

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Facultad de Medicina

Laboratorio de Antropología



**DETERMINACIÓN DE LA EDAD EN ADULTOS
MEDIANTE UN MÉTODO DENTAL.
APLICACIÓN Y ANÁLISIS**

TESIS DOCTORAL

GRETEL GONZÁLEZ COLMENARES

DIRECTOR:

Dr. MIGUEL C. BOTELLA LÓPEZ

Granada, 2007

Agradecimientos

Creo que esta investigación no estaría completa sino agradeciera a todos los que la han hecho posible, no sólo durante estos años aquí en la Universidad de Granada, sino a los que han contribuido a mi crecimiento personal, a mi formación profesional, y a mi interés por el ámbito forense.

En primer lugar al Laboratorio de Antropología de la Universidad de Granada, por su acogida durante este tiempo y por el espacio brindado para trabajar y desarrollar esta tesis; igualmente por prestarnos una de sus colecciones óseas para este estudio.

A las directivas de la Clínica de Cirugía de la facultad de Odontología de la Universidad de Granada, y a las clínicas dentales de los doctores Jesús Arroyo Revira, José Juan Gutiérrez Conde y Enrique Pedroni Sarmiento, por colaboración prestada en la recolección de la muestra para la primera parte de la investigación.

Asimismo, al Instituto de Medicina Legal, a su director, Máximo Alberto Duke, al subdirector de Investigación Científica, Luis Alberto Ramírez, a Manuel Hernando Paredes, médico genetista, a Nelson Téllez, patólogo y director de la morgue, a los médicos forenses y al personal técnico por su colaboración en la recolección de la muestra para la segunda parte de este trabajo.

Y de una manera especial a los antropólogos forenses César Sanabria y Ángel Medina, por compartir conmigo no sólo su espacio, sino también sus experiencias y su amistad. Igualmente a la odontóloga forense Jenny Prieto Valbuena, por su colaboración como segunda observadora en la toma de la muestra.

Al odontólogo forense Alfonso Casas Martínez, director del Departamento de Identificación del mismo Instituto y asesor de la segunda parte de esta investigación, gracias por su disposición y coordinación, pero sobre todo por compartir conmigo sus conocimientos.

Al Dr. Gregorio Moreno Rueda, por su ayuda en la estadística para la segunda parte de este trabajo y en su publicación.

A Manolo Pizarro y Raúl Casado por su disposición en colaborar y por facilitarme algunos de los programas necesarios.

Al personal del Laboratorio de Antropología Física: Inma, Rosa, Ihab, Elisa, Diógenes, Olalla, Samuel, Cristina, y a los demás que han pasado por el laboratorio y con los que he compartido un trocito de mi vida.

A Lorena, David, Railda, Natacha, Gloria M., Ciro, Sergio, Genaro, Osmani, Olga, Gloria Beatriz y Griselda, compañeros y amigos, por los momentos alegres y por aquellos días en los cuales la tristeza me invadía pero en los que siempre pude contar con ellos; gracias por estar ahí... porque todos sabemos lo que es estar lejos de casa.

A Jesús, en su memoria, gracias no sólo por tu ayuda en la primera parte de esta investigación sino sobre todo por tu amistad, por los momentos compartidos, por el ánimo que me dabas cada mañana en el laboratorio. Aunque ya no estás, sabes que siempre te recordaré...

A la familia de Juanra, por acogerme como parte de los suyos.

Al Dr. Francisco Echeverría, por lograr mi entusiasmo en el mundo Forense, durante las charlas recibidas en el primer curso de Odontología Forense en Colombia, cuando terminaba mi formación como Odontóloga.

Al Dr. Milton Núñez, por las sugerencias y la valoración de la tesis.

A la profesora Dra. Carmen García, por su acogida, por abrirme las puertas de su casa, por su amistad y el cariño recibido.

Al Dr. Douglas Ubelaker, por la revisión y sugerencias en la publicación de este trabajo.

A mi director de tesis, Dr. Miguel C. Botella López, por dirigir esta investigación, por confiar en mí incluso antes de conocerme, por su amistad, pero sobre todo por estar ahí cuando más lo necesité, muchas gracias...

Y finalmente a quien más tengo que agradecer

A mi familia...

A mis padres, por su amor, por enseñarme a salir adelante, a luchar por mis sueños, porque aún en la distancia han estado conmigo en todo momento, gracias...

A mis hermanos, por su ejemplo y su apoyo

A mis sobrinos: Pablo, Ana María, Sergio, Camila, Sofi y la bebé... por alegrarme la vida

A mi abuela, por su ejemplo y su tenacidad durante estos ya, 100 años...

Y a Juanra, por ser mi mayor motivación, por la vida juntos, por su amor que me impulsa día a día, por el sueño que compartimos y este hijo que esperamos... gracias.

INDICE

1. INTRODUCCION	11
2. JUSTIFICACION	17
3. CAMBIOS DE LA ESTRUCTURA DENTAL CON LA EDAD	25
3.1 Transparencia de la dentina de la raíz	27
3.1.1 La dentina	27
3.1.1.1 Túbulos dentinales	28
3.1.1.2 Contenido de los túbulos dentinales	29
3.1.1.3 Estructura de la dentina	30
3.1.1.4 Capa granular y capa hialina de la dentina radicular	31
3.1.1.5 Predentina	32
3.1.1.6 Clases de dentina	32
3.1.1.6.1 Dentina Intertubular o Circunpulpal	32
3.1.1.6.2 Dentina Peritubular	33
3.1.1.6.3 Dentina Mantle	34
3.1.1.6.4 Dentina Esclerótica	34
3.1.1.7 Permeabilidad de la dentina	35
3.1.2 Mecanismo de formación y relación con la edad fisiológica	36
3.1.3 Características de la dentina transparente	39
3.1.3.1 Grado de mineralización	39

3.1.3.2 Tamaño de los cristales.....	40
3.1.3.3 Propiedades mecánicas.....	42
3.1.4 Etiología.....	46
3.1.5 Dentina transparente en muestras antropológicas.....	50
3.1.6 Métodos para la medición de la transparencia.....	52
3.2 PERIODONTOSIS.....	54
3.2.1 El periodonto normal.....	54
3.2.1.1 La encía.....	54
3.2.1.2 Epitelio de unión.....	56
3.2.1.3 Tejido conectivo	57
3.2.1.4 Ligamento periodontal.....	58
3.2.1.5 Cemento.....	58
3.2.1.6 Proceso alveolar.....	59
3.2.2 Etiología y relación con la edad.....	60
3.2.3 Métodos de medición de la periodontosis.....	66
3.3 REABSORCIÓN RADICULAR.....	67
3.4 OTROS CAMBIOS.....	70
3.4.1 Aposición de dentina secundaria.....	70
3.4.2 Aposición de cemento.....	74
3.4.3 Atrición Dental.....	77

4. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	83
5. MATERIALES Y METODO.....	97
5.1 Materiales.....	99
5.2 Metodología.....	113
5.3 Propuesta de una nueva fórmula para población Colombiana.....	117
5.4 Aplicación del método.....	120
6. RESULTADOS	133
6.1 Muestra españoles.....	134
6.1.1 Análisis de las variables determinantes de la edad.....	134
6.1.1.1 Longitud de la transparencia.....	135
6.1.1.2 Longitud de la periodontosis.....	140
6.1.1.3 Longitud de la raíz.....	145
6.1.2 Análisis descriptivo según el sexo.....	150
6.1.2.1 Diferencia entre sexos.....	150
6.1.2.2 Correlación de las variables determinantes de la edad.....	151
6.1.2.3 Modelo lineal general según el tipo de diente y el sexo.....	152
6.1.2.3.1 Análisis para el sexo = F.....	152

6.1.2.3.1.1 Subconjuntos homogéneos de las variables determinantes...	154
6.1.2.3.2 Análisis para el sexo = M.....	156
6.1.2.3.2.1 Subconjuntos homogéneos de las variables determinantes...	158
6.1.2.4 Análisis de las edades calculadas por los dos métodos.....	160
6.1.2.4.1 Análisis para el sexo = F, según el tipo de diente.....	160
6.1.2.4.2 Análisis para el sexo = M, según el tipo de diente.....	161
6.1.2.5 Estadística descriptiva para las edades calculadas mediante los dos métodos.....	163
6.1.2.6 Resultados por grupo de edad, origen y tipo de diente.....	167
6.1.2.6.1 Análisis por grupo de edad.....	169
6.1.2.6.2 Análisis según el origen de la muestra.....	172
6.1.2.6.2.1 Análisis de las variables determinantes.....	173
6.1.2.6.2.2 Análisis de las variables calculadas por los dos métodos.....	177
6.1.2.6.3 Resultados según el tipo de diente.....	183
6.1.2.6.3.1 Resultados por tipo de diente y por grupo de edad.....	188
6.1.2.6.3.2 Análisis gráfico para la edad real y para las edades calculadas por los dos métodos, teniendo en cuenta origen y tipo de diente.....	199
6.2 Análisis del efecto de la medición de la transparencia sobre el diente seccionado y su efecto en la determinación de la edad.....	215
6.3 Muestra de la población colombiana.....	216
6.3.1 Análisis de las variables determinantes de la edad.....	216
6.3.1.1 Longitud de la transparencia.....	217

6.3.1.2 Longitud de la periodontosis.....	218
6.3.1.3 Longitud de la raíz.....	219
6.3.2 Análisis descriptivo según el grupo de edad.....	220
6.3.3 Análisis de los resultados mediante el método de Lamendin et al. (1992) y la fórmula que aquí se propone (2006).....	222
6.3.4 Resultados por grupo de edad.....	224
7. DISCUSIÓN.....	227
8. CONCLUSIONES.....	241
9. BIBLIOGRAFÍA.....	245
10. ABSTRACT.....	271
11. CONCLUSIONS.....	285

INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo general de este trabajo fue verificar la validez de las fórmulas de Lamendin et al. (1992) y Prince y Ubelaker (2002), como métodos dentales para la determinación de la edad de un individuo adulto, sobre una población caucásica procedente de España.

Esta tesis doctoral intenta contribuir al proceso de identificación humana en el ámbito forense, del cual la determinación de la edad constituye uno de sus pilares. Actualmente, la mayoría de los métodos esqueléticos empleados para la determinación de la edad, establecen rangos de edad muy amplios y tienen un límite de edad superior que no sobrepasa (o lo hace en poco) los 45 años, por lo cual se tiene la necesidad de encontrar técnicas que sean más exactas o que por lo menos disminuyan dicho rango.

Los dos métodos aquí estudiados plantean la estimación de la edad a través de algunos rasgos dentales como son: la transparencia de la dentina radicular, la periodontosis y la longitud de la raíz; la precisión reportada en la determinación de la edad mediante dichos métodos es mayor que la de otras técnicas actualmente utilizadas.

Cabe destacar que el método de Lamendin et al. (1992) fue desarrollado sobre una población francesa, y el de Prince y Ubelaker (2002) sobre una población norte americana, lo que plantea la necesidad de probar su exactitud y utilidad en otro grupo humano.

Para ello se han calculado estimaciones de la edad mediante ambos métodos, utilizando la fórmula general de Lamendin et al. (1992) y las fórmulas específicas de Prince y Ubelaker (2002), para poblaciones caucásicas femenina y masculina respectivamente, teniendo en cuenta que la población de la muestra estudiada esta considerada dentro de este grupo ancestral. A continuación, se hace una comparación de los resultados obtenidos y se analizan los diferentes factores que pueden afectar la estima.

Se examina el comportamiento de los rasgos dentales empleados y se intenta determinar su correlación con la edad; igualmente se analiza su comportamiento en los distintos tipos de dientes: incisivos, caninos, premolares y molares, para establecer la utilidad de cualquiera de ellos en la determinación de la edad de un individuo mediante las fórmulas de Lamendin et al. (1992) y Prince y Ubelaker (2002).

Para el análisis estadístico se ha dividido la muestra por sexo y origen, intentando determinar la influencia de éstos sobre la estimación de la edad, factores que según Prince y Ubelaker (2002) deben ser tenidos en cuenta al

estimar la edad, y que establecen la diferencia con la técnica de Lamendin et al. (1992).

La muestra estudiada cuenta con dientes que provienen de sujetos vivos y dientes de restos óseos, lo que también permite estudiar las posibles alteraciones que se presentan como consecuencia de los cambios *postmortem*. Una parte de la muestra estudiada pertenece a una colección ósea actual depositada en el Laboratorio de Antropología Física de la Universidad de Granada; la otra parte la conforman dientes extraídos a sujetos vivos en algunas clínicas dentales de la ciudad de Granada y que fueron cedidos para su estudio. Ambas muestras estaban plenamente identificadas en edad, sexo y origen humano.

Previamente, se realizó una revisión bibliográfica sobre todos los cambios de la estructura dental relacionados con la edad; su etiología, su mecanismo de formación y su incremento con la edad, entendidos desde una perspectiva Odontológica Forense, especialidad de la doctoranda.

Asimismo, se ha hecho una revisión bibliográfica de este tema, los primeros métodos planteados, las correcciones que de ellos se han hecho y las nuevas metodologías.

Para la segunda parte de esta investigación se tomó una muestra de población mestiza procedente de Colombia; ante la inexistencia de una fórmula

específica para este grupo de población y siguiendo las modificaciones de Prince y Ubelaker (2002), se plantea una única fórmula para este grupo humano, eliminando el sexo como factor discriminante.

La muestra dental para esta segunda parte fue obtenida a partir de cuerpos ingresados en el Instituto Colombiano de Medicina Legal, los cuales fueron plenamente identificados; para acceder a ellos, se contó con el respectivo permiso y aprobación del Departamento de Investigación Científica y de la asesoría del Departamento de Odontología Forense del mismo Instituto.

Igualmente, para validar la precisión de esta nueva fórmula se hace una comparación de las edades calculadas mediante ésta y las obtenidas mediante el método de Lamendin et al. (1992).

Los resultados se presentan por separado para cada muestra, y se hace una discusión sobre las técnicas, los parámetros utilizados, el origen de las muestras, el tipo de diente y demás factores analizados.

En los últimos apartados se presentan las conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados y la bibliografía revisada.

JUSTIFICACION

2. JUSTIFICACION

“La aplicación de los conocimientos de la Antropología Física o Biológica a la identificación de restos humanos esqueletizados y relacionados con problemas legales” (Ubelaker, 1996), es, tal vez, la definición más aceptada de la Antropología Forense.

Su rápido desarrollo durante los últimos años ha estado promovido por la situación actual de violencia que se presenta en muchos lugares del mundo, lo cual ha llevado a aumentar diariamente el número de personas desaparecidas, al igual que el de cuerpos no identificados.

Cuerpos de miles de víctimas de conflicto armado, pertenecientes a la sociedad civil, a soldados, guerrilleros y demás miembros, que mueren a causa de este (Delgado, 2002); o simplemente cuerpos de personas que fallecen de forma violenta o no, que las mismas condiciones de su muerte hacen difícil su identificación.

Además, la Antropología Forense mediante un enfoque multidisciplinario, permite establecer la causa, modo y tiempo transcurrido de la muerte; lesiones

y patologías óseas presentes en el cadáver y su relación con el arma homicida, entre otros (Krogman e Iscan, 1986 y Sanabria, 2004).

Sin embargo, la identificación humana no sólo es un objetivo de la Antropología Forense, sino que además y sobre todo es una necesidad frente a un legítimo derecho individual y colectivo reconocido jurídicamente y, por ello, tratado como cualquier otro derecho fundamental, donde reza que: *“Toda persona o comunidad tiene derecho a la memoria, a recordar y ser recordada sin distinciones ni discriminaciones de ningún tipo”* (Cepeda y Girón, 2006).

Este proceso de identidad humana en restos óseos o en cadáveres, ya sea en el campo forense o antropológico, comprende tres grandes pasos:

- La exhumación
- Establecer la biografía general, la cual, se consigue determinando en el cadáver factores ontogénicos, tales como sexo, grupo humano, edad biológica y estatura
- La individualidad, dónde se tiene en cuenta las características óseas particulares, la lateralidad y la reconstrucción facial, entre otros (Rodríguez, 1994).

Inicialmente se suele determinar el sexo y el origen biológico y posteriormente se estima la edad. Cuando se determina la edad mediante restos óseos, se denomina edad fisiológica y se basa en el grado de

maduración de diferentes sistemas de tejidos: Óseo, morfológico, caracteres sexuales secundarios y dentales, que pueden ser aplicados individualmente o en conjunto y que nos dan el grado de maduración fisiológica de una persona en crecimiento (Demirjian et al., 1973, citado por Rodríguez, 1999).

Actualmente, para la determinación de la edad en individuos infantiles y juveniles, se utilizan principalmente la sinostosis de los centros secundarios de osificación y la formación y erupción dental.

En individuos adultos resulta un poco más complejo; se han realizado numerosos estudios, basados en los cambios o remodelaciones óseas, presentadas en la pelvis, la terminación esternal de la cuarta costilla, la superficie auricular del ilion, la transformación del pubis, la remodelación cortical del femoral, la sinostosis de las suturas craneales, el desgaste dental y los cambios de la estructura dental, entre otros.

La mayoría de autores coinciden en afirmar que a la hora de determinar la edad, los resultados son más precisos cuando se utilizan múltiples indicadores de edad (Lovejoy et al., 1985; Ubelaker, 1996; Baccino et al., 1999), ya que *“criterios que son relevantes de la edad en un estado de maduración son totalmente irrelevantes en otros”* (Ubelaker, 1996). Sin embargo, cuando se han evaluado estos métodos individualmente, los que se basan en la estructura dental ofrecen mejores resultados a la hora de estimar la edad (Baccino et al., 1999).

Es por esto que esta investigación ha estado enfocada a la determinación de la edad dental. Necesariamente, aquí tenemos que referirnos a la ciencia que estudia este tema, la Odontología Forense, entendiendo por ésta la utilización de los dientes para propósitos de identificación de cuerpos.

Cabe destacar que el desarrollo de la Odontología Forense proviene del estudio de la Antropología Dental, desarrollada a partir del siglo XIX, dónde se comienzan a utilizar los dientes como elementos aportantes de rasgos marcadores de la taxonomía de la especie humana, dando información sobre edad, sexo, patrón racial, variación individual y hábitos alimenticios.

Sin embargo, no podemos olvidar que entre la Antropología Dental y las Ciencias Forenses hay una diferencia esencial en cuanto a las finalidades de investigación y el enfoque de los datos obtenidos (Zoubov, A., 1996). Algunos caracteres dentales, además de ser utilizados con fines de establecer el grado de afinidad entre las poblaciones humanas en el análisis antropológico comparativo, también han sido utilizados para la identificación de personas; con ello queda claro que la Antropología Dental y las Ciencias Forenses son complementarias.

El interés por la utilización de los dientes como elementos de identificación esta fundamentado en sus características, ya que, como sabemos, los dientes son las estructuras más sólidas del cuerpo humano y representan en algunos casos, no sólo, *“el único testimonio fósil, de la*

evolución de las especies" (Rodríguez, 1999) sino también, la única evidencia para su identificación.

Desde 1872 se han revisado los cambios clínicos, histológicos y radiológicos, macro y microscópicos de la estructura dental, relacionándolos con la edad (Kvaal, 1995); pero no fue hasta 1950, cuando Gustafson desarrolló un método para la determinación de la edad fisiológica, basado en seis de estos parámetros: Abrasión, periodontosis, dentina secundaria, aposición de cemento, reabsorción de la raíz y transparencia de la dentina radicular.

