en relación a la edad cronológica.
5. Al analizar los cambios dimensionales producidos en la mandíbula durante el crecimiento entre los 6 y los 12 años de edad, observamos como los mayores cambios se producen en las alturas de la rama mandibular, mientras que en la anchura del canal mandibular no se producen cambios significativos en esta franja de edad.
6. Para la determinación de la edad biológica mediante mediciones lineares sobre la rama mandibular hemos establecido la siguiente fórmula: $Edad\ Cronológica = -0,322 + 0,528ED + 0,050AR + 0,040AM$, siendo su coeficiente de determinación 0,830.

11. BIBLIOGRAFÍA

11. BIBLIOGRAFÍA

1. De Oliveira FT, Soares MQ, Sarmiento VA, Rubira CM, Lauris JR, Rubira-Bullen IR. Mandibular ramus length as an indicator of chronological age and sex. *Int J Legal Med.* 2015; 129(1):195-201.
2. Franklin D, Cardini A, O'Higgins P, Oxnard CE, Dadour I. Mandibular morphology as an indicator of human subadult age: geometric morphometric approaches. *Forensic Sci Med Pathol.* 2008; 4(2):91-9.
3. Franklin D, O'Higgins P, Oxnard CE, Dadour I. Sexual dimorphism and population variation in the adult mandible: Forensic applications of geometric morphometrics. *Forensic Sci Med Pathol.* 2007; 3(1):15-22.
4. Franklin D, Cardini A. Mandibular morphology as an indicator of human subadult age: interlandmark approaches. *J Forensic Sci.* 2007; 52(5):1015-9.
5. Espina-Ferreira, Á., Ortega, AI., Barrios, FA., Maldonado, YJ., Ferreira, JL. Variables métricas y angulares de la rama mandibular en radiografías panorámicas, como indicadores de la edad cronológica. *Investigación Clínica.* 2007; 48(4): 403-18.
6. Urzel V, Bruzek J. Dental age assessment in children: a comparison of four methods in a recent French population. *J Forensic Sci.* 2013; 58(5):1341-7.
7. Franklin D, O'Higgins P, Oxnard CE, Dadour I. Discriminant function sexing of the mandible of indigenous South Africans. *Forensic Sci Int.* 2008; 179(1): 84 e1-e5.
8. Franklin D. Forensic age estimation in human skeletal remains: current concepts and future directions. *Leg Med (Tokyo).* 2010; 12(1):1-7.
9. 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(1-3):105-12.
10. Pretty IA, Sweet D. A look at forensic dentistry--Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *Br Dent J.* 2001; 190(7):359-66.
11. Reppien K, Sejrsen B, Lynnerup N. Evaluation of post-mortem estimated dental age versus real age: a retrospective 21-year survey. *Forensic Sci Int.* 2006; 159 Suppl 1:S84-8.

12. Apaydin BK, Yasar F. Accuracy of the demirjian, willems and cameriere methods of estimating dental age on turkish children. *Niger J Clin Pract* 2018; 21:257-63.
13. Ozveren N, Serindere G. Comparison of the applicability of Demirjian and Willems methods for dental age estimation in children from the Thrace region, Turkey. *Forensic Sci Int.* 2018; 285:38-43.
14. 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-e7.
15. Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, Lynnerup N, Cattaneo C. The problem of aging human remains and living individuals: a review. *Forensic Sci Int.* 2009; 193(1-3):1-13.
16. Pérez, F., Feijoo, G., Llanes, G., Maroto, E., Barbería, E. Determinación de la edad dentaria implicaciones clínicas y legales. *Rev. Soc. Chil Odontopediatría.* 2007; 23(2): 5-14.
17. Esan TA, Yengopal V, Schepartz LA. The Demirjian versus the Willems method for dental age estimation in different populations: A meta-analysis of published studies. *PLoS One.* 2017; 12(11):e0186682.
18. Feijóo G, Barbería E, De Nova J, Prieto JL. Dental age estimation in Spanish children. *Forensic Sci Int.* 2012; 223(1-3):371.e1-5.
19. Feijóo G, Barbería E, De Nova J, Prieto JL. Permanent teeth development in a Spanish sample. Application to dental age estimation. *Forensic Sci Int.* 2012; 214(1-3):213.e1-6.
20. Hegde RJ, Sood PB. Dental maturity as an indicator of chronological age: radiographic evaluation of dental age in 6 to 13 years children of Belgaum using Demirjian methods. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2002; 20(4):132-8.
21. De Sanctis V, Di Maio S, Soliman AT, Raiola G, Elalaily R, Millimaggi G. Hand X-ray in pediatric endocrinology: Skeletal age assessment and beyond. *Indian J Endocrinol Metab.* 2014; 18(Suppl 1):S63-71.
22. Santoro V, Roca R, De Donno A, Fiandaca C, Pinto G, Tafuri S, Introna F. Applicability of Greulich and Pyle and Demirjian aging methods to a sample of Italian population. *Forensic Sci Int.* 2012; 221(1-3):153.e1-5.