De este método se han realizado algunas modificaciones y se han desprendido otros, como se presenta en la revisión bibliográfica sobre los antecedentes en este tema.

Dentro de estas técnicas se encuentran las de Lamendin et al. (1992) y Prince y Ubelaker (2002), sobre las que basamos esta investigación.

CAMBIOS DE LA ESTRUCTURA DENTAL

3. CAMBIOS DE LA ESTRUCTURA DENTAL RELACIONADOS CON LA EDAD

3.1 TRANSPARENCIA DE LA DENTINA DE LA RAÍZ

3.1.1 La dentina

Es el tejido mineralizado que forma el diente. En la corona está cubierta por el esmalte, en la raíz, por el cemento; es un tejido rígido pero elástico formado por un gran número de pequeños túbulos paralelos en una matriz mineralizada de colágeno. Los túbulos contienen las células responsables de formar el tejido, los odontoblastos, así como el fluido dentinal extracelular.

Dos propiedades diferencian a la dentina del esmalte. Primero, la dentina es sensitiva, y segundo, la dentina está en formación continua durante toda la vida, gracias a la presencia de una capa no mineralizada de la matriz de la dentina, conocida como predentina.

La dentina está compuesta por una matriz orgánica con una arquitectura peritubular, la cual la dota de una gran elasticidad y, por tanto, una alta

resistencia a la compresión. La dentina es permeable; sin embargo esta permeabilidad se ve afectada por el cierre de los túbulos.

La composición química aproximada de la dentina es:

Inorgánica	70%
Orgánica	20%
Agua	10%

El mineral principal de la parte inorgánica son los cristales de hidroxiapatita; secundariamente también aparecen carbonatos y fluoruros. La matriz orgánica se compone de fibras de colágeno embebidas en una sustancia amorfa. El colágeno es una molécula proteica presente en cantidad variable en todos los tipos de tejido conjuntivo. Las fibras abarcan el 90% de la matriz. Las principales fibras de colágeno son de tipo I¹ pero también se han detectado de tipo III y IV. Contiene, aunque en un porcentaje pequeño, un grupo de proteínas no colágenas y lípidos que cumplen una importante función biológica, como son los proteoglicanos, carboxiglutamatos y las proteínas ácidas.

3.1.1.1 Túbulos dentinales

Los túbulos dentinales confieren la permeabilidad a la dentina; estructuralmente siguen una curva, "curvatura primaria", pero también pueden

¹ Se encuentra abundantemente en la dermis, el hueso, el tendón y la córnea. Es sintetizado por fibroblastos, condroblastos y osteoblastos. Su función principal es la de resistencia al estiramiento.

sufrir cambios en su dirección, mostrando amplitudes más pequeñas, conocidas como curvaturas secundarias. En secciones transversas, los túbulos son aproximadamente circulares, aunque esta apariencia depende del plano en que el tejido es seccionado. La dentina entre los túbulos es llamada dentina intertubular. Los túbulos son aproximadamente de 2,5 mm de diámetro cerca de la pulpa, y de 1 mm en las terminaciones periféricas, con lo que pueden ser vistos claramente bajo microscopía. Están ocupados por el proceso odontoblástico (Berkovitz et al., 2002).

3.1.1.2 Contenido de los túbulos dentinales

No se conoce exactamente el contenido histológico de los túbulos dentinales debido a dos problemas técnicos que se presentan: uno es la dificultad de fijar pequeñas cantidades de tejido profundo en tejido mineralizado; la fijación tiende a encoger el tejido y luego cuando esto es reducido, la lentitud en la fijación puede hacer que ocurran cambios postmortem. El segundo problema es que en la extracción del diente, éste es a menudo comprimido por los forceps (Berkovitz et al., 2002).

Sin embargo, se sabe que los túbulos dentinales contienen los odontoblastos que son responsables de su formación. En algunas partes, el tejido contiene aferencias de las terminaciones nerviosas. Es posible que procesos de células presentadoras de antígenos en la pulpa periférica, puedan extenderse por distancias cortas entre los túbulos.

Tampoco se conoce en que proporción los túbulos dentinales permanecen ocupados por este proceso odontoblástico. Se ha sugerido la existencia de espacios periodontoblásticos y postodontoblásticos en los cuales el proceso está disminuido. Estos espacios se cree que son llenados con fluido dentinal extracelular, microtúbulos y filamentos intermedios que corren a través del proceso odontoblástico.

En el proceso de la predentina, pueden estar presentes algunas mitocondrias, ocasionalmente retículo endoplasmático y algunas vesículas de variados tamaños.

3.1.1.3 Estructura de la dentina

Existen diferentes regiones en la dentina. La región más periférica, bajo el esmalte, es conocida como *dentina mantle*; en la raíz hay dos zonas externas morfológicamente reconocibles: la capa hialina, y la capa granular. Existe discusión sobre el origen de la capa hialina, como parte de la dentina, del cemento, o si está entre estas dos (Berkoviz et al., 2002).

La predentina es la capa no mineralizada sobre la cual se comienzan a depositar nuevas capas de dentina; periféricamente a la predentina hay una capa de mineralización la cual es reconocible por zonas de tejido descalcificado junto con depósitos minerales.

La matriz experimenta considerables modificaciones que resultan de los diferentes estadios característicos. La dentina entre la capa mantle y la zona de mineralización es la *dentina circumpulpar*. La cantidad de dentina secundaria depositada está relacionada con la edad, una vez que genéticamente se predetermina el grosor de los depósitos de dentina primaria circumpulpar, y se completa el desarrollo de la raíz.

En dientes que han sido objeto de estímulos externos como atrición, caries dental, preparación de cavidades, etc., se encuentra otra clase de dentina, la dentina terciaria, que no está formada por los odontoblastos originales, pero sí por células que han sido diferenciadas desde la pulpa dental. Esta es mucho más irregular que la dentina circumpulpar y se le ha dado una gran variedad de nombres, como dentina reaccionaria, dentina reparativa, dentina de respuesta, o dentina secundaria irregular.

3.1.1.4 Capa granular y capa hialina de la dentina radicular

La capa periférica de la dentina de la raíz se caracteriza por tener este aspecto granular del que toma nombre. La teoría más aceptada es que los túbulos dentinales se ramifican más profusamente en esta área, formándose espacios de aire en secciones que transmiten la luz.

La capa granular está hipermineralizada en comparación con la dentina circumpulpar, pero esto puede ser el resultado de la presencia de más

ramificaciones tubulares. Una explicación alternativa para la apariencia granular es debido a la fusión incompleta de calcosferitos. La capa hialina es una banda estrecha que se caracteriza por no ser tubular y estar relativamente estructurada (Berkoviz et al., 2002).

3.1.1.5 Predentina

Es el lugar donde la matriz de la dentina comienza a mineralizarse. La matriz experimenta considerables modificaciones. El principal papel del proceso odontoblástico en la predentina es la secreción de los componentes de la matriz. En la dentina mineralizada, el papel de los odontoblastos es participar en la modificación de la matriz.

3.1.1.6 Clases de dentina

3.1.1.6.1 Dentina Intertubular o Circumpulpar

Es la estructura básica de la dentina; forma el cuerpo de la dentina y es uniforme en estructura excepto en el borde, donde la mineralización es incompleta. Esta dentina está compuesta por largas fibras de colágeno fino.

3.1.1.6.2 Dentina Peritubular

Las paredes de los túbulos dentinales, en la dentina intertubular recientemente formada, están compuestas por colágeno de tipo I; cuando maduran, se deposita en las paredes otro tipo de dentina, disminuyendo la medida de la luz; este tipo de dentina es conocido como dentina peritubular o intratubular (Berkoviz et al., 2002). Esta deposición eventualmente lleva a la obliteración del túbulo.

La dentina peritubular o intratubular difiere de la intertubular en que carece de una matriz de fibras de colágeno. La dentina peritubular se halla un 15 % más mineralizada que la intertubular. Cuando se desmineraliza la dentina, la dentina peritubular pierde la característica estable que le daba el colágeno.

Las dimensiones de los túbulos dentinales suelen incrementarse. La proteína principal de la dentina peritubular tiene una molécula de alto peso y un aminoácido que difiere del encontrado en la dentina intertubular (Berkovitz et al., 2002).

El componente principal mineral de la dentina peritubular es apatita carbónica, pero su forma cristalina es distinta de la dentina intertubular. En los dientes viejos, el patrón peritubular se modifica, con lo que se comprueba la relación de edad con los depósitos de dentina secundaria.

3.1.1.6.3 Dentina Mantle

Es poco mineralizada, las fibras de colágeno son largas y orientadas perpendicularmente sobre la unión esmalte-dentina; por esta razón puede distinguirse de la dentina circumpulpar usando luz polarizada. Los túbulos dentinales se ramifican profusamente en esta región; estas características dan a la región mantle una apariencia al corte distinta a la de la dentina circumpulpar, vista a través de la luz polarizada de un microscopio (Berkovitz, et al., 2002).

3.1.1.6.4 Dentina Esclerótica

La característica principal de esta dentina es que los túbulos dentinales se llenan con material mineralizado. En la parte coronal se ha relacionado con la respuesta a un estímulo externo, con un proceso carioso lento, o con zonas de atrición severa. Este tipo de dentina es llamada *dentina esclerótica* o *dentina transparente*.

No se conoce mucho acerca de la precipitación del material, pero esta clase de dentina es diferente a la dentina peritubular y no está formada por odontoblastos. El mineral es cristalino, apatita, pero también se han encontrado cristales como plata u octofosfato cálcico (Mendis y Darling, 1979).

3.1.1.7 Permeabilidad de la dentina

La estructura tubular de la dentina permite la posibilidad de que sustancias externas (bacterias de la caries dental y sus toxinas) puedan transportarse a través de los túbulos y lleguen a afectar la pulpa dental, pero este proceso sólo se cumple si se presentan las siguientes condiciones:

- La superficie de la dentina es expuesta por caries, atrición, abrasión o trauma.

- Los túbulos se hacen evidentes, ya que pueden ser ocluidos fisiológicamente por dentina peri o intratubular, o por precipitación de material exógeno en la periferia; también pueden ser sellados desde la pulpa por dentina terciaria.

- Que por los movimientos externos del líquido dentinal intersticial, éste no limpie el contenido de los túbulos.

- Las sustancias deben ser capaces de atravesar la capa odontoblástica, la cual presenta una barrera de moléculas de alto peso.

3.1.2 Mecanismo de formación y relación con la edad fisiológica



Figura 1. Segundo premolar inferior derecho; foto tomada sobre un negatoscopio, donde se observa la transparencia de la dentina radicular, que ocupa casi dos tercios de la raíz (observación personal).

La dentina esclerótica presenta áreas que carecen de estructura y tienen apariencia transparente; se presenta como un rasgo fisiológico de la estructura dental que aparece después de los 20 años de edad (Lamendin et al., 1992), y es el resultado de los depósitos de cristales de hidroxiapatita en los túbulos dentinales. Se observa cuando el diente es expuesto a una fuente de luz. Este

fenómeno también se conoce como *esclerosis de la dentina de la raíz* y aumenta progresivamente con la edad. (Mendis y Darling, 1979).

Con la edad comienzan a ocluirse completamente los túbulos dentinales, por formación de dentina peri o intratubular (fase mineral), comenzando desde el ápice de la raíz, adyacentes al cemento y extendidos cervicalmente hacia el canal radicular y la dentina coronal (Vasiliadis, 1983^a y Cremasco, 1998).

Estos túbulos adquieren el mismo índice de refracción que los de la dentina intertubular; la dentina aparece opaca, aunque los túbulos dentinales dispersen la luz. La mineralización de los espacios intertubulares incrementa la transparencia, como también la cantidad de refracción; el contenido intra y extratubular aparecen homogéneos ópticamente (Manly y Brooks, 1947).

Se dice que este proceso de transparencia, que se inicia cuando en los túbulos se deposita mineral, posiblemente puede ser la respuesta a un proceso de precipitación química pasivo (Vasiliadis et al., 1983b; Schroeder y Frank, 1985; Natusch et al., 1989 citado por Kinney et al., 2005; y Frank, 1990).

El material precipitado está compuesto por cristales de apatita, octofostato cálcico, y trifosfato cálcico, entre otros. Este material es indistinguible del que forma la dentina peritubular, pero hay una línea muy clara que lo divide de la dentina intertubular (Vasiliadis et al., 1983b). El límite entre la zona esclerótica y la dentina no afectada suele tener una apariencia de

pluma, con grupos de túbulos de dentina afectada y grupos de túbulos no afectados (Berkovitz et al., 2002).

Este fenómeno puede ser mejor observado cuando se secciona la raíz y se coloca en agua (que tiene un índice de refracción diferente al de la dentina); las regiones bloqueadas por la dentina peritubular aparecen transparentes, (dentina transparente), mientras que los túbulos patentes se llenan de agua y dan un aspecto opaco (Berkovitz et al., 2002). En cortes transversales las zonas transparentes tienen una forma de mariposa, con convergencia hacia los túbulos pulpaes y con márgenes en las caras mesial y distal (Berkovitz et al., 2002).

Se puede decir que la dentina transparente es comúnmente observada como un proceso que se presenta con la edad, propia del envejecimiento natural (Kerebel et al., 1981); ya que, se ha comprobado que la cantidad de transparencia de la dentina es incrementada linealmente con la edad. Esta dentina parece no estar afectada por funciones o irritaciones externas (Grajower et al., 1977).

Esta transparencia es fisiológicamente diferente a la transparencia patológica causada por caries o trauma que se presenta en la parte coronal del diente (Harcourt, 1964 citado por Whittaker, 1996), donde los túbulos se llenan de manera semejante a la dentina transparente de la raíz; pero este mecanismo es inducido por acción bacteriana, e implica disolución alrededor

del mineral intertubular y reprecipitaciones entre los túbulos, como trifosfato cálcico rico en magnesio y apatita (Daculsi et al., 1987).

Lo que no está claro es si el incremento de mineralización es debido al cierre de la luz del túbulo (Vasiliadis et al., 1983a), o a otra alteración adicional en la mineralización de la matriz de dentina intertubular (Vasiliadis et al., 1983a y Giachetti et al., 2002, citado por Porter, 2005). Sin embargo, se han encontrado diferencias en cuanto a la oclusión del túbulo, por lo que algunas investigaciones han estado encaminadas a la evaluación de los cambios estructurales de la mineralización, asociados con la transparencia inducida por la edad (Kinney et al., 1999; Kinney et al., 2003; Kinney et al., 2004 y Kinney et al., 2005).

3.1.3 Características de la dentina transparente

3.1.3.1 Grado de mineralización

La mineralización ha sido uno de los factores más estudiados tanto en dentina normal como en dentina transparente; normalmente la dentina que rodea inmediatamente la pulpa de la raíz es menos mineralizada que la dentina exterior. A diferencia de ésta, la dentina transparente cercana a la pulpa de la raíz está hipermineralizada, hasta el punto de que la concentración mineral es realmente mayor que en el esmalte dental (Kinney et al., 2005).

No obstante, la concentración mineral en la dentina transparente tiende a ser menor al acercarse al ápice, lo que no ocurre en la dentina normal; sin embargo, el grado de mineralización de la dentina transparente siempre es mayor que el de la dentina normal (Kinney et al., 2005).

Es importante conocer si el incremento en la concentración mineral es debido únicamente al cierre de la luz del túbulo, o a un incremento adicional del mineral entre la matriz de la dentina intertubular, como ha sido sugerido en el pasado (Van Huysen, 1960).

Es probable que en la mayoría de casos el incremento de la concentración mineral sea debido al cierre de la luz del túbulo; no obstante, en exámenes microrradiográficos se han detectado diferencias en cuanto a la mineralización de la dentina intertubular, entre dentina normal y dentina transparente (Porter et al., 2005). El incremento en el porcentaje del contenido mineral se ha atribuido a una mayor acumulación de sales minerales en la luz del túbulo (Weber, 1974; Vasiliadis et al., 1983b).

3.1.3.2 Tamaño de los cristales

Se han demostrado cambios en el tamaño del mineral de la dentina relacionados con la edad. Específicamente se ha encontrado una disminución en la anchura de los cristales de la dentina intratubular (Porter et al., 2005). Estas observaciones pueden explicar el posible mecanismo que envuelve la

oclusión de los túbulos con la transparencia, inducida por la edad.

En algunas mediciones que se han hecho sobre el tamaño de los cristales, en secciones sagitales de dentina transparente y dentina normal, se ha establecido que la media del tamaño de los cristales en dentina transparente es menor (Kinney et al., 2005); sin embargo, no está claro si es un resultado físico, o es debido a una diferencia en la dispersión al rellenarse la luz del túbulo.

En un reciente estudio, observaciones cuantitativas y cualitativas indican que existe una disminución aproximadamente del 15% en la anchura de los cristales en la dentina transparente en ambos sitios, en el ápice y en la región superior de la raíz (Porter et al., 2005).

Se han sugerido dos posibles explicaciones para esta disminución en la medida de los cristales en la dentina transparente: Primero, que los cristales pequeños puedan ser el resultado de la disolución del mineral de la matriz intertubular en la luz del túbulo; y segundo, que la reducción en el tamaño de los cristales pueda ser causada por nuevas precipitaciones de cristales más pequeños entre la matriz intertubular; ya que cualquier mecanismo que cause deposición dentro de los túbulos puede también conducir a una enucleación de la matriz (Kinney et al., 2005).

En recientes investigaciones sobre este tema, no sólo se ha podido

concluir que los cristales son levemente más pequeños en la dentina transparente con respecto a la dentina normal, sino que además, las diferencias de tamaño entre los cristales de la parte cervical y apical de la dentina radicular encontrados en dentina normal, aparentan ser más reducidas en la dentina transparente (Porter et al., 2005).

Igualmente, en los análisis de dentina transparente se ha encontrado que el mineral que aparece dentro de la luz del túbulo es sustancialmente más grueso y tiene un contraste más oscuro que el de la dentina intertubular (Porter et al., 2005); estos hallazgos en la dentina transparente sugieren una diferencia en cuanto al mecanismo de formación del mineral, y en particular, sobre la formación de la dentina intratubular (Porter et al., 2005); validando previas sugerencias sobre un mecanismo de “disolución-reprecipitación” como una etiología de la transparencia de la dentina (Porter et al., 2005).

3.1.3.3 Propiedades mecánicas

Un rasgo prominente de la microestructura de la dentina son los túbulos que se irradian hacia fuera de la pulpa, uniendo la dentina y el esmalte en dentina coronal, y desde el canal pulpar hacia el cemento, en la raíz.

En la dentina peritubular normal los túbulos están alineados (Ten Cate, 1994; Pashley, 1989 citado por Kinney et al., 2005), y las fibras de colágeno mineralizado que forman la matriz de dentina intertubular están organizadas en

una estructura orientada perpendicularmente a los túbulos.

Aunque la función primaria de la dentina es mecánica, estas propiedades deben de ser entendidas desde la jerarquía de la microestructura (Kinney et al., 1999; Angker et al., 2003; Kahler et al., 2003; Kinney et al., 2003 y Nalla et al., 2003). Recientes estudios de las constantes elásticas en la dentina han determinado que existe un pequeño isotropismo transversal simétrico, perpendicular a los túbulos (Kinney et al., 2004); esta simetría elástica puede no estar determinada por la orientación de los túbulos, pero sí por la orientación de las fibras de colágeno (Kinney et al., 1999).

Se dice que la principal alteración en la dentina transparente es simplemente el aumento de mineral en la luz de los túbulos; pero algunas investigaciones han estado dirigidas a establecer cómo la transparencia cambia las propiedades elásticas en la dentina. Se ha hipotetizado acerca del efecto de los túbulos sobre las propiedades elásticas de la dentina (Kinney et al., 1999), y que por tanto, las constantes elásticas en la dentina normal y la transparente sean las mismas.

Sin embargo, los cambios biológicos hallados en los túbulos en la dentina transparente tienen consecuencias importantes sobre las propiedades mecánicas en la dentina (Kinney et al., 2004). Los túbulos son considerados como los sitios de la enucleación de las grietas (Nalla et al., 2004b), ya que juegan un papel crítico en la formación de los llamados “puentes de dentina”,

que se forman a lo largo de las grietas y que actúan como un mecanismo potente de endurecimiento de la dentina; particularmente en la dirección de los túbulos (Nalla et al., 2003; Kruzic et al., 2003; Nalla et al., 2004; Iwamoto y Ruse, 2003 citado por Kinney et al., 2005).

En la dentina transparente hay consecuentemente muy pocos puentes, excepto muy cerca de la extremidad de la grieta (Kinney et al., 2005); y la resistencia a la fractura está disminuida en comparación con la dentina normal (Kinney et al., 2004). Esta disminución da a la resistencia de la fractura un significado clínico de impacto (Porter et al., 2005).

Igualmente, el ciclo de fatiga también parece estar influenciado por la microestructura de la dentina (Nalla et al., 2003b; Arola et al., 2003), aunque no se han observado diferencias morfológicas entre los distintos tipos de dentina en todo el diente (Porter et al., 2005).

Sin embargo, la progresiva obliteración o esclerosis de grupos de túbulos produce un incremento de la fragilidad y la dureza en las áreas afectadas (Grajower et al., 1977); pero también hace que el tejido se vuelva impermeable a las manchas (Beust, 1931, citado por Berkovitz et al., 2002).

Aunque las diferencias entre las constantes elásticas de la dentina normal y de dentina transparente radicular no son significativas (Kinney et al., 2003; Kinney et al., 2004), se ha encontrado que en situaciones de niveles

altos de estrés, la dentina transparente posee un comportamiento de fatiga más bajo que la dentina normal.

Por lo tanto, los planteamientos sobre una constante elástica inalterada en dentina transparente (y que por tanto, las propiedades de resistencia a la fractura no estén alteradas), han sido devaluados por recientes estudios, donde se ha demostrado que la resistencia a la fractura es más baja en alrededor de un 20% en la dentina transparente (Kinney et al., 2005).

Normalmente, una precipitación pasiva dentro de la matriz de dentina intertubular, como sería el caso de la transparencia de la dentina, no conduce necesariamente a detectar cambios en las propiedades elásticas (Weber, 1974). Las fracturas suelen presentarse más en dientes alterados, particularmente después de restauraciones o reparaciones endodóncicas, por imperfecciones que pueden ser introducidas durante los tratamientos o por restauraciones de caries (Kinney et al., 2005).

Los hallazgos sobre una dureza inferior y una plasticidad reducida, es decir, un comportamiento frágil en la dentina transparente, son relevantes por la relación de la transparencia con la edad. Se ha sugerido que la transparencia en la dentina de la raíz pueda ser la causa subyacente de la fragilidad percibida en los tratamientos endodónticos (Kinney et al., 2005).

Con la edad, los tratamientos restaurativos pueden requerir modificaciones para acomodar la reducción de la resistencia a la fractura en el tejido dental (Kinney et al., 2005); se puede encontrar dentina transparente sin ninguna deformación elástica, lo que contrasta con la deformación encontrada en la dentina normal. (Kinney et al., 2005).

El hecho de que la resistencia a la fractura pueda ser inferior en la dentina transparente, ha sido atribuido a que los túbulos son ocluidos y están menos hidratados que en la dentina normal, lo que reduce la resistencia a las grietas. Sin embargo, se ha considerado que esto es imposible (Kinney et al., 2005), ya que las constantes elásticas no se ven alterados por los niveles de hidratación (Kinney et al., 2004).

3.1.4 Etiología

Existen diferentes opiniones sobre la etiología de la transparencia de la dentina de la raíz y su relación con el incremento de la edad; desde una reacción de defensa a un estímulo nocivo y/o a cambios fisiológicos que se suceden con la edad, los cuales producirían un depósito continuo de dentina peri o intratubular, que llevaría a la obstrucción de los túbulos (Blake, 1958; Van Huysen, 1960), hasta una etiología incierta (Sengupta et al., 1999).

Sin embargo, en investigaciones más recientes se ha demostrado que existen otros factores que contribuyen a que esto no sea exclusivo (Lester y

Boyde, 1968; Miles, 1978; Whittaker and Kneale, 1979; Vasiliades et al., 1983; Kvaal et al., 1994a; Steadman et al., 1959 citado por Berkovitz et al., 2002).

Se ha sugerido que las toxinas liberadas desde los tejidos por la enfermedad periodontal fueran responsables de la transparencia de la dentina de la raíz (Miles, 1978); igualmente, que esas toxinas bacterianas podrían fácilmente alcanzar la pulpa, como resultado de los movimientos masticatorios (Steadman et al., 1959 citado por Berkovitz et al., 2002).

Schroff (1959), propuso justo lo inverso, es decir, que la ausencia de un estímulo funcional pueda ser responsable de la formación de la transparencia de la dentina de la raíz, y que las células vivas puedan establecerse periféricamente y no ser estimuladas. Igualmente, al comparar la esclerosis de la dentina de la raíz entre dientes normales y dientes que presentaban alguna enfermedad, se encontró que este proceso es independiente de las patologías (Vasiliadis et al., en 1983a).

También se habla de la penetración de líquidos en la raíz como posible causa, pero la raíz esta recubierta por el cemento a excepción del ápice, que se encuentra abierto; pero incluso si ocurre la entrada por este sitio, llegaría sólo a las terminaciones periféricas (Berkovitz et al., 2002). El otro camino, sería el canal radicular y por lo tanto los túbulos, pero esto sólo se produciría en presencia de ciertas características, como se explica en la permeabilidad de

la dentina. igualmente se ha pensado en un mecanismo de transporte intracelular modulado por los odontoblastos (Sengupta et al., 1999).

Thomas et al., en 1994, dedujeron que la salud oral es una importante variable, ya que el índice de transparencia se aumenta en dientes no vitales, comparado con dientes vitales. Se ha llegado a asegurar que la vitalidad del diente puede ser un factor inhibidor de la mineralización, y la pérdida de la vitalidad, un foco de mineralización (Ten-Cate, 1989).

Por otra parte, se sabe que la transparencia de la dentina radicular está poco o nada influenciada por hábitos secundarios o patológicos (Sognaes et al., 1985; Kashyap y Koterwara, 1990), como sí sucede en los casos de atrición, en la deposición de dentina secundaria, en la periodontosis, en los depósitos de cemento secundario, o en la reabsorción del ápice de la raíz; los cuales se ven alterados por efectos oclusales y patológicos.

Sin embargo, en algunos estudios (Kashyap y Koterwara, 1990) se ha encontrado que las condiciones patógenas y la higiene oral influyen adversamente en los cambios de los diferentes rasgos dentales; pero esta influencia se reduce al mínimo cuando a estos rasgos dentales se les asignan constantes que los relacionan con la edad; por consiguiente se dice que la valoración de la edad no está influida perceptiblemente por patologías orales (Sengupta et al., 1999).

También se han encontrado diferencias en el sexo; Lorentsen y Solheim (1989), encontraron que el índice de transparencia de la dentina de la raíz era mayor en el sexo masculino que en el femenino, y lo atribuyeron al aumento de la fuerza de masticación en este sexo. Igualmente, en algunos estudios realizados sobre la transparencia de la dentina radicular se confirma la relación con la edad; pero se ha encontrado diferencias entre los diferentes grupos humanos, sugiriendo que otros factores puedan ser responsables también de la transparencia (Whittaker y Bakri, 1996).

En el cuello de la raíz se presenta una zona esclerótica que es considerada como una reacción de defensa a un proceso carioso, o al desgaste dental (Pindborg, 1970); pero la esclerosis que comienza en el ápice de la raíz es reconocida como un cambio fisiológico relacionado con la edad (Gustafson, 1950; Dechaume et al., 1960; Nalbandian et al., 1960; Miles, 1963; Bang y Ramm, 1970; Johanson, 1971; Burns y Maples, 1976; Azaz et al., 1977; Maples, 1978; Maples y Rice, 1979; Metzger et al., 1980; Solheim y Sundnes, 1980; Colona et al., 1984; Lamendin et al., 1991 y 1992; Prince y Ubelaker, 2002).

Actualmente, se habla de un mecanismo de disolución-reprecipitación, el cual se basa en la similar composición química del mineral inter e intratubular de la dentina transparente (Porter et al., 2005).

3.1.5 Dentina transparente en muestras antropológicas

En estudios realizados sobre el comportamiento de la transparencia de la dentina en dientes de muestras arqueológicas o históricas, se ha sugerido que la transparencia de la raíz puede ser afectada por el intervalo postmortem, por las condiciones de los restos óseos (Megyesi et al., 2006) y/o por la culminación de estos procesos, los cuales inicialmente no serían discernibles. También se ha descrito que la dentina presenta una apariencia gredosa (chalking), la cual dificulta la observación de la dentina transparente (Lucy et al., 1995 y Sengupta et al., 1999,) y se han encontrado diferencias entre la longitud de la transparencia entre dientes extraídos recientemente y dientes de restos óseos con un intervalo postmortem de 21 a 37 años (Mandojana et al., 2001).

Algunos de estos cambios postmortem que se presentan en la dentina han sido descritos como un aparente desprendimiento irregular de los canales desde la pulpa a través de la predentina, o desde el exterior a través del cemento de la raíz (Clement, 1963); igualmente, desintegraciones difusas y erosiones de la superficie (Sognaes, 1955 citado por Sengupta et al., 1999) y una posterior colonización de hifas de micelios (Poole y Tratman, 1978).

No se conoce el grupo exacto del microorganismo, pero se sabe que son acidogénicos, y que este ácido que producen puede llevar a una

desmineralización de toda la dentina, incluyendo la parte esclerótica (Poole y Tratman, 1978).

Se ha sugerido que estos microorganismos acidogénicos atacan el colágeno y excretan ácidos orgánicos, produciendo una disolución de la apatita y destrucción de la estructura histológica (Sillen, 1989, citado por Sengupta et al., 1999). Estos cambios tafonómicos también parecen depender de la temperatura, del pH, de la composición del suelo, y pueden ser los responsables de este cambio en la apariencia de la dentina.

Estudios sobre la distribución de esta apariencia gredosa en la dentina, han indicado que la formación puede comenzar en la raíz y en los canales laterales, siguiendo con infiltraciones alrededor de la dentina y finalmente en el cemento. Bajo el microscopio electrónico se observa una estructura filiforme, la cual es transparente en áreas de dentina no afectada (Sengupta et al., 1999).

Sin embargo, no se ha podido establecer el grado de formación de este cambio con el tiempo cronológico de la muerte; en algunas muestras de dientes con bastante antigüedad se puede observar y medir la transparencia radicular pero la fiabilidad de la estimación es incierta (Kvaal y During, 1999).

3.1.6 Métodos para la medición de la transparencia

Para medir la zona de transparencia se han utilizado métodos directos sobre el diente seccionado (Gustafson, 1950; Johanson, 1971; Vasiliadis et al., 1983a; Kashyap y Koteswara, 1990; Whitaker y Bakri, 1996); y métodos indirectos, cuya observación se realiza sobre el diente intacto (Bang y Ramm, 1970; Drusini et al., 1991; Lamendin et al., 1992; Prince y Ubelaker, 2002).

La medida ha sido cuantificada por índices subjetivos (Gustafson, 1950 y Johanson, 1971), midiendo directamente la transparencia (Miles, 1963), midiendo el área de transparencia (Lorentsen y Solheim, 1989), la transparencia expresada sobre la longitud del diente (Kashyap y Keoteswara, 1990), el área de la transparencia expresada sobre el área de la raíz (Jonson, 1968; Vasiliadis et al., 1983a y Drusini, 1991), y la altura de la transparencia expresada sobre la longitud de la raíz (Lamendin et al., 1992; Thomas et al., 1994; Prince y Ubelaker, 2002).

Se han utilizado dientes intactos y dientes seccionados. En estos últimos, la transparencia de la dentina puede variar de un área a otra, ya que la zona apical de la raíz es más estrecha que el resto del diente; además, puede disolverse más rápido y resultar más transparente, formando áreas artificiales de la transparencia (Metzger et al., 1980; Solheim, 1993). Igualmente, se han utilizado fotografías de la zona para tener una reproducción de la imagen.

A pesar de que medir clínicamente el área de transparencia de la dentina de la raíz podría ser muy fácil, cuando se amplía esta área, comienza a ser un poco discernible la unión entre las dos zonas (Sengupta et al., 1999).

En la dentina transparente, la fase no mineral es reemplazada por mineral, lo cual hace que el índice de refracción sea más alto; sin embargo, el complejo y la zona tridimensional irregular de la transparencia de la raíz hacen que una sola sección no refleje la verdadera extensión de la transparencia de la dentina radicular.

Esta dificultad podría evitarse si se mide el volumen del área de la transparencia de la dentina de la raíz (Sengupta et al., 1999), para lo cual se han utilizado varias técnicas, como la microscopía focal (Rathoel et al., 1993), la cual falló por no transmitir la luz; o la introducción de una sustancia para medir el volumen (Manly y Hodge, 1939 citado por Sengupta et al., 1999), con el riesgo de destruir el diente.

El método indirecto consiste en medir la zona de transparencia de la dentina de la raíz, que representa la esclerosis de la dentina, transmitiendo una luz a través del diente intacto y tomando la medida en milímetros con un calibrador digital (Bang y Ramm, 1970; Lamendin et al., 1992; Beyer-Olsen y Risness, 1993; Kvaal et al., 1994b; Prince y Ubelaker, 2002).

3.2 PERIODONTOSIS

3.2.1 El periodonto normal

El periodonto está formado por los siguientes tejidos: la encía, el ligamento periodontal, el cemento radicular, y el hueso alveolar (Lindhe, 1992). Las funciones principales de esta estructura consisten en unir el diente con el tejido óseo de los maxilares y en mantener la integridad de la superficie de la mucosa masticatoria en la cavidad bucal.

El periodonto es una unidad de desarrollo biológico y funcional que sufre ciertas modificaciones con la edad y que además está sujeta a alteraciones morfológicas y funcionales y a cambios relacionados con las alteraciones del medio bucal (Lindhe, 1992).

3.2.1.1 La encía

Es una porción de la mucosa oral y el componente más periférico del periodonto. La encía o gingiva comienza en la línea mucogingival y cubre el aspecto coronal del proceso alveolar, terminando en la porción cervical del diente, formando el epitelio de unión a través de un anillo de tejido epitelial especializado.

Se pueden distinguir tres estructuras en la encía: la encía marginal libre, de 1,5 mm aproximadamente, la encía adherida, que es más extensa y puede variar en cada diente y en cada individuo, y la encía interdental, que ocupa el espacio entre los dientes.

La encía adherida es firme y consistente y no es movable sobre las superficies subyacentes. La superficie está queratinizada y puede también mostrar una apariencia de piel de naranja o punteada (Schroeder, 1982), aunque este punteado se encuentra sólo en el 40% de los adultos (Lindhe, 1992).

En cuanto a la encía libre, se extiende en vestibular y lingual desde el márgen gingival en dirección apical hacia el surco gingival libre, que está a nivel del límite cementoadamantino (LCA). El surco gingival libre es una estrecha ranura o bolsa artificial alrededor del diente cerca de 0,5 mm a 2 mm; el fondo del surco está formado por las células más coronales del epitelio de unión, que están constantemente mudándose.

Una pared del surco corresponde a estructura dentaria; las otras paredes son epitelio no queratinizado (Lange y Schroeder, 1971, citado por Lindhe, 1992). Se cree que se necesita un mínimo de 2 mm a nivel del margen gingival libre en sentido coronal respecto al límite amelocementario para mantener la salud del periodonto (Long y Löe, 1972). Esto ha sido cuestionado

en años recientes (Wennstrom, 1982; Dorfman et al., 1982; Wennstrom y Lindhe, 1983).

Apical al área de contacto, la encía interdental tiene una forma cóncava, vista en sección vestibulolingual. La concavidad o cuello está localizada entre la superficie lingual y vestibular, en la papila interdental, y no es visible clínicamente. Consiste esencialmente en la fusión entre el epitelio de unión de los dientes adyacentes. En la ausencia de contacto entre los dientes, la encía queratinizada cursa ininterrumpidamente desde vestibular hacia la superficie lingual.

3.2.1.2 Epitelio de unión

El epitelio de unión es aproximadamente de 2 mm en medida coronoapical y se dispone alrededor del cuello del diente. Apicalmente se compone de unas pocas capas de células, que aumentan en número coronalmente. Es el responsable de mantener la salud del periodonto, creando una unión firme del tejido blando con el tejido duro, evitando la permeabilidad y actuando como una vía de disolución de los productos metabólicos de la placa bacteriana (toxinas, antígenos y agentes termoestáticos).

Los accesorios epiteliales provistos por el epitelio de unión consisten en una lámina basal interna (LBI) y hemidesmosomas, los cuales proporcionan la unión entre el epitelio y el tejido conectivo subyacente. Todas las células del

epitelio de unión están en continua migración coronal, incluso aquellas que están en contacto inmediato con la superficie del diente, disolviéndose y reestableciéndose continuamente. En un paciente joven y sano, el epitelio de unión termina apicalmente a la unión cemento-esmalte.

3.2.1.3 Tejido conectivo

La estructura del tejido conectivo proporciona la unión entre el diente y el alvéolo, entre el diente y la encía, así como también entre cada diente y su adyacente. La mayor porción del tejido conectivo de la encía adherida y libre está compuesto por un grupo de fibras colágenas (alrededor del 60% del volumen de tejido conectivo), fibroblastos (alrededor de 5%), vasos, nervios y matriz (alrededor del 35%).

El grupo de fibras se disponen en diferentes direcciones, formando un complejo arquitectónico. Estas fibras dan a la encía resiliencia² y resistencia, uniendo la superficie del diente con el epitelio de unión y proporcionando la fuerza para dar estabilidad al diente. También puede observarse un pequeño grupo de fibras reticulares, oxitalánicas y elásticas (Lindhe, 1992).

Los fibroblastos son las células predominantes en el tejido conectivo, están dedicados a la producción de diversos tipos de fibras hallados en él, pero también intervienen en la síntesis de la matriz de ese tejido.

² *Capacidad para adquirir la forma inicial después de someterse a una presión que lo deforme*

La matriz del tejido conectivo es producto de los fibroblastos, aunque parte de sus componentes provienen de los mastocitos y otros de la sangre. La matriz es el medio en el cual están incluidas las células del tejido conectivo, y es esencial para el mantenimiento del funcionamiento normal del mismo.