23. Cameriere R, Ferrante L. Age estimation in children by measurement of carpals and epiphyses of radius and ulna and open apices in teeth: a pilot study. *Forensic Sci Int.* 2008; 174(1):60-3.
24. Alcina M, Lucea A, Salicrú M, Turbón D. Reliability of the Greulich and Pyle method for chronological age estimation and age majority prediction in a Spanish sample. *Int J Legal Med.* 2018; 132(4): 1139-1149.
25. Benjavongkulchai S, Pittayapat P. Age estimation methods using hand and wrist radiographs in a group of contemporary Thais. *Forensic Sci Int.* 2018; 287:218 e1-e8.
26. Kumagai A, Willems G, Franco A, Thevissen P. Age estimation combining radiographic information of two dental and four skeletal predictors in children and subadults. *Int J Legal Med.* 2018; 132(6):1769-1777.
27. Bayrak S, Halıcıoğlu S, Kose G, Halıcıoğlu K. Evaluation of the relationship between mandibular condyle cortication and chronologic age with cone beam computed tomography. *J Forensic Leg Med.* 2018; 55: 39-44.
28. Hermetet C, Saint-Martin P, Gambier A, Ribier L, Sautenet B, Rérolle C. Forensic age estimation using computed tomography of the medial clavicular epiphysis: a systematic review. *Int J Legal Med.* 2018; 132(5): 1415-1425.
29. Mânica S, Wong FSL, Davis G, Liversidge HM. Estimating age using permanent molars and third cervical vertebrae shape with a novel semi-automated method. *J Forensic Leg Med.* 2018; 58: 140-144.
30. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Pfeiffer H, Schmeling A. Enhanced possibilities to make statements on the ossification status of the medial clavicular epiphysis using an amplified staging scheme in evaluating thin-slice CT scans. *Int J Legal Med.* 2010; 124(4): 321-5.
31. Hofmann E, Robold M, Proff P, Kirschneck C. Age assessment based on third molar mineralisation : An epidemiological-radiological study on a Central-European population. *J Orofac Orthop.* 2017; 78(2):97-111.
32. Machado MA, Daruge Júnior E, Fernandes MM, Lima IFP, Cericato GO, Franco A, Paranhos LR. Effectiveness of three age estimation methods based on dental and skeletal development in a sample of young Brazilians. *Arch Oral Biol.* 2018; 85:166-171.

33. Santiago BM, Almeida L, Cavalcanti YW, Magno MB, Maia LC. Accuracy of the third molar maturity index in assessing the legal age of 18 years: a systematic review and meta-analysis. *Int J Legal Med.* 2018; 132(4): 1167-1184.
34. Sehrawat JS, Singh M. Willems method of dental age estimation in children: A systematic review and meta-analysis. *J Forensic Leg Med.* 2017; 52:122-129.
35. Esan TA, Schepartz LA. Accuracy of the Demirjian and Willems methods of age estimation in a Black Southern African population. *Leg Med (Tokyo).* 2018; 31: 82-89.
36. Kapoor P, Jain V. Comprehensive Chart for Dental Age Estimation (DAEcc8) based on Demirjian 8-teeth method: Simplified for operator ease. *J Forensic Leg Med.* 2018; 59: 45-49.
37. 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.
38. Yang Z, Geng K, Liu Y, Sun S, Wen D, Xiao J, Zheng Y, Cai J, Zha L, Liu Y. Accuracy of the Demirjian and Willems methods of dental age estimation for children from central southern China. *Int J Legal Med.* 2019; 133 (2): 593-601.
39. Urschler M, Krauskopf A, Widek T, Sorantin E, Ehammer T, Borkenstein M, Yen K, Scheurer E. Applicability of Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse grading methods to MRI when assessing hand bone age in forensic age estimation: A pilot study. *Forensic Sci Int.* 2016; 266: 281-288.
40. Remy F, Hossu G, Cendre R, Micard E, Mainard-Simard L, Felblinger J, Martrille L, Lalys L. Development of a biometric method to estimate age on hand radiographs. *Forensic Sci Int.* 2017; 271: 113-119.
41. Mansour H, Fuhrmann A, Paradowski I, van Well EJ, Püschel K. The role of forensic medicine and forensic dentistry in estimating the chronological age of living individuals in Hamburg, Germany. *Int J Legal Med.* 2017; 131(2):593-601.
42. Benito M, Muñoz A, Beltrán I, Labajo E, Perea B, Sánchez JA. Assessment of adulthood in the living Spanish population based on ossification of the medial clavicle epiphysis using ultrasound methods. *Forensic Sci Int.* 2018; 284: 161-166.

43. Schmeling A, Schulz R, Reisinger W, Mühler M, Wernecke KD, Geserick G. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *Int J Legal Med.* 2004; 118(1): 5-8.
44. Cericato GO, Franco A, Bittencourt MA, Nunes MA, Paranhos LR. Correlating skeletal and dental developmental stages using radiographic parameters. *J Forensic Leg Med.* 2016; 42: 13-8.
45. Quaremba G, Buccelli C, Graziano V, Laino A, Laino L, Paternoster M, Petrone P. Some inconsistencies in Demirjian's method. *Forensic Sci Int.* 2018; 283: 190-199.
46. Duangto P, Iamaroon A, Prasitwattanaseree S, Mahakkanukrauh P, Janhom A. New models for age estimation and assessment of their accuracy using developing mandibular third molar teeth in a Thai population. *Int J Legal Med.* 2017; 131(2): 559-568.
47. Pate RS, Tingne CV, Dixit PG. Age determination by spheno-occipital synchondrosis fusion in Central Indian population. *J Forensic Leg Med.* 2018; 54: 39-43.
48. Franklin D, O'Higgins P, Oxnard CE, Dadour I. determination of sex in south african blacks by discriminant function analysis of mandibular linear dimensions: A preliminary investigation using the zulu local population. *Forensic Sci Med Pathol.* 2006; 2(4):263-8.
49. Ruengdit S, Prasitwattanaseree S, Mekjaidee K, Sinthubua A, Mahakkanukrauh P. Age estimation approaches using cranial suture closure: A validation study on a Thai population. *J Forensic Leg Med.* 2018; 53: 79-86.
50. Serinelli S, Panetta V, Pasqualetti P, Marchetti D. Accuracy of three age determination X-ray methods on the left hand-wrist: a systematic review and meta-analysis. *Leg Med (Tokyo).* 2011; 13(3):120-33.
51. Chongcharueyskul P, Wangsrimonkol T, Pisek P, Pisek A, Manosudprasit M. Correlations between Cervical Vertebral Maturation (CVM) and Dental Development in Thai Cleft Patients. *J Med Assoc Thai.* 2015; 98 Suppl 7: S92-100.
52. Gray S, Bennani H, Kieser JA, Farella M. Morphometric analysis of cervical vertebrae in relation to mandibular growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 Jan; 149(1):92-8.

53. Lauc T, Nakaš E, Latić-Dautović M, Džemidžić V, Tiro A, Rupić I, Kostić M, Galić I. Dental Age in Orthodontic Patients with Different Skeletal Patterns. *Biomed Res Int.* 2017; 2017: Article ID 8976284.
54. Gelbrich B, Fischer M, Stellzig-Eisenhauer A, Gelbrich G. Are cervical vertebrae suitable for age estimation? *J Forensic Odontostomatol.* 2017; 2(35): 66-78.
55. Kvaal SI, Haugen M. Comparisons between skeletal and dental age assessment in unaccompanied asylum seeking children. *J Forensic Odontostomatol.* 2017; 2(35): 109-116.
56. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Hum Biol.* 1973; 45(2):211-27.
57. Halilah T, Khdairi N, Jost-Brinkmann PG, Bartzela T. Age estimation in 5-16-year-old children by measurement of open apices: North German formula. *Forensic Sci Int.* 2018; 293:103 e1-e8.
58. Goyal S, Goyal S, Gugnani N. Assessment of skeletal maturation using mandibular second molar maturation stages. *J Clin Pediatr Dent.* 2014; 39(1):79-84.
59. Perinetti G, Di Lenarda R, Contardo L. Diagnostic performance of combined canine and second molar maturity for identification of growth phase. *Prog Orthod.* 2013; 14:1.
60. Macha M, Lamba B, Avula JSS, Muthineni S, Margana PGJS, Chitoori P. Estimation of Correlation between Chronological Age, Skeletal Age and Dental Age in Children- A Cross-sectional Study. *J Clin Diagn Res.* 2017; 11(9): ZC01-ZC04.
61. Kumar S, Singla A, Sharma R, Viridi MS, Anupam A, Mittal B. Skeletal maturation evaluation using mandibular second molar calcification stages. *Angle Orthod.* 2012; 82(3): 501-6.
62. 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 Aug; 50:49-57.
63. Corron L, Marchal F, Condemi S, Adalian P. A critical review of sub-adult age estimation in biological anthropology: Do methods comply with published recommendations? *Forensic Sci Int.* 2018 Jul; 288:328.