3.2.1.4 Ligamento periodontal

El ligamento periodontal es el tejido conectivo blando que rodea las raíces de los dientes y se inserta en el hueso alveolar y en el cemento. El ligamento periodontal ocupa el espacio entre la superficie radicular y el hueso alveolar.

Se compone de fibras de tejido conectivo, células, vasculares y nervios; la mayoría de las fibras son colágenas. El ancho del ligamento periodontal es de aproximadamente 0,25 mm (+/- 50%). La presencia del ligamento periodontal es esencial para la movilidad de los dientes (Lindhe, 1992).

3.2.1.5 Cemento

El cemento es un tejido calcificado especializado que recubre las superficies radiculares y a veces pequeñas porciones de las coronas dentarias. Anatómicamente, el cemento representa una porción del diente, sin embargo, funcionalmente pertenece al aparato de soporte del diente, ya que la encía y el grupo de fibras periodontales están ancladas en él.

Posee muchos rasgos en común con el tejido óseo, pero no contiene vasos sanguíneos ni linfáticos, no está innervado y no experimenta reabsorción y remodelados fisiológicos, pero se caracteriza por un depósito continuo durante toda la vida (Lindhe, 1992).

En el tercio apical y en algunas áreas de la furca³ se encuentran células vitales. La mineralización se produce por depósitos de cristales de hidroxiapatita; primero dentro de las fibras, después en la superficie de las fibras, y finalmente en la matriz interfibrilar.

Se reconocen dos tipos de cemento:

- Cemento primario o acelular, que se forma en conjunción con la formación radicular y erupción dentaria.

- Cemento secundario o celular, que se forma después de la erupción dentaria y en respuesta a las exigencias funcionales.

3.2.1.6 Proceso alveolar

Los procesos alveolar maxilar y mandibular son estructuras dependientes del diente. Estos se desarrollan con la formación y durante la

³ Zona del diente donde se dividen las raíces.

erupción del diente, y se atrofian con la pérdida del mismo. Las tres estructuras del proceso alveolar son:

- hueso alveolar propio
- hueso trabecular
- hueso compacto

El hueso compacto cubre el proceso alveolar y es de aspecto más fino. En la entrada del alvéolo se mezcla con el hueso alveolar propio, formando la pared alveolar. El hueso alveolar y el hueso compacto se unen formando el margen o cresta alveolar. En esta región, el proceso alveolar se hace extremadamente fino, especialmente en la superficie vestibular.

Entre el hueso compacto y el alveolar se dispone el hueso trabecular. La superficie externa de este está siempre tapizada por una zona no mineralizada de tejido osteoide, recubierto a su vez por el periostio; éste posee fibras colágenas, osteoblastos (células que forman hueso) y osteoclastos (células de reabsorción ósea).

3.2.2 Etiología y relación con la edad

La periodontosis o pérdida del tejido periodontal está causada por la degeneración del tejido alrededor del diente; esto es progresivo desde el cuello

al ápice de la raíz, y aparece como una área lisa y amarillenta por debajo del esmalte, más oscuro que éste pero más claro que el resto de la raíz (Lamendin et al., 1992).

La periodontosis se evalúa por la medida directa de la distancia entre la unión esmalte-cemento y el epitelio de unión sobre la superficie bucal y lingual. También se ha definido como las irregularidades en la forma del cemento y la dentina radicular causadas por la continua reposición del ligamento periodontal (Lucy et al., 1995).

Todavía no es posible desvelar completamente la patogenia de la enfermedad periodontal, ni su relación directa con la edad. La presencia de depósitos dentarios mineralizados o no, ha sido sin duda el factor más relacionado con la periodontosis (Waerhaug, 1955; Löudal et al., 1958).

Sin embargo, como los depósitos mineralizados (cálculo dental) están siempre recubiertos por una capa de placa no mineralizada (placa dental), podría ser difícil determinar si el cálculo *per se* tiene un efecto perjudicial sobre el tejido periodontal. Es evidente que la correlación entre placa y gingivitis es mucho más fuerte que entre cálculo y gingivitis (Silness y Løe, 1964; Buckley, 1981).



Figura 2. Pérdida de tejido periodontal en premolares y molares; aún hay presencia de cálculo dental (observación personal).

Con frecuencia se ha asociado a la placa bacteriana, causante de la periodontosis, con la dieta alimentaria, aunque desde hace más de 50 años se conoce que la placa se puede formar en los dientes humanos en ausencia de ingesta alimentaria por boca (Howitt et al., 1928, citado por Theilade, 1986).

La dieta puede modificar tanto la cantidad de placa formada como su composición; sin embargo, la alimentación puede ser tal que requiera una masticación vigorosa, con lo cual se activa la acción limpiadora de la saliva, los labios, los carrillos y la lengua, o puede ser tal que favorezca la formación de placa (Lindhe, 1992).

Aunque la inflamación de los tejidos periodontales puede ser similar en muchos aspectos a lo que se ve en otras partes del cuerpo, existen diferencias significativas en parte por la anatomía del periodonto, ya que los procesos inflamatorios en los tejidos del periodonto no son hechos estereotipados, causados por un microorganismo o por un producto microbiano que opera durante un período relativamente corto (Ratertschak et al., 1994).

La reacción inflamatoria del tejido gingival que busca protección contra el ataque de los microorganismos, puede dañar las células y las estructuras del tejido conectivo circundante, incluido el hueso alveolar; convirtiéndose probablemente en la causa de la mayor parte de las lesiones observadas en las periodontosis (Ratertschak et al., 1994).

Desde 1980 se afirmaba que en presencia de placa y cálculo, la gravedad de la periodontosis aumentaba con la edad, estimándose que los pacientes adultos experimentan una pérdida total de inserción de aproximadamente 0,1 – 0,2 mm por año. Posteriormente se ha conocido que la pérdida de inserción no es homogénea en todos los dientes en una misma boca.

Lindhe et al., en 1983, encontraron una pérdida anual total de 0,18 mm estudiando un grupo de 65 pacientes adultos durante 6 años, de los cuales únicamente el 12% de todas las superficies presentaba pérdida de inserción

adicional, concluyendo que la enfermedad periodontal puede no ser sólo un proceso inexorable, lentamente progresivo.

En algunas circunstancias, la destrucción de tejidos se produce en un tiempo muy corto que puede estar seguido por un largo intervalo de calma; cuando se establece algún tipo de equilibrio que reduce o impide la pérdida continuada de tejidos (Murtomaa et al., 1987, entre otros).

Por otra parte, Lang y Löe, (1972) encontraron que a pesar de que las superficies dentarias estaban libres de placa, todos los sitios con encía queratinizada menor que 2 mm mostraban signos clínicos persistentes de inflamación.

Factores como la higiene oral, previas técnicas dentales y dieta pueden afectar la medida de la periodontosis cuando se utiliza como determinante de la edad. Una buena higiene oral, en determinadas poblaciones, puede contribuir a disminuir la altura de la periodontosis. Cirugías dentales, como un injerto, pueden afectar la verdadera medida; la dieta igualmente puede también contribuir; por ejemplo, en dietas ricas en azúcares o ácidos (Prince y Ubelaker, 2002).

Algunos autores han relacionado la recesión periodontal únicamente con atrición dental, pero contradice la afirmación de una continua erupción del diente, y de que la continua erupción esté relacionada con la edad (Solheim,

1993); esto confirma los resultados del estudio de Baer y Morris (1977), quienes no encontraron retracción periodontal como resultado del desgaste dental.

La recesión gingival como una disminución del nivel de los tejidos blandos, ocurre frecuentemente en pacientes con enfermedad periodontal incipiente o avanzada (Okamoto et al., 1988), pero ésta también se presenta a menudo sobre la superficie dentaria vestibular de personas sanas periodontalmente.

El traumatismo por oclusión no lleva directamente a la destrucción del tejido periodontal, pero puede terminar en una reabsorción del hueso alveolar, lo que conduce a un incremento de la movilidad dentaria, que podrá ser de carácter transitorio o permanente.

Esta reabsorción ósea que lleva a la movilidad dentaria debe ser considerada como una adaptación fisiológica del ligamento periodontal y del hueso alveolar circundante a las fuerzas traumatizantes, es decir, a las demandas funcionales alteradas (Lindhe, 1992).

Los hallazgos de los estudios epidemiológicos sobre la periodontosis revelan coherentemente el aumento de la frecuencia y la gravedad de la enfermedad periodontal con la edad y la higiene bucal incorrecta (Lindhe, 1992).

3.2.3 Métodos de medición de la periodontosis

La periodontosis puede ser medida sobre el diente aún sin extraer, tomando la medida de la cresta alveolar al límite amelocementario. En dientes fuera del alvéolo, se mide directamente sobre el diente, como la zona que se encuentra por debajo de la unión amelocementaria rodeando al diente, más oscura que el esmalte pero más clara que el resto de la raíz (Lamendin et al., 1992); o también la distancia entre el límite amelocementario y la marca de inserción del epitelio de unión. Cuando la extracción del diente es reciente, suelen quedar restos del epitelio de unión indicando la altura a la que se encontraba; esto facilita la medida.

Esta medida, tomada como la distancia entre el límite amelocementario o cuello del diente y el sulcus o epitelio de unión, ha sido determinada por grados de acuerdo a su severidad de 0 a 3 (Gustafson, 1950) donde P0 = no hay periodontosis, P1 = comienza la periodontosis, P2 = periodontosis de más de un tercio de la raíz, y P3 = periodontosis de más de dos tercios de la raíz; de 0 a 4 (Dalitz, 1962), de 0 a 6 (Johanson, 1971), siendo esta una medida objetiva.

Lamendin et al. (1992), midieron la periodontosis en milímetros, tomada con un calibrador digital, y utilizaron esta medida relacionándola con la altura total de la raíz.

Para ayudar a la visualización de la zona, Metzger et al. (1980) utilizaron la técnica del dibujo compuesto. Esta técnica consiste en tomar una radiografía a un corte del diente de 1 mm, la cual se proyecta sobre una hoja de papel con un proyector de diapositivas; se realiza entonces el dibujo del diente sobre la hoja. Los puntos de la unión epitelial son marcados en los lados bucal y lingual del diente, de acuerdo a la medida que fue hecha sobre el diente entero, que luego es ajustada sobre la escala del dibujo.

También se ha utilizado la tinción del diente con hematoxilina-eosina para facilitar la localización del epitelio de unión (Powell y Garnick, 1978; Metzger et al., 1980).

3.3 REABSORCIÓN RADICULAR

Por la literatura se conoce que en longitudes, no solo del diente, sino también de la raíz, los de mayor valor son los caninos superiores, seguidos por los incisivos centrales superiores, los premolares superiores e inferiores, incisivos laterales superiores, incisivos centrales inferiores y molares superiores e inferiores. Pero esto no es exclusivo en todos los individuos, ya que estos rasgos están determinados también genéticamente.

Se menciona que con la edad ocurre una reabsorción radicular, como la que se presenta en los dientes temporales, pero en un grado menor;

sin embargo, no se ha podido establecer la verdadera relación de la reabsorción con la edad (Lucy et al., 1995)

La reabsorción radicular hallada en algunos dientes se presenta como una consecuencia o un mecanismo de respuesta, ya sea a movimientos globales continuos prolongados del diente, a fuerzas ortodóncicas grandes o a movimientos intrusivos⁴.

Igualmente en algunos dientes se presenta reabsorción radicular, como un efecto secundario, de los procedimientos de injerto de tejido que se realizan como tratamiento de las recesiones gingivales presentes en las periodontitis (Lindhe, 1992).

Existen dos clases de reabsorciones:

- Las que se generan en el límite de la zona hialinizada, dentro de los tercios marginal o cervical y medio de la raíz, las cuales son pequeñas y no significativas. Su reparación es rápida mediante aposición de cemento celular.

- La otra es la reabsorción radicular apical, que supone una lesión irreversible, con el resultado de un acortamiento permanente de la raíz, y que establece una relación más desfavorable entre la corona y la raíz del diente.

⁴ *Movimientos que hacen parte de la terapia ortodóncica, que permite corregir las malposiciones dentarias.*

En algunos estudios (Maples, 1978) utilizando regresión múltiple se ha encontrado que la reabsorción de la raíz tiene muy poca relación con la edad.

Gustafson (1950), fue el primero en utilizar la reabsorción como un rasgo relacionado con la edad; sin embargo, se ha encontrado que esa relación es muy baja o casi negativa (Henry y Weinman, 1951, citado por Rösing y Kvaal, 1998; Dalitz, 1962; Miles, 1976; Solheim y Kvaal, 1993), ya que la reabsorción está relacionada con otros factores.



Figura 3. Microfotografía de la reabsorción radicular (tomada de Cattaneo y Grandi, 2004).

Sin embargo, se ha demostrado que aunque la correlación de la reabsorción con la edad es baja, contribuye a mejorar la estimación de la edad cuando se utilizan métodos de regresión múltiple, aunque en un grado menor que otros rasgos (Solheim y Kvaal, 1993).

La longitud de la raíz no ha sido tomada directamente como un factor que esté relacionado con la edad. Lamendin et al. (1992) la han utilizado para determinar el grado de transparencia y de periodontosis, al relacionar su longitud con la longitud de la raíz. Prince y Ubelaker (2002), en la modificación de la técnica de Lamendin et al. (1992), la han utilizado adicionándola a la fórmula, aunque con un nivel de significación muy bajo (0,05).

3.4 OTROS CAMBIOS

3.4.1 Aposición de dentina secundaria

Todos los tejidos vitales del diente cambian y crecen, la dentina no es la excepción; se considera un tejido vivo por contener las prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos, por lo tanto, durante toda la vida del diente se producirá en ella depósito continuo de dentina ya sea por razones fisiológicas o por estímulos patológicos.

Se llama dentina secundaria a aquella que se forma después de haber concluido la formación de las raíces de los dientes. Clásicamente se describía como aquella dentina sintetizada una vez que el diente entra en oclusión, pero se ha demostrado su presencia en dientes retenidos. Esta dentina se deposita mucho más lentamente que la primaria y su producción continúa durante toda la vida.

Se afirma que la causa biológica de esto, puede ser el uso normal: estrés mecánico durante la masticación y cambios abruptos de temperatura, pero esto ha sido puesto en duda (Philippas, 1961; citado por Rösing y Kvaal, 1998).

En dientes que han sido objeto de estímulos externos, como atricción, caries dental, preparación de cavidades, etc, se encuentra otra clase de dentina, la dentina terciaria. Esta no ha sido formada por los odontoblastos originales, pero sí por las células diferenciadas desde la pulpa dental. Es mucho más irregular que la dentina circumpulpar y se le ha dado una gran variedad de nombres, como dentina reaccionaria, dentina reparativa, dentina de respuesta, o dentina secundaria irregular..

La cantidad de dentina secundaria que se deposita se ha relacionado con la edad, ya que genéticamente está predeterminado el grosor de los depósitos de dentina primaria circumpulpar. Esto ocurre cuando el desarrollo de la raíz está completo. Sin embargo, se ha encontrado que este proceso implica una alta variación individual, por lo que la correlación entre aposición y edad puede no ser muy alta (Rösing y Kvaal, 1998).

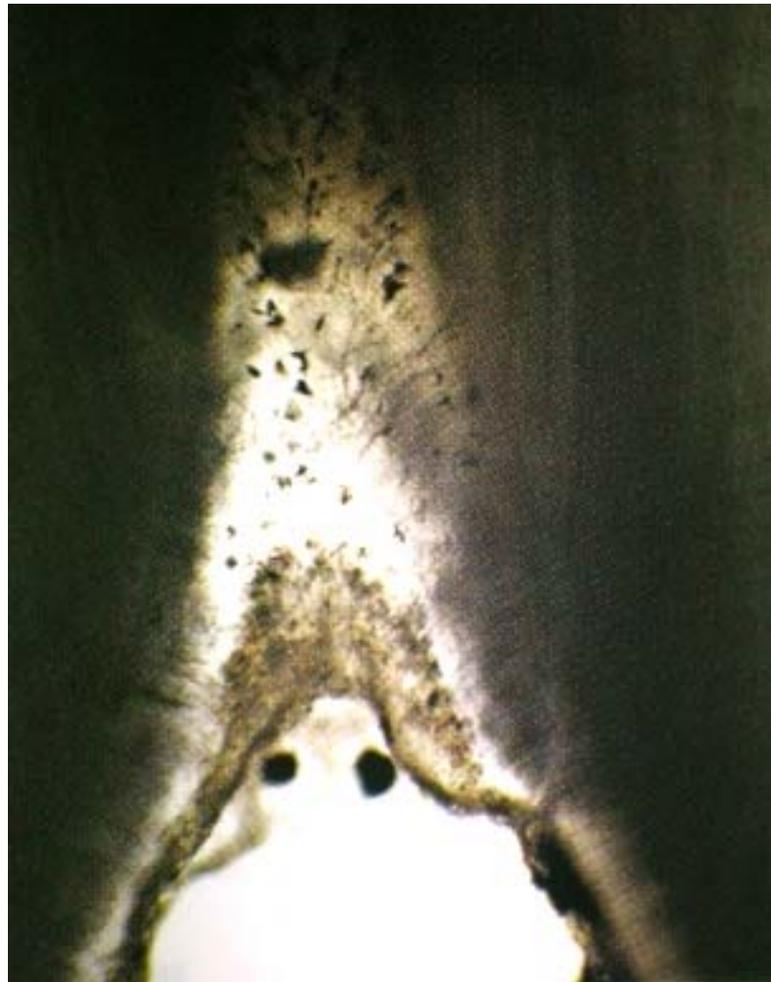


Figura 4. Microfotografía, donde se observa el depósito de dentina secundaria en la cámara pulpar (tomada de Cattaneo y Grandi, 2004).

Existen algunas diferencias entre la dentina primaria y la secundaria: en esta última hay reducción, hasta llegar a una pérdida completa en el número de túbulos dentinarios, ondulación de los túbulos y pérdida de las estructuras características de la dentina primaria (Ketterl, 1983).

En un estudio realizado por Moore, 1970, usando dientes con un mínimo de cambios patológicos para medir el crecimiento de dentina fisiológica, desde la madurez del diente (10 años de edad) hasta edades avanzadas (70 años de edad), se encontró que la cámara pulpar disminuye en tamaño conforme se progresa en edad. Ellos observaron, sin embargo, que esto no ocurre siempre y que en algunos de los individuos de 60 años o más se encontró una cámara pulpar comparativamente más grande que los demás de su grupo.

Es difícil establecer diferencias entre dentina primaria y dentina secundaria. Generalmente se utiliza un método indirecto para cuantificar la dentina secundaria, que consiste en medir la reducción de la cavidad pulpar. Esta reducción puede ser cuantificada midiendo las líneas sobre el diente seccionado (Gustafson, 1950; Dalitz, 1962; Johanson, 1971; Solheim, 1992; Drusini, 1993).

También se utilizan variaciones del área pulpar, relacionándola con el área de la corona en dientes seccionados, con radiografías o mediante el cociente entre la anchura y la longitud de la pulpa en las radiografías.

3.4.2 Aposición de cemento

El cemento es un tejido calcificado especializado que recubre las superficies radiculares y a veces pequeñas porciones de las coronas dentarias. Anatómicamente, el cemento representa una porción del diente; sin embargo, funcionalmente éste pertenece al aparato de soporte del diente porque la encía y el grupo de fibras periodontales están ancladas en él.