64. Moze K, Roberts G. Dental age assessment (DAA) of Afro-Trinidadian children and adolescents. Development of a Reference Dataset (RDS) and comparison with Caucasians resident in London, UK. *J Forensic Leg Med.* 2012; 19(5):272-9.
65. Medina AC, Blanco L. Accuracy of dental age estimation in Venezuelan children: comparison of Demirjian and Willems methods. *Acta Odontol Latinoam.* 2014; 27(1):34-41.
66. Yan J, Lou X, Xie L, Yu D, Shen G, Wang Y. Assessment of dental age of children aged 3.5 to 16.9 years using Demirjian's method: a meta-analysis based on 26 studies. *PLoS One.* 2013; 8(12): e84672.
67. Różyło-Kalinowska I, Kolasa--Rączka A, Kalinowski P. Relationship between dental age according to Demirjian and cervical vertebrae maturity in Polish children. *Eur J Orthod.* 2011; 33(1):75-83.
68. Kelmendi J, Vodanović M, Koçani F, Bimbashi V, Mehmeti B, Galić I. Dental age estimation using four Demirjian's, Chaillet's and Willems' methods in Kosovar children. *Leg Med (Tokyo).* 2018; 33: 23-31.
69. Baccetti, T., Franchi, L., McNamara, JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Seminars in Orthodontics.* 2005; 11 (3): 119-129.
70. Rajagopal R, Kansal S. A comparison of modified MP3 stages and the cervical vertebrae as growth indicators. *J Clin Orthod.* 2002; 36(7): 398-406.
71. Sobieska E, Fester A, Nieborak M, Zadurska M. Assessment of the Dental Age of Children in the Polish Population with Comparison of the Demirjian and the Willems Methods. *Med Sci Monit.* 2018; 24: 8315-8321.
72. Cruz-Landeira A, Linares-Argote J, Martínez-Rodríguez M, Rodríguez-Calvo MS, Otero XL, Concheiro L. Dental age estimation in Spanish and Venezuelan children. Comparison of Demirjian and Chaillet's scores. *Int J Legal Med.* 2010; 124(2): 105-12.
73. Wolf TG, Briseño-Marroquín B, Callaway A, Patyna M, Müller VT, Willershausen I, Ehlers V, Willershausen B. Dental age assessment in 6- to 14-year old German children: comparison of Cameriere and Demirjian methods. *BMC Oral Health.* 2016; 16(1):120 e1-e8.

74. Haavikko K. Tooth formation age estimated on a few selected teeth. A simple method for clinical use. *Proc Finn Dent Soc.* 1974; 70(1):15-9.
75. Sironi E, Pinchi V, Pradella F, Focardi M, Bozza S, Taroni F. Bayesian networks of age estimation and classification based on dental evidence: A study on the third molar mineralization. *J Forensic Leg Med.* 2018; 55: 23-32.
76. Mohd Yusof MYP, Wan Mokhtar I, Rajasekharan S, Overholser R, Martens L. Performance of Willem's dental age estimation method in children: A systematic review and meta-analysis. *Forensic Sci Int.* 2017; 280: 245 e1-10.
77. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Rösing FW, Geserick G. Forensic age diagnostics of living individuals in criminal proceedings. *Homo.* 2003; 54(2):162-9.
78. Pradella F, Pinchi V, Focardi M, Grifoni R, Palandri M, Norelli GA. The age estimation practice related to illegal unaccompanied minors immigration in Italy. *J Forensic Odontostomatol.* 2017; 2(35): 141-148.
79. Mourelle R, Barbería E, Gallardo N, Lucavechi T. Correlation between dental maturation and bone growth markers in paediatric patients. *Eur J Paediatr Dent.* 2008; 9(1):23-9.
80. Satoh M. Bone age: assessment methods and clinical applications. *Clin Pediatr Endocrinol.* 2015; 24(4):143-52.
81. Koc A, Karaoglanoglu M, Erdogan M, Kosecik M, Cesur Y. Assessment of bone ages: is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys? *Pediatr Int.* 2001; 43(6):662-5.
82. Günen Yılmaz S, Harorlı A, Kılıç M, Bayrakdar İŞ. Evaluation of the relationship between the Demirjian and Nolla methods and the pubertal growth spurt stage predicted by skeletal maturation indicators in Turkish children aged 10-15: investigation study. *Acta Odontol Scand.* 2019; 77(2):107-113.
83. Perinetti G, Contardo L, Gabrieli P, Baccetti T, Di Lenarda R. Diagnostic performance of dental maturity for identification of skeletal maturation phase. *Eur J Orthod.* 2012; 34(4):487-92.
84. Surendran S, Thomas E. Tooth mineralization stages as a diagnostic tool for assessment of skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014; 145(1): 7-14.

85. Trakinienė G, Smailienė D, Kučiauskienė A. Evaluation of skeletal maturity using maxillary canine, mandibular second and third molar calcification stages. *Eur J Orthod.* 2016; 38(4): 398-403.
86. Verma D, Peltomäki T, Jäger A. Predicting vertical growth of the mandibular ramus via hand-wrist radiographs. *J Orofac Orthop.* 2012; 73(3):215-24.
87. Madhu S, Hegde AM, Munshi AK. The developmental stages of the middle phalanx of the third finger (MP3): a sole indicator in assessing the skeletal maturity? *J Clin Pediatr Dent.* 2003; 27(2): 149-56.
88. Kamal AT, Shaikh A, Fida M. Assessment of skeletal maturity using the calcification stages of permanent mandibular teeth. *Dental Press J Orthod.* 2018; 23(4):44 e1-e8.
89. Santiago RC, de Miranda Costa LF, Vitral RW, Fraga MR, Bolognese AM, Maia LC. Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. *Angle Orthod.* 2012; 82(6):1123-31.
90. Sato K, Mito T, Mitani H. An accurate method of predicting mandibular growth potential based on bone maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 120(3): 286-93.
91. Mito T, Sato K, Mitani H. Predicting mandibular growth potential with cervical vertebral bone age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 124(2):173-7.
92. Abdel-Kader HM. The potential of digital dental radiography in recording the adductor sesamoid and the MP3 stages. *Br J Orthod.* 1999; 26(4):291-4.
93. Chen J, Hu H, Guo J, Liu Z, Liu R, Li F, Zou S. Correlation between dental maturity and cervical vertebral maturity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110(6): 777-83.
94. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002; 72(4):316-23.
95. Ball G, Woodside D, Tompson B, Hunter WS, Posluns J. Relationship between cervical vertebral maturation and mandibular growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139(5): e455-61.
96. Masoud MI, Marghalani HY, Bamashmous M, Alamoudi NM, El Derwi D, Masoud IM, Allareddy V, Gowharji NF. Predicting changes in mandibular

- length and total anterior facial height using IGF-1, cervical stage, skeletal classification, and gender. *Prog Orthod.* 2015; 16:7 e1-e6.
97. Schmidt S, Ottow C, Pfeiffer H, Heindel W, Vieth V, Schmeling A, Schulz R. Magnetic resonance imaging-based evaluation of ossification of the medial clavicular epiphysis in forensic age assessment. *Int J Legal Med.* 2017; 131(6):1665-1673.
 98. Wang J, Ji F, Zhai Y, Park H, Tao J. Is Willems method universal for age estimation: A systematic review and meta-analysis. *J Forensic Leg Med.* 2017; 52: 130-136.
 99. Ginzellová K, Dostálová T, Eliášová H, Vinšů A, Buček A, Bučková M. Using Dental Age to Estimate Chronological Age in Czech Children Aged 3-18 Years. *Prague Med Rep.* 2015; 116(2):139-54.
 100. Celik S, Zeren C, Celikel A, Yengil E, Altan A. Applicability of the Demirjian method for dental assessment of southern Turkish children. *J Forensic Leg Med.* 2014; 25:1-5.
 101. Maber M, Liversidge HM, Hector MP. Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Sci Int.* 2006; 1 (59 Suppl 1):S68-73.
 102. Flood SJ, Franklin D, Turlach BA, McGeachie J. A comparison of Demirjian's four dental development methods for forensic age estimation in South Australian sub-adults. *J Forensic Leg Med.* 2013; 20(7):875-83.
 103. Foti B, Lalys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O, Leonetti G. New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption. *Forensic Sci Int.* 2003; 132(1):49-56.
 104. Sarkar S, Kailasam S, Mahesh Kumar P. Accuracy of estimation of dental age in comparison with chronological age in Indian population--a comparative analysis of two formulas. *J Forensic Leg Med.* 2013; 20(4):230-3.
 105. 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.
 106. Demirjian A, Goldstein H. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Ann Hum Biol.* 1976; 3(5):411-21.

107. Fulton AJ, Liversidge HM. A radiographic study of estimating age by deciduous mandibular canine and molar root resorption. *Ann Anat.* 2016; 203: 33-7.
108. Willems G, Van Olmen A, Spiessens B, Carels C. Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. *J Forensic Sci.* 2001; 46(4):893-5.
109. Nolla CM. The development of the permanent teeth. *J Dent Child.* 1960; 27:254-66.
110. Jayaraman J, Wong HM, King NM, Roberts GJ. The French-Canadian data set of Demirjian for dental age estimation: a systematic review and meta-analysis. *J Forensic Leg Med.* 2013; 20(5):373-81.
111. Liversidge HM. Interpreting group differences using Demirjian's dental maturity method. *Forensic Sci Int.* 2010; 201(1-3):95-101.
112. de Oliveira FT, Capelozza AL, Lauris JR, de Bullen IR. Mineralization of mandibular third molars can estimate chronological age--Brazilian indices. *Forensic Sci Int.* 2012; 219(1-3):147-50
113. Mesotten K, Gunst K, Carbonez A, Willems G. Dental age estimation and third molars: a preliminary study. *Forensic Sci Int.* 2002; 129(2):110-5.
114. Prieto JL, Barbería E, Ortega R, Magaña C. Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int J Legal Med.* 2005; 119(6):349-54.
115. De Salvia A, Calzetta C, Orrico M, De Leo D. Third mandibular molar radiological development as an indicator of chronological age in a European population. *Forensic Sci Int.* 2004; 146 Suppl: S9-S12.
116. Liversidge HM, Peariasamy K, Folayan MO, Adeniyi AO, Ngom PI, Mikami Y, Shimada Y, Kuroe K, Tvette IF, Kvaal SI. A radiographic study of the mandibular third molar root development in different ethnic groups. *J Forensic Odontostomatol.* 2017; 2(35):97-108.
117. Liversidge HM, Lyons F, Hector MP. The accuracy of three methods of age estimation using radiographic measurements of developing teeth. *Forensic Sci Int.* 2003; 131(1):22-9.