Posee muchos rasgos en común con el tejido óseo, pero no contiene vasos sanguíneos ni linfáticos, no está innervado y no experimenta reabsorción y remodelados fisiológicos, pero se caracteriza por un depósito continuo durante toda la vida. En el tercio apical y en algunas áreas de la furca se encuentran células vitales.

Se reconocen dos tipos de cemento: Cemento primario o acelular, que se forma en conjunción con la formación radicular y erupción dentaria, y

cemento secundario o celular, que se forma después de la erupción dentaria y en respuesta a las exigencias funcionales.



Figura 5. Microfotografía del aspecto del cemento secundario (tomada de Cattaneo y Grandi, 2004).

El cemento muestra un crecimiento progresivo, de nuevas capas, a lo largo de la vida (Stein y Corcuran, 1994). El cemento secundario o celular se deposita sobre el cemento primario durante todo el período funcional del diente. El crecimiento de cemento es aproximadamente lineal y su grosor es proporcional a la edad del diente, posiblemente como respuesta a la erupción pasiva. Las zonas más afectadas por este depósito secundario de cemento son las apicales e interradiculares (Van Der Velden, 1982).

El aumento en la aposición de cemento es evidente en los tercios cervical y medio de la raíz, mientras que en el apical, el fenómeno de hipercementosis es un cambio regresivo de los dientes caracterizado por el desarrollo excesivo del cemento secundario en su superficie (Jablonsky, 1992); esto ha implicado una dificultad en su análisis.

En una micrografía se puede observar que este cemento formado después de concluir la erupción dentaria y, a menudo en respuesta a demandas funcionales, está densamente apretado con fibrillas colágenas toscas paralelas a la superficie radicular (sistema fibroso intrínseco), y fibras de *Sharpey* (sistema fibroso extrínseco), dispuestas perpendicularmente al límite cementodentinario. Las fibras de *Sharpey* son más gruesas, más dispersas que las del cemento acelular y continúan ininterrumpidamente.

Durante este proceso de aposición gradual se calcifica la porción de las fibras principales adyacentes a la superficie radicular. La mineralización se produce por depósitos de cristales de hidroxiapatita, primero dentro de las fibras, después en la superficie de ellas, y finalmente en la matriz interfibrilar.

El grosor de cemento en las personas de edades comprendidas entre 51 y 76 años triplica el grosor de cemento de dientes de personas de 20 años de

edad (Zander y Horzeler, 1958). Por otro lado, también se ha comprobado que hay una formación mucho mayor de cemento en el tercio apical que en la unión cemento-esmalte (Jablonsky, 1992).

3.4.3 Atrición Dental

El desgaste dental esta considerado como un proceso fisiológico normal (Mair et al., 1996; Senawongse et al., 2006); es el resultado de la reducción paulatina de la superficie oclusal, inicialmente del esmalte, posteriormente de la dentina, abarcando la cavidad pulpar en casos severos hasta la destrucción total de la corona.

El desgaste proporciona información sobre aspectos de la evolución humana prehistórica (Rodríguez, 1994). Los patrones de desgaste son usados para conocer aspectos acerca de la dieta, técnicas de preparación de los alimentos y actividades habituales en las cuales se utilizaban los dientes; pero, también se ha utilizado como un factor que proporciona información sobre la edad de un individuo (Walker et al., 1991).

Los patrones de desgaste dental están determinados por las interacciones entre los dientes y los factores de la masticación, como la morfología de la boca y el arco dental, la fuerza y dirección de los movimientos

masticatorios, factores genéticos que condicionan el grado de dureza del esmalte y la dentina, al igual que factores culturales, como la dieta y las costumbres culturales (mascar tabaco, fumar en pipa o utilizar los dientes como herramientas de trabajo).



Figura 6. Desgaste oclusal de los molares inferiores (observación personal).

El desgaste también se produce en las superficies de contacto mesial y distal (interproximales), tanto por el contacto entre dientes adyacentes como por el movimiento durante su uso.

La atrición, que es el resultado del contacto directo, diente contra diente, depende en gran medida del grado de robustez del aparato masticatorio y de la intensidad y duración del contacto. La abrasión se produce por el contacto con materiales extraños y depende del grado de abrasividad de los alimentos y del bruxismo, o desgaste de los dientes por su contacto durante el sueño.

A pesar de que el desgaste dental ocurre durante toda la vida del individuo, la naturaleza de su variación ha dificultado la medición y correlación con la edad de la persona. Desde la escala de cinco grados propuesta por Broca a finales del siglo pasado, diferentes autores han tratado de medir el desgaste, correlacionándolo con patrones de cambio, la función y variabilidad cultural, técnicas de medición, la enumeración de anillos en el cemento y el gradiente del grosor del esmalte (Rodríguez, 1994).

Se han desarrollado una gran variedad de técnicas para medir el desgaste dental. Habitualmente se ha tomado como punto de referencia la variación intraindividual en las tasas de desgaste, teniendo en cuenta la diferencia de aproximadamente seis años entre la erupción del primer molar (M1) y el segundo molar (M2), y entre el segundo molar (M2) y el tercer molar (M3).

Para comparar las muestras con relación a la tasa de desgaste se calcula el rango medio de diferencia o área entre M1-M2, M2-M3 y M1-M3,

generalmente de los molares inferiores, calculando su correlación dentro de la misma población que se va a evaluar (Scott, 1979).

Se han establecido algunas escalas para el desgaste dental relacionándolo con la edad, en todas ellas asignando un grado a cada cambio producido en la superficie oclusal. Las más conocidas son la de Murphy, 1959; Miles, 1962; Brothwell, 1963; Smith, 1972; Lovejoy, 1985, entre otras.

Todas estas escalas han sido desarrolladas en un tipo de población específico, por lo cual hacen difícil su utilización en cualquier otro tipo de población (Rodríguez, 1994). Esta estimación constituye solamente una aproximación, y requiere del conocimiento del contexto poblacional del grupo en cuestión, a fin de evitar el sesgo producido por distintas dietas alimenticias, prácticas culturales, diferencias en el ámbito de sexo y factores genéticos (Rodríguez, 1994).

De hecho, se ha visto que utilizando tablas de desgaste desarrolladas en material prehistórico en material forense contemporáneo, la edad se subestima, pues la dieta alimenticia es más blanda y produce poca abrasión (Walker et al., 1991).

Con el fin de obtener un diagnóstico de edad más aproximado a la realidad, se recomienda aplicar la seriación y el método complejo; es decir,

utilizar todas las fuentes de información de edad del individuo, promediando los resultados (Rodríguez, 1994).

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

4. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Inicialmente, los primeros estudios sobre la determinación de la edad dental se basaron en el grado de desgaste dental; autores como Dobrovsky, 1946; Murphy, 1959; Butler, 1972; Tomenchuk y Mayhall, 1979, (citados por Krogman e Iscan, 1986), Brothwell, 1981, estudiaron el desgaste dental en poblaciones medievales y otras poblaciones.

Pero se observó que la superficie oclusal de los dientes podría verse afectada por otros factores entre los que se citan: la cultura, la dieta, las patologías y el efecto de los factores traumáticos, viéndose alterada la precisión de la determinación de la edad por estas variables. Sin embargo, Lovejoy, en 1985, estableció un método basado en el desgaste dental, mediante el cual se encontró una alta correlación con la edad.

En 1950, Gustafson observó microscópicamente los cambios estructurales en los dientes, con los cuales estableció un sistema para determinar la edad en adultos. Su método se basó en seis cambios que suceden con la edad en los distintos tejidos dentarios. Tales cambios eran la atrición, la aposición de dentina secundaria, el grado de periodontosis, la

aposición de cemento, la reabsorción gradual del ápice de la raíz y la transparencia de la dentina de la raíz. Este investigador utilizó cortes de dientes de aproximadamente 0,25 mm de grosor. Propuso una escala de 0 a 3 para medir la severidad de cada uno de los seis indicadores, donde 0 = no hay cambio, 1 = comienza a notarse el cambio, 2 = el cambio abarca más de la mitad de la superficie, y 3 = el cambio comprende toda la superficie. Posteriormente realizando la sumatoria de todos los puntos y calculó la edad mediante una regresión lineal extraída de una muestra de edad conocida. El margen de error fue de 3 - 4 años. Se asumió que sexo y origen biológico no afectaban a los resultados.

El método de Gustafson fue criticado por su estadística y por desarrollar una única fórmula válida para todos los dientes, ya que los cambios con la edad pueden incidir en diferente medida en varios tipos de dientes (Solheim, 1993). En revisiones posteriores, se encontró que el problema inherente al método de Gustafson, era la difícil precisión a la hora de evaluar los cambios, como la aposición de cemento después de la erupción. También se criticó, que los rasgos periodontales y la reabsorción de la raíz son cambios más subjetivos, debido a su menor prominencia, y porque es difícil determinar un estadio definitivo durante su desarrollo (Lucy et al., 1995). Otro de sus puntos críticos se basaba en que muchos de los indicadores tenían poca correlación con la edad (Dalitz, 1962; Bang y Ramm, 1970; Maples, 1978).

Sin embargo, a partir de este estudio se han realizado otros con base en

estas observaciones; Dalitz, en 1962, aumentó los grados a 5, utilizando una regresión múltiple y omitiendo la reabsorción radicular y la aposición de cemento, por considerar que tenían poca relación con la edad.

Miles, en 1963, estudio el método de Gustafson y encontró que la transparencia de la raíz era la variable que mayor relación establecía con la edad. Desarrolló una fórmula para calcular ésta basándose en la extensión de la transparencia de la raíz.

Bang y Ram, en 1970, simplificaron el método de Gustafson usando la longitud de la transparencia como único indicador. Midieron la transparencia de la dentina de la raíz sobre dientes intactos, y propusieron dos ecuaciones para cada tipo de diente: la primera, de tipo lineal, y la segunda, de orden polinomial. Esta última fue recomendada cuando la longitud de la transparencia fuera de más de 9 mm, y la anterior para medidas inferiores a 9 mm. No se encontraron diferencias con el sexo en cuanto al comportamiento de la transparencia.

Johanson, en 1971, utilizó los mismos indicadores que Gustafson, pero consideró que la escala para evaluarlos no contemplaba todos los cambios ocurridos, ya que existían grados intermedios que no se tenían en cuenta; por tanto aumentó estos grados a 7. La diferencia real entre Gustafson y Johanson se basaba en que este último cambió el análisis lineal por un análisis de regresión múltiple. Se encontró que la correlación más alta con la edad la tenía

la transparencia dental, y la de menor relación era la reabsorción apical de la raíz.

Burns y Maples repitieron en 1976 el trabajo de Gustafson con una muestra independiente compuesta por americanos de origen africano, y americanos de origen europeo; sus resultados indicaron que variables como el origen biológico y el sexo juegan un papel significativo en la determinación de la edad.

Maples encontró en 1978, mayor exactitud a la hora de determinar la edad utilizando sólo dos indicadores: dentina secundaria y transparencia de la raíz.

Lamendin, en 1978, analizó la relación de la transparencia de la raíz con la edad y determinó que la relación mejora cuando la transparencia se relaciona con la longitud total de la raíz.

En 1980, Brinkmann y Hartmann estudiaron el contenido mineral y su relación con la dentina transparente de la raíz. No encontraron significación entre la edad y el contenido mineral de la raíz, por lo que no hubo correlación entre la extensión de la transparencia y el contenido mineral.

Metzger et al. (1980) aplicaron el método de Gustafson y sugirieron cambiar el tamaño del corte seccional del diente, de 0,25 mm a 1 mm; tomaron

fotografías con el fin de evaluar mejor los cambios ocurridos y poder reproducirlos, utilizando específicamente el negativo de la radiografía para medir la transparencia de la dentina.

En 1983, Vasiliadis et al., empleando micrografías de baja intensidad de los dientes seccionados, estudiaron la cantidad y distribución de la dentina esclerótica de la raíz. Los patrones encontrados en la distribución de la dentina esclerótica fueron similares en todos los dientes. La esclerosis en la dentina apical permaneció adyacente al cemento, dirigiéndose hacia la corona y hacia el canal radicular, y se incrementaba con la edad. Cuando se analizó en plano transversal, la transparencia apareció primero en los lados mesial y distal, formando un dibujo con aspecto de mariposa.

Sognaes et al., en 1985, realizaron un estudio en dientes intactos de la relación de la esclerosis (transparencia) de la dentina con la edad, midiendo la zona de transparencia con la imagen adquirida y procesándola informáticamente. Con ello consiguieron una reconstrucción de la imagen dental representada por segmentos desde diferentes ángulos del diente, expresando patrones de dependencia de la edad con la zona de transparencia en tres dimensiones. Concluyeron que con este sistema, no sólo se mantienen los dientes intactos, sino que se logra una ilustración gráfica inmediata donde se observan las diferencias de la transparencia en varias áreas de la raíz, almacenando información estadística que pueda usarse en un futuro.

En 1988, Lamendin analizó tres criterios: La altura de la transparencia radicular, la recesión periodontal y la aposición de dentina secundaria; observó que los dos primeros tenían mayor correlación con la edad.

Kashyap y Koterwara (1990), realizaron una modificación al método de Gustafson, donde tomaron como base únicamente cuatro de las características iniciales utilizadas por Gustafson: Atrición dental, dentina secundaria, transparencia de la raíz y aposición de cemento.

Para medir estos parámetros se utilizaron diferentes formulas: Atrición (A) = $(a/A) \times 100$; Dentina secundaria (D) = $(d/D) \times 100$; Transparencia de la dentina de la raíz (T) = $(t/T) \times 100$; Aposición de cemento (CE) = $(ce1+ ce2/CE) \times 100$. Realizaron curvas de edad para cada parámetro y encontraron que los valores de atrición, formación de dentina y transparencia de la raíz mantenían una relación lineal con la edad.

Drusini et al. (1991), compararon dos métodos para medir la transparencia de la raíz (análisis computerizado densitométrico y calibrador), sobre una muestra de 152 dientes, entre incisivos, caninos y premolares. No encontraron diferencias significativas entre las dos técnicas, ni en cuanto al sexo, demostrando que la transparencia de la dentina de la raíz es una variable dependiente de la edad que puede ser usada para estimar la edad de muerte con razonable precisión.

Lamendin et al., aplicaron en 1992 un método para determinar la edad basado en la raíz del diente, observada desde dos rasgos: La transparencia de la dentina de la raíz y la periodontosis, desarrollando la fórmula:

$$\text{Edad} = 0,18 \times P + 0,42 \times T + 25,5$$

donde P y T son la altura de la recesión periodontal y la transparencia de la raíz, respectivamente, en relación con la longitud total de la raíz. La altura de la transparencia y la periodontosis fueron medidas sobre la altura total de la raíz, en la superficie labial o vestibular del diente, con un calibrador digital. La edad fue determinada con una media de error de +/- 10 años. Concluyeron que esta técnica puede ser de interés forense, su uso es simple y razonablemente preciso y se complementa con otros métodos de estimación de edad.

Solheim en 1993, realizó un estudio cuyo objetivo fue seleccionar los parámetros dentales más relacionados con la edad, encontrados en un estudio previo. Presentó un nuevo método de estimación de edad para cada tipo de diente mediante un análisis de regresión múltiple. Se excluyeron los molares. La diferencia entre los tipos de dientes fue mínima. Se desarrollaron fórmulas para cada tipo de diente, con las variables de mayor relación con la edad. La fórmula propuesta fue:

$$\text{Edad} = 8.0 + 7,3 \times \text{CEST} + 4,1 \times \text{SJ} + 1,4 \times \text{TID},$$

siendo CEST el color estimado del diente, que se valora en 5 grados, SJ corresponde a la formación de dentina secundaria medida según el método de Johanson, (1971) y TID es la medida de la longitud en mm. de la dentina transparente en el diente intacto.

Thomas et al., en 1994, compararon la transparencia de la dentina apical en dientes vitales y dientes no vitales. Estudiaron la cantidad y distribución de la dentina transparente apical. Las variables incluidas en el análisis fueron la longitud de la transparencia, como un porcentaje de la longitud de la raíz, y el área de la transparencia, como un porcentaje del área total de la raíz. Los datos fueron relacionados con la edad y el tipo de diente; en los dientes no vitales se presentó mayor cantidad de transparencia apical.

Lucy et al., calcularon en 1995, la edad a una muestra de 53 dientes de 33 individuos del Departamento de Cirugía Oral del Hospital de ST Luke de Bradford. Utilizaron la versión revisada de la regresión lineal de Gustafson hecha por Maples y Rice (1979), la regresión múltiple de Johanson (1971) y la regresión lineal de Bang y Ram (1970). Encontraron que una combinación del método de Gustafson con Bang y Ram (1970) mejora la estimación de la edad.

En 1996, Whittaker y Bakri estudiaron el comportamiento de la transparencia de la raíz del diente relacionada con la edad en los distintos grupos biológicos. Encontraron mayor correlación con la edad en el grupo de los caucásicos que en los individuos de Malasia; y entre los grupos de Malasia,

los malayos presentaron la correlación más alta y los chinos, la más baja. Concluyeron que otros factores además de la edad pueden influir en la formación de la dentina esclerótica; por lo tanto, el grupo humano debe ser tenido en cuenta cuando se determina la edad mediante la transparencia.

Baccino et al. (1999), realizaron un estudio evaluando algunos métodos distintos para estimar la edad en una muestra de esqueletos maduros con edad conocida. Los métodos utilizados se basaron en el extremo esternal de la cuarta costilla, usando el sistema de Iscan (1984), las facetas sinfisiales del pubis según Suchey–Brooks (1990), remodelación de la cortical del femoral, utilizando el método de Kerley (1978), y los cambios dentales utilizando la técnica de Lamendin et al. (1992). Concluyeron que al considerar varios indicadores de edad, la estimación es superior que al compararla con métodos aislados. En los métodos individuales, la técnica de Lamendin et al. (1992), ofreció los mejores resultados.

También se ha querido estudiar la transparencia radicular relacionada con la edad en dientes de variada antigüedad o de muestras arqueológicas; Sengupta et al. (1999), establecieron un protocolo para medir la transparencia radicular y lo aplicaron sobre una muestra de dientes de sujetos con edad conocida actuales y sobre otra muestra de dientes arqueológicos. El porcentaje de longitud de la transparencia estuvo correlacionado con la edad en la muestra moderna, pero no en la muestra arqueológica. Encontraron que la mayoría de los dientes de la muestra arqueológica presentan una apariencia

gredosa, que impide observar y cuantificar la transparencia.

Prince y Ubelaker, (2002), aplicaron la técnica de Lamendin et al. (1992), en una muestra esquelética con diferente ancestro. El objetivo era evaluar la aplicabilidad de la técnica de Lamendin et al. (1992) en poblaciones no francesas, y establecer la validez de este método para su uso en casos forenses. Los resultados obtuvieron una media de error de 8,2 años, con desviación estándar de 6,9 años; cuando los orígenes y el sexo fueron conocidos, la media de error se redujo. Encontraron una mayor precisión de la técnica en individuos de 30 a 69 años de edad, ya que en especímenes jóvenes se tiende a una sobreestimación, y en individuos viejos a una infraestimación de la edad. Crearon nuevas fórmulas para cada subpoblación, e incorporaron la altura de la raíz a la fórmula original, para contrarrestar el efecto de la reabsorción radicular con la edad, obteniendo mejores resultados. Sus fórmulas son:

Negros masculinos, edad = $1,04X(RH) + 0,31X(P) + 0,47X(T) + 1,70$

Negros femeninos, edad = $1,63X(RH) + 0,48X(P) + 0,48X(T) + (-8,41)$

Blancos masculinos, edad = $0,15X(RH) + 0,29XP) + 0,39XT) + 23,17$

Blancos femeninos, edad = $1,10X(RH) + 0,31X(P) + 0,39X(T) + 11,82$

dónde RH es la longitud de la raíz.