118. El sistema esquelético: el esqueleto axial. En: Tórtora G. Principios de Anatomía y Fisiología. 11ª Ed. Madrid: Panamericana; 2007. 197-233.
119. Saini V, Srivastava R, Rai RK, Shamal SN, Singh TB, Tripathi SK. Mandibular ramus: an indicator for sex in fragmentary mandible. *J Forensic Sci.* 2011; 56 (Suppl 1):S13-6.
120. Minier M, Dedouit F, Maret D, Vergnault M, Mokrane FZ, Rousseau H, Adalian P, Telmon N, Rougé D. Fetal age estimation using MSCT scans of the mandible. *Int J Legal Med.* 2014; 128(3):493-9.
121. Functional and Anatomic Aspects of the Head. Capítulo 4. En: Van der Linden. Facial Growth and Facial Orthopedics. 1986. Quintessence Publishing Co. Kingston-upon-Thames, Surrey. U.K.
122. Rai B, Krishan K, Kaur J, Anand SC. Technical note: Age estimation from mandible by lateral cephalogram: a preliminary study. *J Forensic Odontostomatol.* 2008; 26(1): 24-8.
123. Kemkes-Grottenthaler A, Löbig F, Stock F. Mandibular ramus flexure and gonial eversion as morphologic indicators of sex. *Homo.* 2002; 53(2):97-111.
124. Wilson LAB, Humphrey LT. Voyaging into the third dimension: A perspective on virtual methods and their application to studies of juvenile sex estimation and the ontogeny of sexual dimorphism. *Forensic Sci Int.* 2017 Sep; 278:32-46.
125. Franklin D, Oxnard CE, O'Higgins P, Dadour I. Sexual dimorphism in the subadult mandible: quantification using geometric morphometrics. *J Forensic Sci.* 2007; 52(1):6-10.
126. G V, Gowri S R M, J A. Sex determination of human mandible using metrical parameters. *J Clin Diagn Res.* 2013 Dec; 7(12):2671-3.
127. Franklin D., O'Higgins P., Oxnard C.E.. Sexual dimorphism in the mandible of indigenous South Africans: a geometric morphometric approach. *S. Afr. j. sci.* [Internet]. 2008 Apr [cited 2019 Mar 03] ; 104(3-4): 101-106. Available from: http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532008000200006&lng=en.

128. Simoes WA. Análisis de simetría de las radiografías panorámicas. En: Simoes WA. Ortopedia funcional de los maxilares. Rio de Janeiro: Ediciones Ysaro; 1996. 311-25.
129. Real I. Determinación de la edad cronológica mediante el uso de variables métricas y angulares mandibulares y su relación con la edad dentaria [Trabajo Fin de Máster]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2016. 112 p.
130. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33: 159-174
131. Ferrán Aranaz M. SPSS para Windows. Programación y Análisis Estadístico. Mc Graw Hill. 1996.
132. Sánchez M, Frutos G, Cuesta PL. Estadística y matemáticas aplicadas. Editorial Síntesis. 1996
133. Correlación simple y regresión lineal. En: Calatayud J. Bioestadística en la investigación odontológica. Madrid: Pues, S. L; 2002. 111-30.
134. Montes Loaiza G, Otálora AF, Archilla G. Applications of conventional radiology in the medical forensic field. *Rev Colomb Radiol.* 2013; 24(4): 3805-17
135. Catić A, Celebić A, Valentić-Peruzović M, Catović A, Jerolimov V, Muretić I. Evaluation of the precision of dimensional measurements of the mandible on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998; 86(2):242-8.
136. Van Elslande DC, Russett SJ, Major PW, Flores-Mir C. Mandibular asymmetry diagnosis with panoramic imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134(2):183-92.
137. Norris SP. Mandibular ramus height as an indicator of human infant age. *J Forensic Sci.* 2002; 47(1):8-11.
138. Dong H, Deng M, Wang W, Zhang J, Mu J, Zhu G. Sexual dimorphism of the mandible in a contemporary Chinese Han population. *Forensic Sci Int.* 2015; 255:9-15.
139. Piña-D´Abreu M, Ortega-Pertuz A, Espina-Ferreira A, Ferreira J. Influencia de la edad, sexo y dentición en índices radiomorfométricos mandibulares de una población adulta venezolana. *Odontología Sanmarquina.* 2018; 21(4): 278-286.

12. ANEXO

ANEXO 1:

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo.....con DNI nº.....
padre, madre y/o tutor legal del niño/a.....
nacido el..... autorizo a la REALIZACIÓN DEL ESTUDIO
RADIOGRÁFICO Y FOTOGRÁFICO DE mi menor de edad cuyos datos serán de
carácter confidencial y únicamente utilizados con finalidad científica.

Este estudio no tendrá beneficio directo ni para usted ni para su hijo/a.
Únicamente, nos servirá para la recopilación de datos y poder obtener así la información
que buscamos.

Se protegerá totalmente la privacidad de su hijo/a. En ningún momento, se
revelará su nombre, ni cualquier otro dato personal; únicamente serán usados por los
doctores con fines meramente investigadores. Tampoco, ninguna publicación de este
estudio utilizará el nombre de su hijo/a ni lo identificará personalmente.