En 2003, Monzavi et al. aplicaron el método de Gustafson con ciertas

modificaciones, sobre 210 cadáveres con un rango de 25 a 60 años, clasificados en grupos de 5 años. Fueron escogidos sólo dientes mandibulares, premolares, caninos e incisivos. Se realizaron cortes de 0,5 mm a 1 mm. La periodontosis fue medida aún sin extraer el diente y se determinó midiendo la distancia entre el sulcus y el epitelio de unión sobre la longitud de la raíz. Igualmente se midió la transparencia de la raíz sobre la altura de la raíz; los demás parámetros fueron medidos siguiendo la técnica original. El análisis estadístico se realizó con un análisis de regresión lineal, usando la suma de rangos de los diferentes factores predictores de la edad. El estudio encuentra que unitariamente el primer premolar inferior es el de mayor correlación, pero que la sumatoria de los factores obtiene mejores resultados.

Kinney et al. en 2005, estudiaron las características de concentración de mineral, la medida de los cristales y las propiedades mecánicas de la transparencia de la dentina radicular relacionada con la edad. Encontraron diferencias marcadas en estos tres indicadores; cuando compararon dentina normal con dentina transparente, la concentración mineral fue más abundante en dentina transparente, los cristales fueron más pequeños en dentina transparente, e igualmente estaban alteradas las propiedades elásticas en este tipo de dentina.

En 2005, Porter et al., realizaron un estudio de microscopía electrónica, para investigar el efecto de la edad sobre la fase mineral de la dentina, inducido por la edad. Confirmando los resultados de Kinney et al. (2005), encontraron

que los cristales de mineral eran ligeramente más pequeños en dentina transparente, y que el mineral intratubular era químicamente similar al mineral intertubular, soportando la hipótesis de un mecanismo de disolución–reprecipitación, para la formación de la dentina transparente.

MATERIALES Y METODOS

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

Para la primera parte de la investigación, se utilizaron 79 dientes de 45 sujetos masculinos y 34 femeninos, recolectados de 45 esqueletos de una colección de restos humanos actuales depositados en el Laboratorio de Antropología Física de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada, y 34 dientes extraídos recientemente a sujetos vivos, recolectados en consultorios odontológicos de la ciudad de Granada; tienen un rango de edad de 25 a 90 años.

La muestra de restos humanos proviene del Cementerio Municipal de Granada; son esqueletos de sexo, edad y causa de muerte conocidos (tabla1). Su estado de conservación es bueno y fueron cedidos para estudios antropológicos por la empresa que gestiona el Cementerio Municipal de Granada, EMUCESA. La totalidad de la muestra pertenece al tipo mediterráneo (Yoldi, 1998).

Igualmente, los sujetos vivos estaban plenamente identificados, con

edad real y origen biológico conocidos (tabla 2). Los dientes de sujetos vivos fueron extraídos en un 80% por motivos ortodónticos; se desecharon los dientes extraídos por motivos periodontales, ya que podían alterar la medida de la periodontosis, y también los que presentaban alguna patología (caries corono-radiculares, algún tipo de fractura, etc). Los requisitos básicos de todas las piezas dentarias, eran tener la raíz completa y presencia de la corona o de parte de ella.

Se tomó un grupo de dientes de restos humanos y un grupo de sujetos vivos para evaluar la posible existencia de cambios tafonómicos que puedan afectar a la estructura dental.

El grupo de dientes escogidos fue variado: incisivos, caninos, premolares y algunos molares; se descartaron los primeros molares superiores y los terceros molares superiores e inferiores en ambas muestras y se incluyeron los segundos molares superiores e inferiores, a diferencia del estudio de Lamendin et al. (1992), que incluían únicamente incisivos, caninos y premolares superiores e inferiores.

Se tomaron diferentes tipos de dientes para testar el comportamiento de la transparencia radicular en ellos, y la utilidad de cualquier tipo de diente en la estimación de la edad.

Para la segunda parte de este estudio, se tomaron 78 dientes (tabla 3), que fueron extraídos a 71 cadáveres masculinos y 7 femeninos, mestizos colombianos, con un rango de 25 a 87 años, ingresados para autopsia en la Morgue del Instituto Colombiano de Medicina Legal. La muestra fue recogida con el respectivo permiso del Instituto y con la asesoría del Odontólogo Forense Alfonso Casas Martínez; la recolección de los dientes se realizó durante un período de 2 meses.

Las causas de muerte fueron variadas: Herida por arma de fuego, 30 %, accidente de tráfico, 20%, otras, 40%. Los cadáveres estaban plenamente identificados. Los dientes tomados para esta segunda parte fueron incisivos y premolares superiores e inferiores, que mostraron mayor precisión en la primera parte del estudio.

Se presenta a continuación la ficha de recolección de datos utilizada para ambas muestras.

DETERMINACION DE LA EDAD MEDIANTE UN METODO DENTAL

DATOS: LABORATORIO DE ANTROPOLOGÍA FÍSICA (UNIVERSIDAD
DE GRANADA
INSTITUTO COLOMBIANO DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS
FORENSES

Ficha N°. : _____

Reseña: _____

Fecha: _____

Edad _____

Sexo: _____

Tipo de diente

Nº según la F.D.I.⁵

⁵ *Federación Dental Internacional*

Grupo 1: Incisivos _____

Grupo 2 : Caninos y Premolares _____

Grupo 3 : Molares _____

Origen:

Restos Óseos: _____

Sujetos Vivos: _____

Grupo de edad:

Grupo 1: < 35 años _____

Grupo 2: 36-45 años _____

Grupo 3: 46-55 años _____

Grupo 4: 56-65 años _____

Grupo 5: 66-75 años _____

Grupo 6: >76 años _____

	Superficie	
Variables	Vestibular	Distal
Longitud de la Transp.		
Longitud de la Period.		
Longitud de la Raíz		

- Longitud medida en mm.

Tabla 1. Características de la muestra procedente de la colección de restos humanos actuales (tipo mediterráneo)

Nº de serie	Diente	Sexo	Edad real
G-4	32	F	82
G-13	21	M	30
G-14	23	M	73
G-16	43	M	73
G-17	21	F	68
G-18	34	M	73
G-20	21	F	64
G-33	13	M	65
G-43	34	M	56
G-44	13	M	56
G-45	23	F	67
G-47	24	M	79
G-48	4	M	48
G-49	31	F	68
G-50	26	F	63
G-52	25	F	80
G-53	24	M	70
G-54	21	F	44
G-62	23	M	62
G-63	21	M	74
G-64	47	F	61
G-67	24	F	41

G-69	42	M	61
G-71	44	M	65
G-73	32	M	69
G-78	13	F	90
G-79	34	M	60
G-81	12	M	72
G-84	42	M	66
G-88	11	F	72
G-89	15	F	46
G-93	24	M	63
G-94	35	M	64
G-98	15	F	65
G-103	15	F	75
G108	32	M	56
G-109	42	M	77
G-112	11	F	68
G-118	21	M	74
G-122	24	F	83
G-123	34	M	55
G-124	44	F	74
G-126	44	F	63
G-127	25	F	83
G-136	34	M	47

*La nomenclatura utilizada para designar las piezas dentarias es la sugerida por la F.D.I..

Tabla 2. Características de la muestra procedente de sujetos vivos (tipo mediterráneo).

Nº de serie	Diente	Sexo	Edad Real
E-1	27	F	39
E-2	32	F	68
E-3	34	M	60
E-5	25	F	45
E-6	47	F	40
E-7	14	M	37
E-8	35	M	60
E-9	37	M	40
E-10	11	M	46
E-11	37	M	46
E-20	27	M	33
E-21	35	M	58
E-22	24	M	60
E-23	37	F	25
E-25	37	F	55
E-26	31	M	60
E-27	31	F	73
E-28	14	F	40
E-29	32	M	64
E-30	37	M	34
E-31	24	M	66

E-32	22	F	44
E-33	27	M	67
E-34	35	M	44
E-35	45	F	32
E-36	27	M	63
E-37	27	F	25
E-38	25	F	65
E-40	25	F	58
E-41	37	M	28
E-42	47	M	28
E-43	27	F	36
E-44	32	M	67
E-45	23	M	73

*La nomenclatura utilizada para designar las piezas dentarias es la sugerida por la F.D.I.

Tabla 3. Características de la muestra de cadáveres (Mestizos colombianos)

Nº de serie	Diente	Sexo	Edad real
2431	22	M	30
2429	12	M	76
2433	12	M	51
2403	25	M	41
2579	42	M	38
2575	32	M	27
2576	42	M	30
2873	12	M	42
2874	12	M	43
2875	41	M	30
2876	41	F	42
3040	32	F	41
3043	31	M	37
3077	32	M	36
3169	22	M	34
3166	42	M	48
3170	12	M	37
3167	12	M	40
3163	12	M	34
3194	22	M	53
3190	34	M	50

3198	31	M	40
3371	12	M	59
3374	35	M	59
3377	12	M	35
3451	31	M	32
3539	34	M	78
3540	42	M	41
3543	12	M	35
3541	12	M	38
3675	22	F	37
3660	12	M	47
3674	31	M	41
3817	41	M	75
3819	41	M	55
3818	41	M	53
4039	31	M	30
4050	42	M	55
4046	41	M	32
4167	11	F	36
4183	32	M	67
4187	32	M	35
4332	12	M	30
4339	41	M	50
4338	41	M	51

4496	41	F	37
4503	41	F	46
4501	12	M	55
4634	31	M	87
4633	12	M	25
4637	42	M	71
4734	41	M	34
4740	41	M	40
4759	41	M	50
4788	22	M	71
4790	11	M	51
4786	31	M	43
4939	34	M	41
4941	41	M	30
4945	41	M	61
4951	41	M	67
5021	41	M	43
5104	41	M	50
5083	41	M	40
5100	41	M	52
5414	41	M	30
5413	12	M	32
5536	31	M	62
5549	42	M	42

5555	31	M	32
5540	41	M	34
5554	31	M	34
5682	41	M	43
5836	31	M	38
5960	41	M	41
5954	41	F	35
5958	14	M	42
5955	42	M	39

**La nomenclatura utilizada para designar las piezas dentarias es la sugerida por la F.D.I..*

5.2 Metodología

En la muestra de restos óseos, los dientes fueron separados de su alvéolo con ayuda de un forceps; algunos presentaban avulsión completa post-mortem, lo que facilitó la metodología. Fueron lavados con agua y posteriormente dejados en hipoclorito sódico a una concentración del 0,05 % durante 5 minutos; después se secaron y fueron almacenados e identificados en bolsas plásticas.

Los dientes de sujetos vivos se recolectaron en las clínicas dentales, donde después de la exodoncia eran lavados e introducidos en hipoclorito sódico al 0,05 % durante 5 minutos; después fueron secados, almacenados e identificados en bolsas plásticas, con la ayuda del personal auxiliar. Posteriormente fueron recogidas las muestras.

Los dientes de cadáveres fueron extraídos después de la autopsia, lavados y desinfectados; se tomaron las medidas de los distintos parámetros y los datos personales: Edad, sexo y causa de la muerte. Posteriormente se procedió a reubicarlos dentro de sus alvéolos (según protocolo de actuación del Instituto de Medicina Legal).

Siguiendo la técnica de Lamendin et al. (1992), las medidas se tomaron con un calibre digital Digimatic (error del instrumento: +/- 0,02 mm o +/- 0,001"/+/-0,02mm); las medidas fueron expresadas en décimas de milímetros.

Para establecer la altura de la periodontosis, se midió la distancia máxima, desde el límite amelocementario hasta el nivel de la cresta ósea. En la muestra de restos esqueléticos, se midió con el diente dentro del alvéolo y en los dientes recién extraídos, la presencia de parte del epitelio de unión facilitó la medida.

Para la altura total de la raíz, se midió la distancia entre el límite amelocementario hasta el ápice radicular. Estas medidas fueron tomadas sobre la superficie vestibular del diente, sin seccionarlo.

Para medir la altura de la transparencia, el diente fué colocado sobre un negoscopio (compuesto por una lámpara de luz blanca de 40 W dentro de una caja, con una lámina de vinilo); se midió la altura de la transparencia desde el ápice radicular del diente, sobre la superficie vestibular y distal, tomando la extensión más alta de las dos, ya que, en algunas ocasiones la transparencia fué más alta en distal, variando la técnica original de Lamendin et al. (1992), donde se midió sólo por la superficie vestibular.

Teniendo en cuenta el estudio de Bang & Ramm (1970), donde se encontro una mayor precision en la estimacion de la edad, cuando se midió la transparencia de la dentina radicular sobre dientes seccionados que sobre dientes sin seccionar. Se tomó una muestra control de 12 dientes los cuales fueron seccionados longitudinalmente, para tomar la medida de la transparencia radicular directamente (diente seccionado); se analizó el efecto

de medir la transparencia de la raíz de una forma directa (diente seccionado) o de una indirecta (diente sin seccionar), en la determinación de la edad.

Para estimar la edad en la muestra española, se aplicó la ecuación general de Lamendin et al. (1992):

$$A = 0.18 \times P + 0.42 \times T + 25.53,$$

Donde,

$T = (\text{longitud de la transparencia} \times 100) / \text{longitud de la raíz}$

$P = (\text{longitud de la periodontosis} \times 100) / \text{longitud de la raíz}$

El valor (25,53) es una constante en la ecuación, lo que hace inútil el uso de la fórmula en individuos menores de 25 años de edad, y coincide con la edad en que la transparencia comienza a aparecer.

Igualmente se aplicaron las ecuaciones de Prince y Ubelaker (2002) para sujetos blancos masculinos:

$$A = 0,15 \times RH + 0,29 \times P + 0,39 \times T + 23,17$$

Y para sujetos blancos femeninos:

$$A = 1,10 \times RH + 0,31 \times P + 0,39 \times T + 11,82;$$

Donde,

RH = altura de la raíz

Se realizó el análisis estadístico con el programa SPSS[®] (versión 12.0), dividiendo la muestra por grupos de edad (grupo 1 = 25-35 años, grupo 2 = 36-45 años, grupo 3 = 46-55 años, grupo 4 = 56-65 años, grupo 5 = 66-75 años, grupo 6 \geq 76 años), por sexo, tipo de diente y según el origen de la muestra: Restos óseos o sujetos vivos.

Se utilizó estadística no paramétrica, salvo que se indique lo contrario, ya que algunas variables (ej., periodontosis) no cumplieron los requisitos para aplicar estadística paramétrica.

Se empleó el test pareado de Wilcoxon para comparar la edad estimada con la edad real, y el test de rangos de Spearman, para establecer las correlaciones de cada uno de los parámetros dentales con la edad. La diferencia entre la edad real y la estimada se muestra como la diferencia media, con su desviación típica y el error estándar de la media.

5.3 Propuesta de una nueva fórmula para población Colombiana

Para la muestra colombiana ante la inexistencia de una fórmula específica para estimar la edad en esta población, se utilizaron los mismos rasgos dentales que en Prince y Ubelaker (2002) y se realizó una regresión múltiple con los tres factores utilizados como determinantes de la edad según este método, estableciendo una nueva fórmula para este tipo de población. Posteriormente, se analizó la muestra del mismo modo que se ha descrito para la población española. En la tabla 4 observamos dicha regresión.

Como no existía una representación alta de la muestra femenina, no realizamos una división entre hombres y mujeres, y se procedió a tomar la muestra en general.

Tabla 4. Nueva fórmula para la población colombiana

Summary of Fit				
Rsquare		0.850		
Rsquare Adj		0.455		
Root Mean Square Error		5.223		
Análisis de varianza				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	11448.507	3816.169	139.870
Error	74	2018.993	27.284	Prob>F
C Total	77	13467.500		<.0001
Parámetros Estimados				
Term	Estimate	Std Error	t	Sig.
Constante	11.22	6.489	1.729	0.088
Root HT	0.780	0.404	2.153	0.035
Calc. P	0.176	0.074	2.361	0.021
Calc. T	0.466	0.027	17.251	0.000

La fórmula obtenida para la población colombiana mediante esta regresión es:

$$A = 0,87 \times RH + 0,18 \times P + 0,47 \times T + 11,22$$

Dónde,

A = edad en años,

RH = altura de la raíz,

P = altura de la periodontosis x 100/ altura de la raíz y

T = altura de la transparencia x 100 / altura de la raíz.

Se ha seguido la nomenclatura indicada por Prince y Ubelaker (2002) para evitar confusiones a la hora de identificar los parámetros.

5.4 Aplicación del método

Se tomaron tres dientes de la muestra española de diferente tipo, edad y sexo; dos de restos óseos y uno de sujetos vivos; se midieron los tres parámetros (transparencia radicular, periodontosis y longitud radicular). Se calculó la edad con la fórmula de Lamendin et al. (1992) y con las fórmulas de Prince y Ubelaker (2002). Igualmente se tomaron dos dientes extraídos de los cadáveres de la muestra colombiana y se calculó la edad con la fórmula de Lamendin et al. (1992) y con la nueva fórmula propuesta aquí.

Las imágenes fueron tomadas con una cámara digital, colocando los dientes sobre el negatoscopio, donde se observa mejor la transparencia. La imagen de la derecha es el resultado de transformar la imagen con el programa de Corel Draw Photopaint v. 9.37, donde se convierte en plano de bits (descompone la imagen en los colores rojo negro y amarillo, de acuerdo a la intensidad del color). La zona de transparencia de la raíz se observa en color amarillo.