Madrid a

Firma

DNI

ANEXO 2

| Edad | Puntuación | Edad | Puntuación | Edad | Puntuación | Edad | Puntuación |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 3,0 | 20,4 | 7,0 | 62,8 | 11,0 | 93,8 | 15,0 | 97,6 |
| 3,1 | 20,9 | 7,1 | 64,2 | 11,1 | 94,0 | 15,1 | 97,6 |
| 3,2 | 21,4 | 7,2 | 65,5 | 11,2 | 94,3 | 15,2 | 97,7 |
| 3,3 | 21,9 | 7,3 | 66,8 | 11,3 | 94,5 | 15,3 | 97,7 |
| 3,4 | 22,5 | 7,4 | 68,1 | 11,4 | 94,7 | 15,4 | 97,7 |
| 3,5 | 23,1 | 7,5 | 69,4 | 11,5 | 94,9 | 15,5 | 97,7 |
| 3,6 | 23,8 | 7,6 | 70,6 | 11,6 | 95,1 | 15,6 | 97,7 |
| 3,7 | 24,4 | 7,7 | 71,8 | 11,7 | 95,3 | 15,7 | 97,7 |
| 3,8 | 25,1 | 7,8 | 73,0 | 11,8 | 95,4 | 15,8 | 97,8 |
| 3,9 | 25,9 | 7,9 | 74,1 | 11,9 | 95,6 | 15,9 | 97,8 |
| 4,0 | 26,7 | 8,0 | 75,2 | 12,0 | 95,7 | 16,0 | 97,8 |
| 4,1 | 27,5 | 8,1 | 76,3 | 12,1 | 95,9 | | |
| 4,2 | 28,3 | 8,2 | 77,3 | 12,2 | 96,0 | | |
| 4,3 | 29,2 | 8,3 | 78,3 | 12,3 | 96,1 | | |
| 4,4 | 30,1 | 8,4 | 79,3 | 12,4 | 96,2 | | |
| 4,5 | 31,0 | 8,5 | 80,2 | 12,5 | 96,3 | | |
| 4,6 | 32,0 | 8,6 | 81,1 | 12,6 | 96,4 | | |
| 4,7 | 33,0 | 8,7 | 82,0 | 12,7 | 96,5 | | |
| 4,8 | 34,1 | 8,8 | 82,8 | 12,8 | 96,6 | | |
| 4,9 | 35,1 | 8,9 | 83,6 | 12,9 | 96,7 | | |
| 5,0 | 36,3 | 9,0 | 84,4 | 13,0 | 96,8 | | |
| 5,1 | 37,4 | 9,1 | 85,1 | 13,1 | 96,9 | | |
| 5,2 | 38,6 | 9,2 | 85,8 | 13,2 | 96,9 | | |
| 5,3 | 39,8 | 9,3 | 86,5 | 13,3 | 97,0 | | |
| 5,4 | 41,0 | 9,4 | 87,1 | 13,4 | 97,0 | | |
| 5,5 | 42,3 | 9,5 | 87,7 | 13,5 | 97,1 | | |
| 5,6 | 43,6 | 9,6 | 88,3 | 13,6 | 97,2 | | |
| 5,7 | 44,9 | 9,7 | 88,8 | 13,7 | 97,2 | | |
| 5,8 | 46,2 | 9,8 | 89,4 | 13,8 | 97,3 | | |
| 5,9 | 47,6 | 9,9 | 89,8 | 13,9 | 97,3 | | |
| 6,0 | 49,0 | 10,0 | 90,3 | 14,0 | 97,3 | | |
| 6,1 | 50,3 | 10,1 | 90,8 | 14,1 | 97,4 | | |
| 6,2 | 51,7 | 10,2 | 91,2 | 14,2 | 97,4 | | |
| 6,3 | 53,1 | 10,3 | 91,6 | 14,3 | 97,4 | | |
| 6,4 | 54,5 | 10,4 | 91,9 | 14,4 | 97,5 | | |
| 6,5 | 55,9 | 10,5 | 92,3 | 14,5 | 97,5 | | |
| 6,6 | 57,3 | 10,6 | 92,6 | 14,6 | 97,5 | | |
| 6,7 | 58,7 | 10,7 | 93,0 | 14,7 | 97,6 | | |
| 6,8 | 60,1 | 10,8 | 93,2 | 14,8 | 97,6 | | |
| 6,9 | 61,5 | 10,9 | 93,5 | 14,9 | 97,6 | | |