En la primera imagen aparece un incisivo central superior tomado de la colección de restos óseos perteneciente a un sujeto de 30 años, de sexo masculino. Sólo se alcanza a detectar una zona de transparencia en el ápice de la raíz; se tomaron las siguientes medidas:

Long. Transp = 1,77 mm

Long Raíz: 16,94 mm

Long. Period = 1,23 mm

* Edad por la fórmula de Lamendin et al. (1992):

$$\text{Edad} = P \times 0,18 + T \times 0,42 + 25,53$$

Dónde,

$P = (\text{longitud de la periodontosis} \times 100) / \text{longitud de la raíz}$

$T = (\text{longitud de la transparencia} \times 100) / \text{longitud de la raíz}$

$$\text{Edad} = (1,23 \times 100 / 16,94) \times 0,18 + (1,77 \times 100 / 16,94) \times 0,42 + 25,53$$

Edad =

31,21 años

* Edad por la fórmula de Prince y Ubelaker (2002):

$$\text{Edad} = T \times 0,39 + P \times 0,29 + RH \times 0,15 + 23,15$$

Donde, RH = altura de la raíz

$$\text{Edad} = (1,77 \times 100 / 16,94) \times 0,39 + (1,23 \times 100 / 16,94) \times 0,29 + 16,94 \times 0,15 + 23,15$$

Edad =

31,87 años



Foto1. Incisivo central superior (25 años), origen: restos óseos

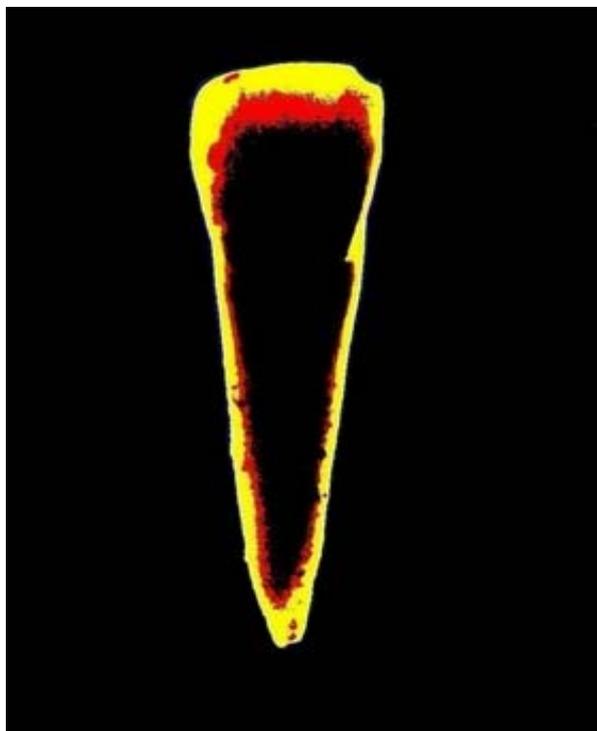


Imagen en plano de bits.

La segunda imagen es de un premolar inferior de una exodoncia reciente realizada a una mujer de 55 años. La zona de transparencia de la dentina de la raíz comprende un poco más de un tercio de la longitud de la raíz; las medias tomadas fueron:

Long transp: 6,74 mm

Long period: 3,42 mm

Long raíz: 12,08 mm

* Edad por la fórmula de Lamendin et al. (1992):

$$\text{Edad} = P \times 0,18 + T \times 0,42 + 25,53$$

$$\text{Edad} = (3,42 \times 100 / 12,08) \times 0,18 + (6,74 \times 100 / 12,08) \times 0,42 + 25,53$$

Edad =

54,05 años

* Edad por la fórmula de Prince y Ubelaker (2002):

$$\text{Edad} = 1,10 (RH) + 0,31 (P) + 0,39 (T) + 11,82$$

Edad =

55,64 años



Foto 2. Premolar inf. (55 años), origen: sujetos vivos

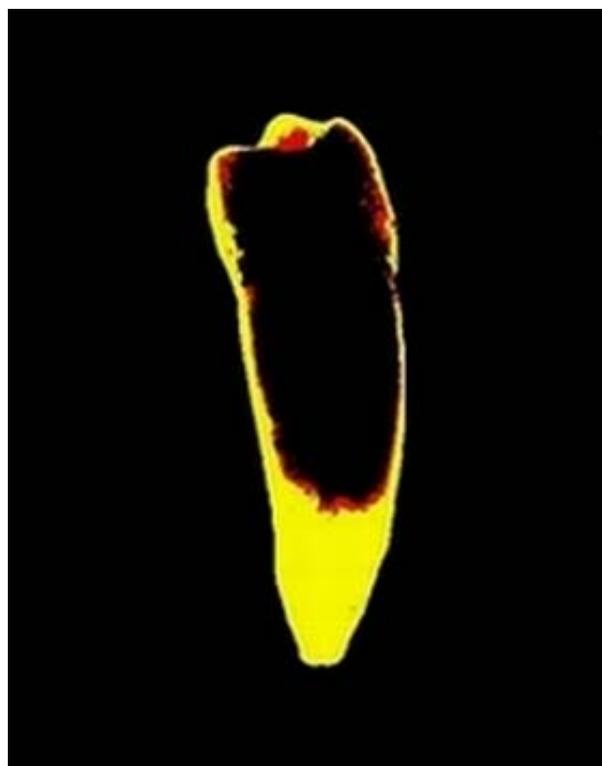


Imagen en plano de bits.

La tercera imagen corresponde a un incisivo lateral inferior de la colección de restos óseos de un sujeto de 74 años, sexo femenino; la transparencia de la dentina es total, lo que se corrobora en los planos de bits, dónde se observa toda la raíz de color amarillo. Las medias tomadas fueron:

Long transp: 12,58mm

Long period: 4,10mm

Long raíz: 12,58mm

-Edad por la fórmula de Lamendin et al. (1992):

$$\text{Edad} = P \times 0,18 + T \times 0,42 + 25,53$$

$$\text{Edad} = (4,10 \times 100 / 12,58) \times 0,18 + (12,58 \times 100 / 12,58) \times 0,42 + 25,53$$

$$\text{Edad} = \boxed{73,40 \text{ años}}$$

-Edad por la fórmula de Prince y Ubelaker (2002):

$$\text{Edad} = 1,10 (RH) + 0,31 (P) + 0,39 (T) + 11,82 =$$

$$\text{Edad} = \boxed{74,76 \text{ años}}$$



Foto 3. Incisivo lateral inf. (74 años), origen: restos óseos



Imagen en plano de bits.

La cuarta imagen corresponde a un incisivo central superior extraído de un cadáver de la muestra colombiana; corresponde a un sujeto de 51 años, sexo masculino; la transparencia de la dentina se extiende hasta la mitad de la raíz. Las medias tomadas fueron:

Long transp: 7,51mm

Long period: 2,53mm

Long raíz: 15,50mm

-Edad por la fórmula de Lamendin et al. (1992):

$$\text{Edad} = P \times 0,18 + T \times 0,42 + 25,53$$

$$\text{Edad} = (2,53 \times 100 / 15,50) \times 0,18 + (7,51 \times 100 / 15,50) \times 0,42 + 25,53$$

Edad =

47,9 años

-Edad por la fórmula propuesta aquí (González et al., 2006)

$$\text{Edad} = 0,87 \times RH + 0,18 \times P + 0,47 \times T + 11,22$$

$$\text{Edad} = 0,87 (15,50) + 0,18 (2,53 \times 100 / 15,50) + 0,47 (7,51 \times 100 / 15,50) +$$

11,22

Edad =

50,4 años



Foto 4. Incisivo central sup. (51 años), origen: muestra colombiana

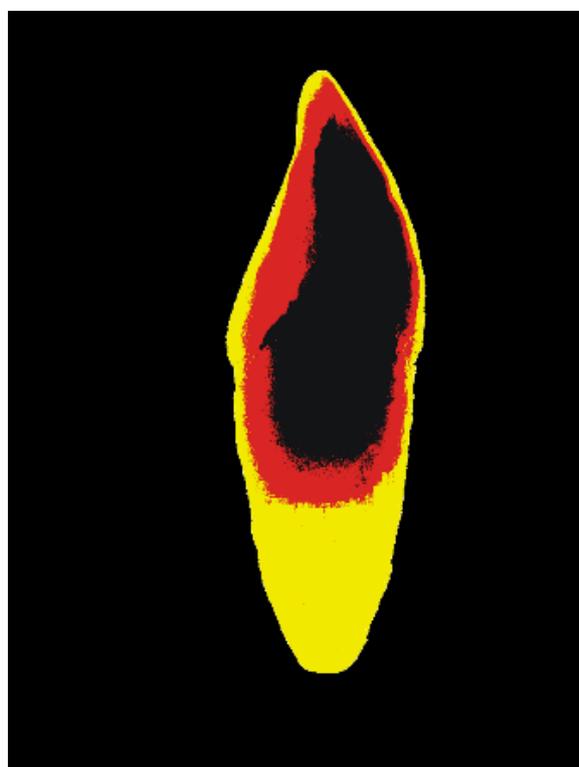


Imagen en plano de bits.

La quinta imagen corresponde a un premolar inferior extraído de un cadáver de la muestra colombiana; corresponde a un sujeto de 43 años, sexo masculino. Las medias tomadas fueron:

Long transp: 5,65mm

Long period: 2,12mm

Long raíz: 14,15mm

-Edad por la fórmula de Lamendin et al. (1992):

$$\text{Edad} = P \times 0,18 + T \times 0,42 + 25,53$$

$$\text{Edad} = (2,12 \times 100 / 14,15) \times 0,18 + (5,65 \times 100 / 14,15) \times 0,42 + 25,53$$

$$\text{Edad} = \boxed{44,99 \text{ años}}$$

-Edad por la fórmula propuesta aquí (González et al., 2006)

$$\text{Edad} = 0,87 \times RH + 0,18 \times P + 0,47 \times T + 11,22$$

$$\text{Edad} = 0,87 (14,15) + 0,18 (2,12 \times 100 / 14,15) + 0,47 (5,65 \times 100 / 14,15) + 11,22$$

$$\text{Edad} = \boxed{44,98 \text{ años}}$$



Foto 5. Premolar inf. (43 años), origen: muestra colombiana

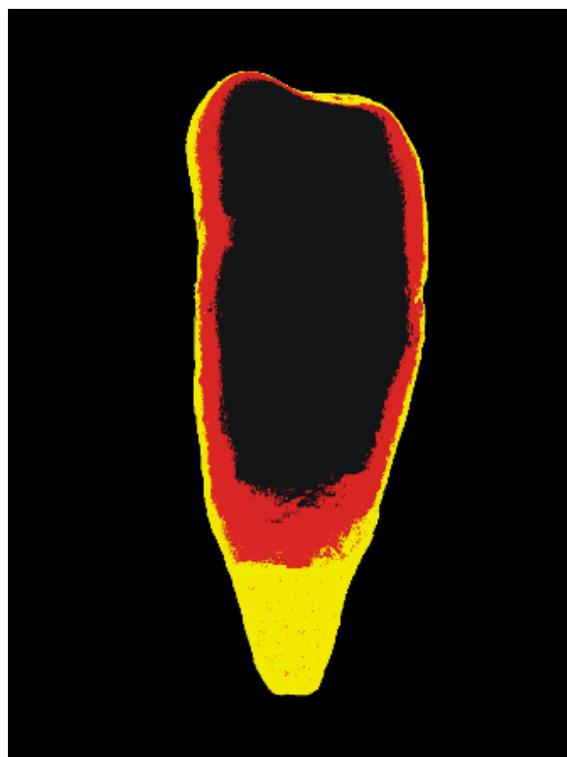


Imagen en plano de bits.

RESULTADOS

6. RESULTADOS

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS[®] (versión 12.0). Se utilizó estadística no paramétrica, salvo que se indique lo contrario, ya que algunas variables (ej., periodontosis) no cumplieron los requisitos para aplicar estadística paramétrica.

Inicialmente, se analizaron todas las variables determinantes de la edad con estadística descriptiva, para conocer las características de la muestra. Se presentan los subconjuntos homogéneos conformados de acuerdo a la media de cada variable. Se realizó un análisis de las variables dependientes de la edad, de acuerdo al sexo. Igualmente se analizaron los resultados obtenidos por cada uno de los métodos y se presentan las gráficas que resumen los resultados, teniendo en cuenta el grupo de edad, el tipo de diente y el origen de la muestra.

Se determinó la diferencia media de error, para las edades calculadas, y se analizó el comportamiento de las variables determinantes de la edad y de las edades estimadas, tanto por el método de Lamendin et al. (1992), como por el de Prince y Ubelaker (2002), teniendo en cuenta el origen de muestra, el tipo

de diente y los grupos de edad. Se aplicó el test de rangos de Spearman para establecer las correlaciones de cada uno de los parámetros dentales con la edad.

6.1 Muestra españoles

6.1.1 Análisis de las variables determinantes de la edad

La transparencia de la dentina de la raíz y la longitud de la periodontosis se incrementan significativamente con la edad ($r_s = 0,92$ y $0,72$, respectivamente; $p < 0,001$; $n = 79$), pero no la longitud de la raíz ($r_s = 0,17$; $p = 0,13$; $n = 79$).

Para conocer las características de la muestra se utilizó estadística descriptiva y se realizó una comparación del valor medio obtenido para cada una de las variables dependientes o determinantes de la edad (longitud de la transparencia, longitud de la periodontosis y longitud de la raíz),

Tabla 5. Estadística descriptiva para las variables determinantes de la edad

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	79	,0	16,5	8,88	4,20
Long. Periodontosis	79	,0	8,5	3,89	2,01
Long. Raíz	79	9,8	20,3	13,83	1,93
Nº de casos válido	79				

6.1.1.1 Longitud de la transparencia

En la siguiente tabla se presentan los subconjuntos que se forman, de la media de la transparencia para cada grupo de edad. El grupo de 66 - 75 años y el de > 76 años comparten un mismo subconjunto, mostrando un aumento más lento de la transparencia en estas edades.

Tabla 6. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la transparencia de al raíz.

Grupo de edad	n	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
TukeyB 25-35	8	1,32				
36-45	11		4,24			
46-55	7			6,21		
56-65	24				9,75	
6-75	22					12,33
>76	7					13,64

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 2,783.

A Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,191

B Alfa = ,05.

Al observar la distribución de la longitud de la transparencia de acuerdo a los grupos de edad se forma una curva ascendente con un pequeño declive en el grupo 3 (46-55años), disminuyendo su altura a partir del grupo 5 (66-75 años).

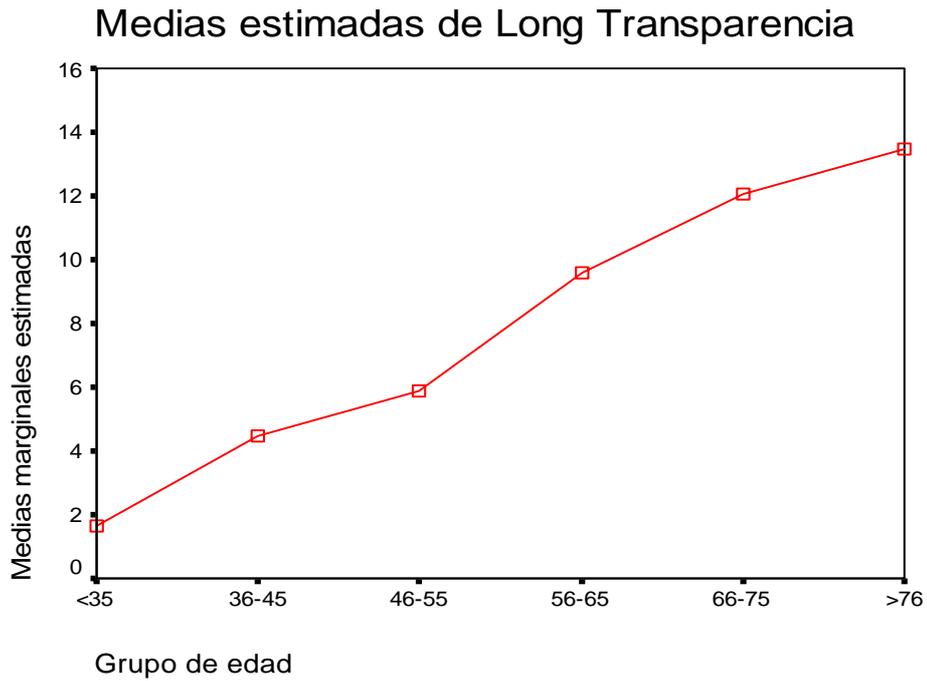


Gráfico 1. Distribución de las medias marginales de la longitud de la transparencia de acuerdo al grupo de edad

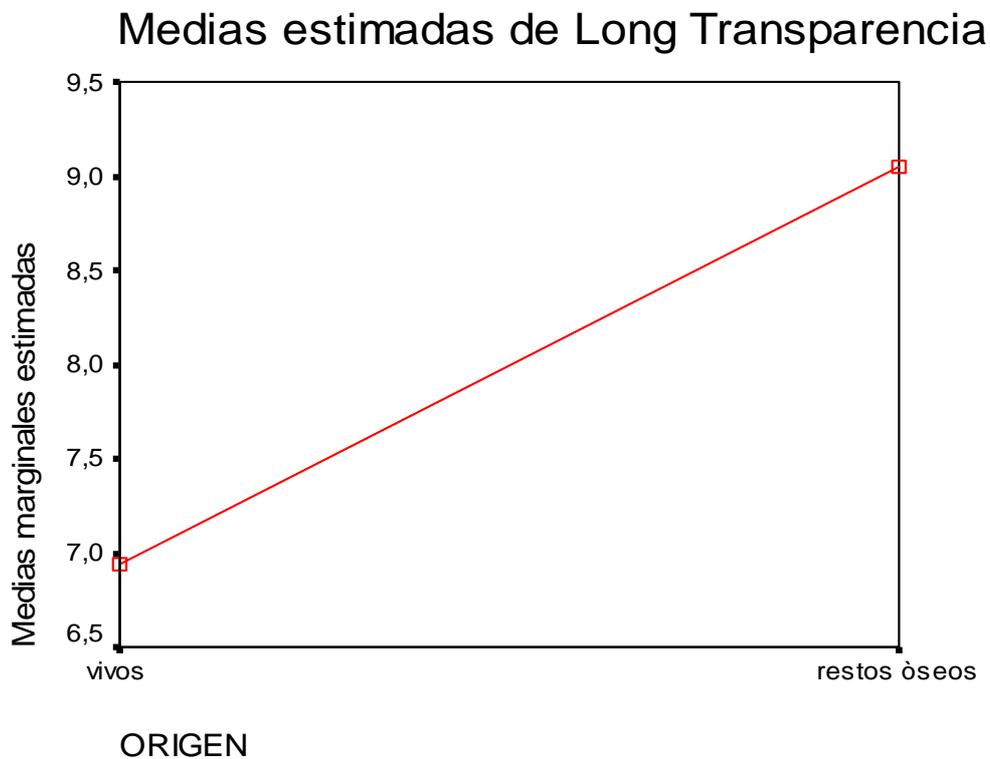


Gráfico 2. Distribución de las medias marginales de la longitud de la transparencia de acuerdo al origen de la muestra

En cuanto al origen, la media de la longitud de la transparencia de la raíz para restos óseos es superior a la media en los dientes de sujetos vivos.

Según el tipo de diente, la media de la longitud de la transparencia para los caninos y premolares está por encima de la de los incisivos, pero es muy superior a la de los molares.

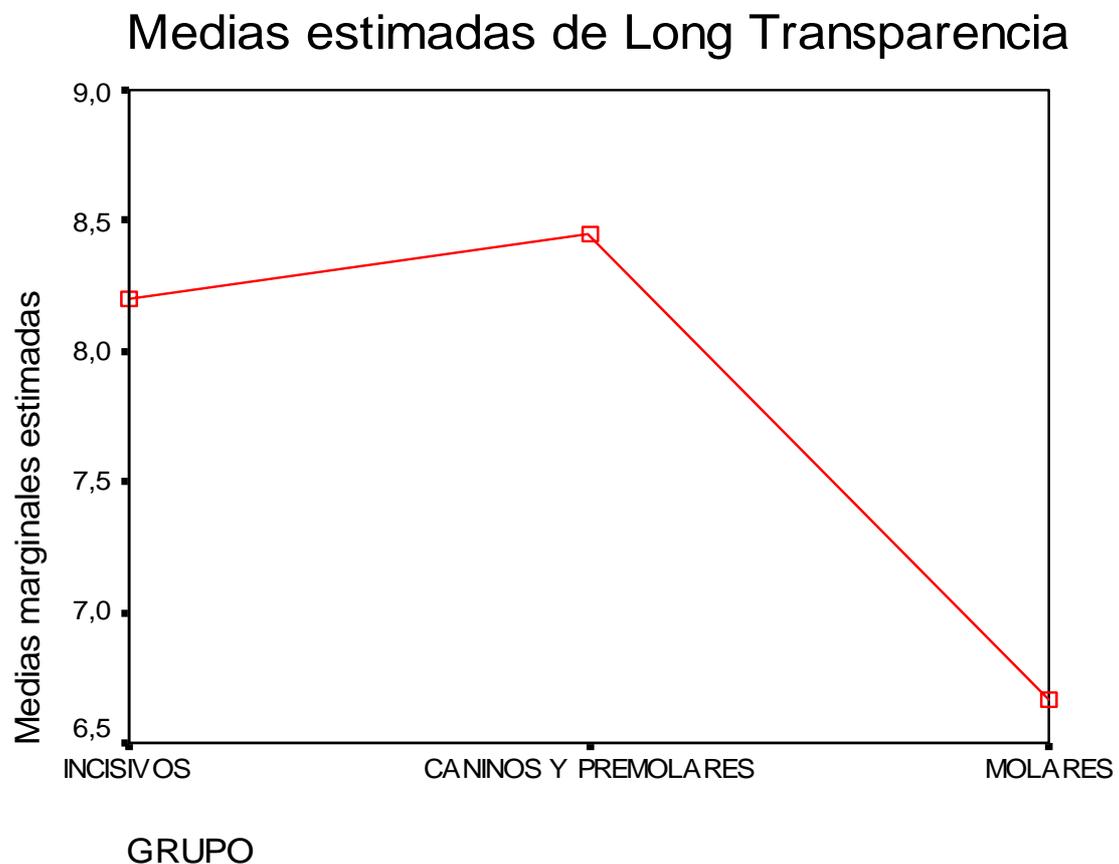
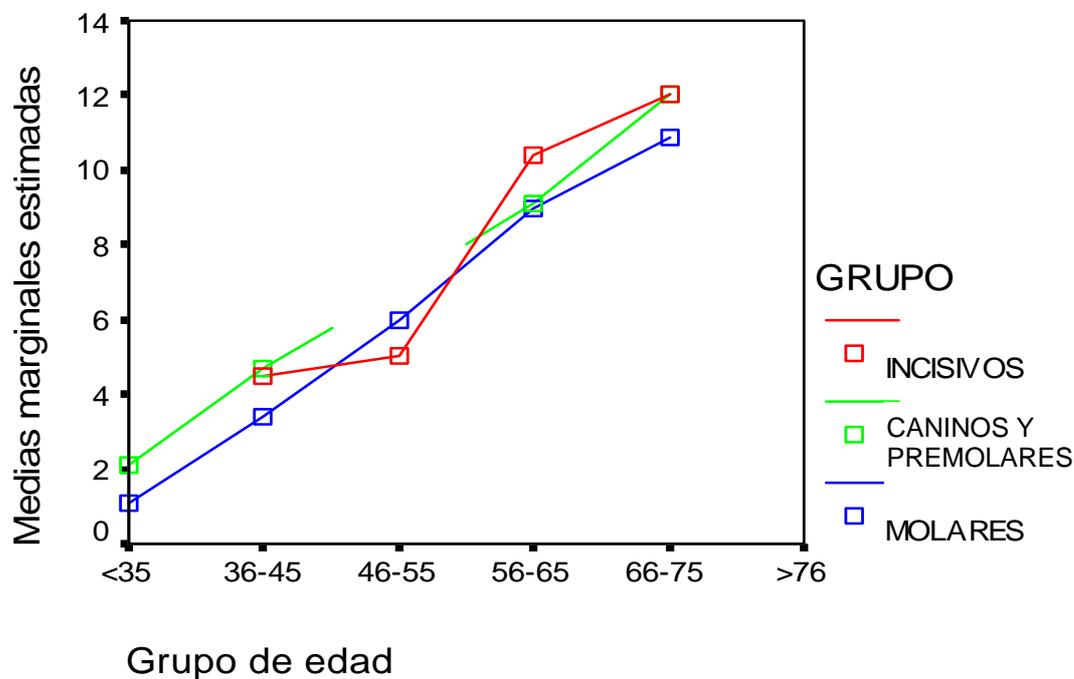


Gráfico 3. Distribución de las medias marginales de la longitud de la transparencia según el tipo de diente

En las gráficas siguientes se observa en conjunto, el comportamiento de la transparencia de acuerdo al grupo de edad y tipo de diente, para la muestra de sujetos vivos y la muestra de restos óseos. El comportamiento de la transparencia de la raíz en ambos grupos es ascendente con la edad.

Medias estimadas para la Long. Transparencia

Origen = Sujetos Vivos



Las medias no estimables no se representan

Gráfico 4. Distribución de las medias marginales de la longitud de la transparencia según el tipo de diente y el grupo de edad, para la muestra de sujetos vivos.

Medias estimadas para la Transparencia

Origen: Restos Óseos

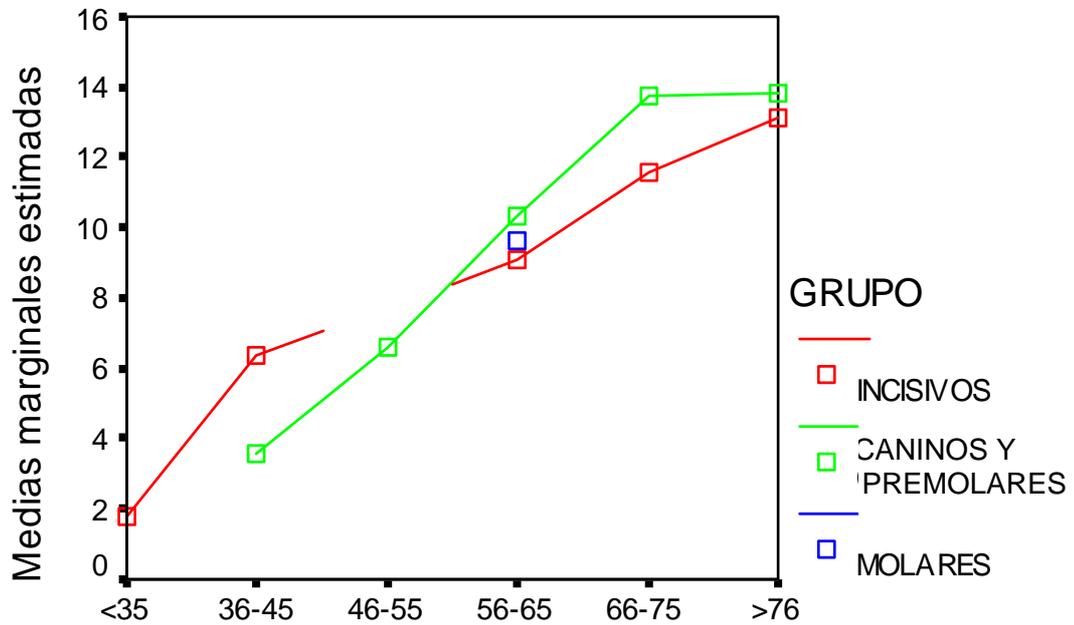


Gráfico 5. Distribución de las medias marginales de la longitud de la transparencia según el tipo de diente y el grupo de edad, para la muestra de restos óseos

6.1.1.2 Longitud de la periodontosis

La longitud de la periodontosis de acuerdo a la edad presenta un comportamiento ascendente, aunque no se mantiene de forma periódica, sino que en algunas décadas permanece constante, teniendo un ascenso rápido a partir del quinto grupo (66-75 años). El aumento es escalonado, como se observa en los subconjuntos que se forman de acuerdo a la media en cada grupo de edad.

Tabla 7. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la periodontosis

Grupo de edad	n	Subconjunto			
		1	2	3	4
Tukey B 25-35	8	0,93			
36-45	11	1,98	1,98		
46-55	7		3,29	3,29	
56-65	24			4,54	
66-75	22			4,60	
>76	7				6,46

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 2,783.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,191

b Alfa = ,05.

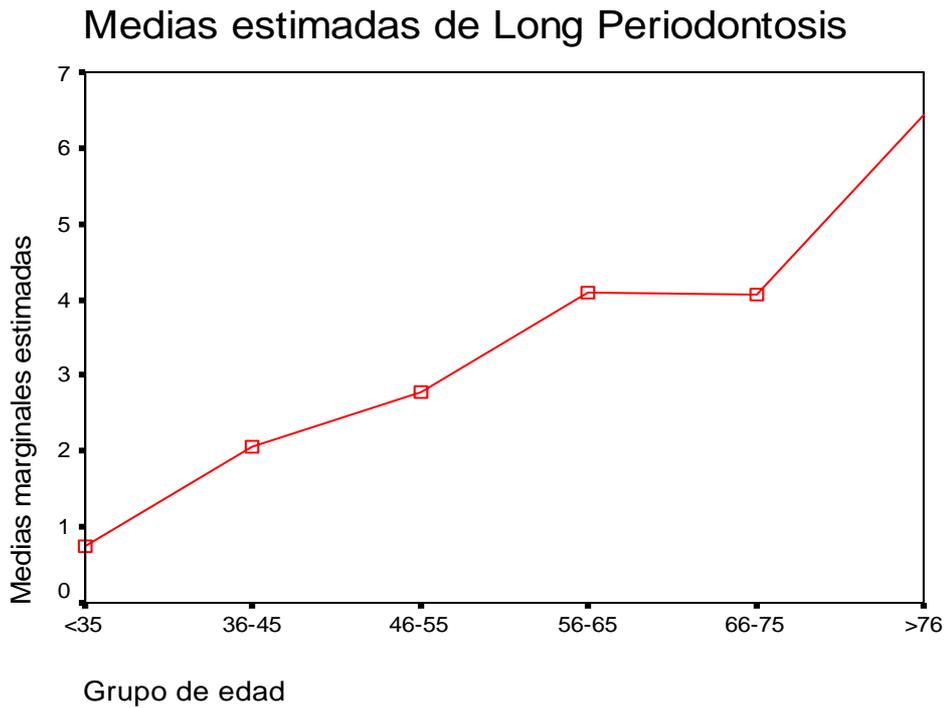


Gráfico 6. Distribución de las medias marginales para la longitud de la periodontosis, según el grupo de edad.

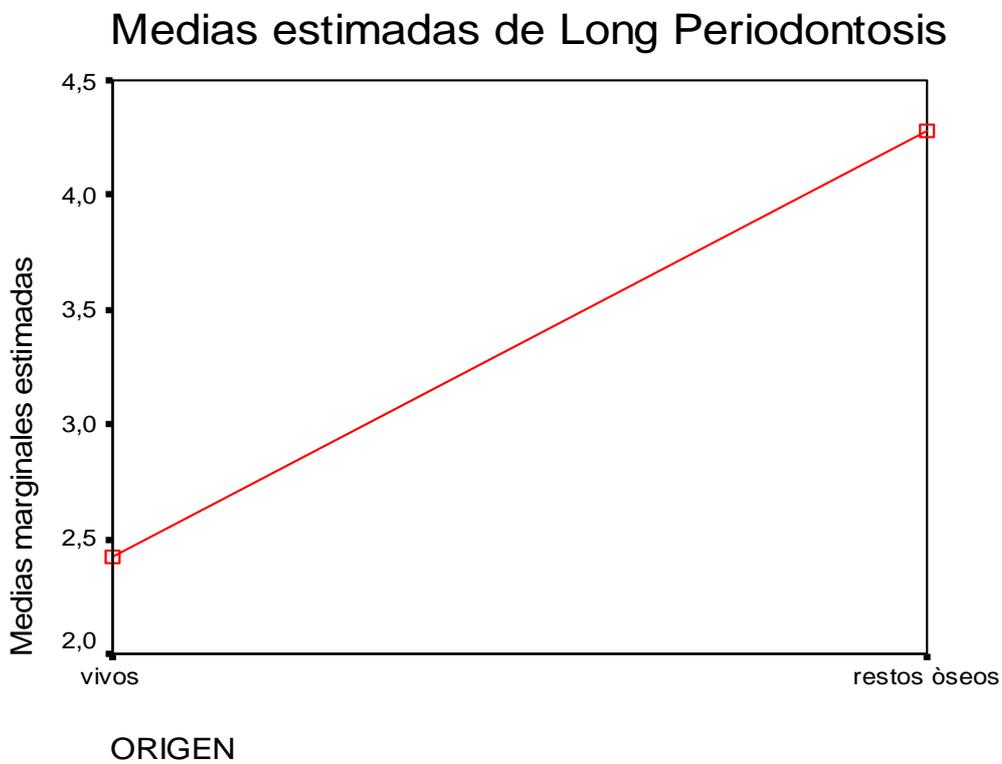


Gráfico 7. Distribución de las medias marginales para la longitud de la periodontosis según el origen

La media de la longitud de la periodontitis es más alta en restos óseos que en la muestra de sujetos vivos.

De acuerdo al tipo de diente, la longitud de la periodontitis presenta el mismo comportamiento que la longitud de la transparencia, más alta en el grupo 2 y más baja en el grupo 3.

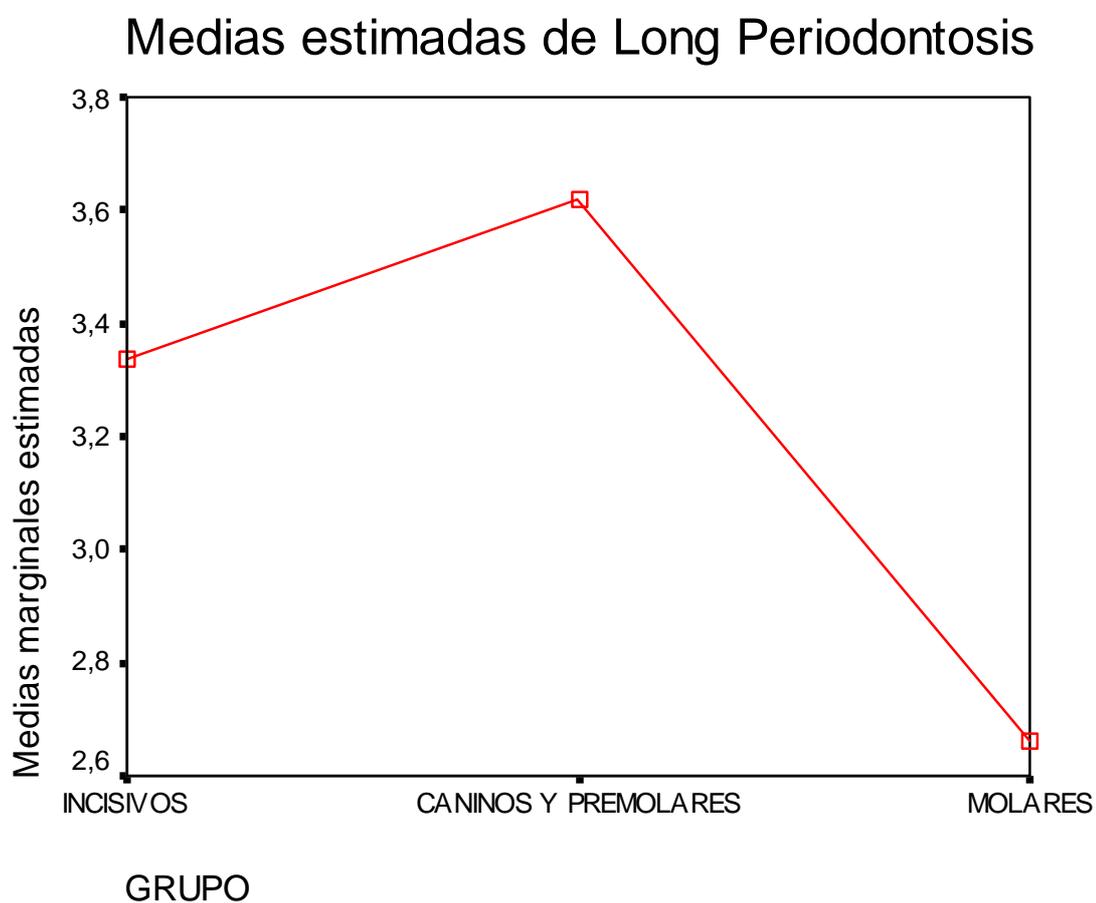


Gráfico 8. Distribución de las medias marginales de la longitud de la periodontitis, según el tipo de diente.

En las siguientes gráficas se presenta el comportamiento por separado de la media de la longitud de la periodontosis de acuerdo a cada tipo de diente, en cada grupo de edad, en sujetos vivos y en restos óseos. Como se observa en la presentación por subconjuntos, de acuerdo a la media en algunas décadas, esta medida disminuye o aumenta deliberadamente, pero se mantiene ascendente con la edad.

Medias estimadas para la Periodontosis

Origen = Sujetos Vivos

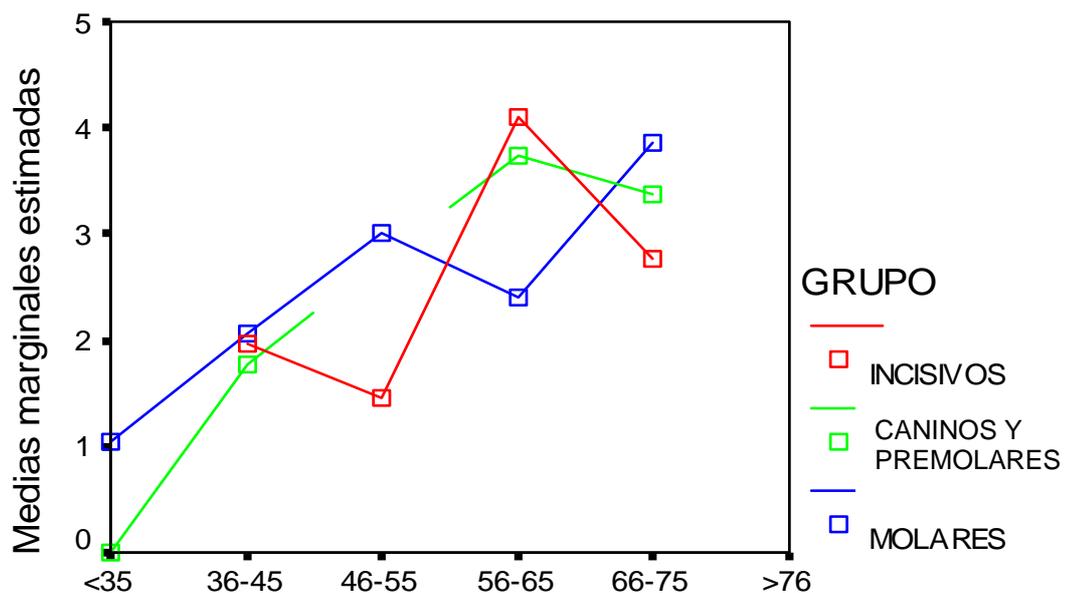


Gráfico 9. Distribución de las medias marginales de la longitud de la periodontosis según el tipo de diente y el grupo de edad, para la muestra de sujetos vivos

Medias estimadas para la Periodontosis

Origen = Restos Óseos