Tabla 38: Conversión de puntuación a edad dentaria en población española. Niños

| Edad | Puntuación | Edad | Puntuación | Edad | Puntuación | Edad | Puntuación |
|------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|-------------|------------|
| 3,0 | 11,6 | 7,0 | 68,3 | 11,0 | 95,3 | 15,0 | 98,3 |
| 3,1 | 12,6 | 7,1 | 69,7 | 11,1 | 95,5 | 15,1 | 98,4 |
| 3,2 | 13,5 | 7,2 | 71,0 | 11,2 | 95,6 | 15,2 | 98,4 |
| 3,3 | 14,5 | 7,3 | 72,2 | 11,3 | 95,8 | 15,3 | 98,4 |
| 3,4 | 15,6 | 7,4 | 73,4 | 11,4 | 96,0 | 15,4 | 98,4 |
| 3,5 | 16,7 | 7,5 | 74,6 | 11,5 | 96,1 | 15,5 | 98,4 |
| 3,6 | 17,8 | 7,6 | 75,7 | 11,6 | 96,3 | 15,6 | 98,4 |
| 3,7 | 18,9 | 7,7 | 76,8 | 11,7 | 96,4 | 15,7 | 98,4 |
| 3,8 | 20,1 | 7,8 | 77,9 | 11,8 | 96,6 | 15,8 | 98,5 |
| 3,9 | 21,4 | 7,9 | 78,9 | 11,9 | 96,7 | 15,9 | 98,5 |
| 4,0 | 22,7 | 8,0 | 79,9 | 12,0 | 96,8 | 16,0 | 98,5 |
| 4,1 | 24,0 | 8,1 | 80,8 | 12,1 | 96,9 | | |
| 4,2 | 25,3 | 8,2 | 81,7 | 12,2 | 97,0 | | |
| 4,3 | 26,7 | 8,3 | 82,6 | 12,3 | 97,1 | | |
| 4,4 | 28,1 | 8,4 | 83,4 | 12,4 | 97,2 | | |
| 4,5 | 29,6 | 8,5 | 84,2 | 12,5 | 97,3 | | |
| 4,6 | 31,0 | 8,6 | 85,0 | 12,6 | 97,4 | | |
| 4,7 | 32,5 | 8,7 | 85,7 | 12,7 | 97,4 | | |
| 4,8 | 34,1 | 8,8 | 86,4 | 12,8 | 97,5 | | |
| 4,9 | 35,6 | 8,9 | 87,1 | 12,9 | 97,6 | | |
| 5,0 | 37,2 | 9,0 | 87,7 | 13,0, | 97,6 | | |
| 5,1 | 38,8 | 9,1 | 88,3 | 13,1 | 97,7 | | |
| 5,2 | 40,4 | 9,2 | 88,9 | 13,2 | 97,8 | | |
| 5,3 | 42,0 | 9,3 | 89,4 | 13,3 | 97,8 | | |
| 5,4 | 43,6 | 9,4 | 89,9 | 13,4 | 97,9 | | |
| 5,5 | 45,3 | 9,5 | 90,4 | 13,5 | 97,9 | | |
| 5,6 | 46,9 | 9,6 | 90,9 | 13,6 | 97,9 | | |
| 5,7 | 48,5 | 9,7 | 91,3 | 13,7 | 98,0 | | |
| 5,8 | 50,2 | 9,8 | 91,7 | 13,8 | 98,0 | | |
| 5,9 | 51,8 | 9,9 | 92,1 | 13,9 | 98,1 | | |
| 6,0 | 53,4 | 10,0 | 92,5 | 14,0 | 98,1 | | |
| 6,1 | 55,0 | 10,1 | 92,8 | 14,1 | 98,1 | | |
| 6,2 | 56,6 | 10,2 | 93,2 | 14,2 | 98,2 | | |
| 6,3 | 58,1 | 10,3 | 93,5 | 14,3 | 98,2 | | |
| 6,4 | 59,7 | 10,4 | 93,8 | 14,4 | 98,2 | | |
| 6,5 | 61,2 | 10,5 | 94,1 | 14,5 | 98,2 | | |
| 6,6 | 62,7 | 10,6 | 94,3 | 14,6 | 98,3 | | |
| 6,7 | 64,1 | 10,7 | 94,6 | 14,7 | 98,3 | | |
| 6,8 | 65,6 | 10,8 | 94,8 | 14,8 | 98,3 | | |
| 6,9 | 67,0 | 10,9 | 95,0 | 14,9 | 98,3 | | |

Tabla 39: Conversión de puntuación a edad dentaria en población española. Niñas

CEIC Hospital Clínico San Carlos

Dra. Mar García Arenillas
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

CERTIFICA

Que el CEIC Hospital Clínico San Carlos en su reunión del día 07/03/2018, acta 3.1/18 ha evaluado la propuesta de Tesis Doctoral:

Título: "DETERMINACIÓN DE LA EDAD BIOLÓGICA MEDIANTE EL USO DE VARIABLES MÉTRICAS MANDIBULARES Y SU RELACIÓN CON LA EDAD DENTARIA"

Código Interno: 18/108-E

Doctoranda: Irene Real Benlloch

Directoras de Tesis: María Rosa Mourelle Martínez.
Montserrat Dieguez Pérez.

Que en este estudio:

- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
- La capacidad del investigador y los medios disponibles son adecuados para llevar a cabo el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto de los postulados éticos.
- Se cumplen los preceptos éticos formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos y en sus posteriores revisiones, así como aquellos exigidos por la normativa legal aplicable en función de las características del estudio.

Es por ello que el Comité **informa favorablemente** sobre la realización de dicha Tesis Doctoral.

Lo que firmo en Madrid, a 19 de marzo de 2018



Hospital Clínico San Carlos
Comunidad de Madrid

Dra. Mar García Arenillas
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos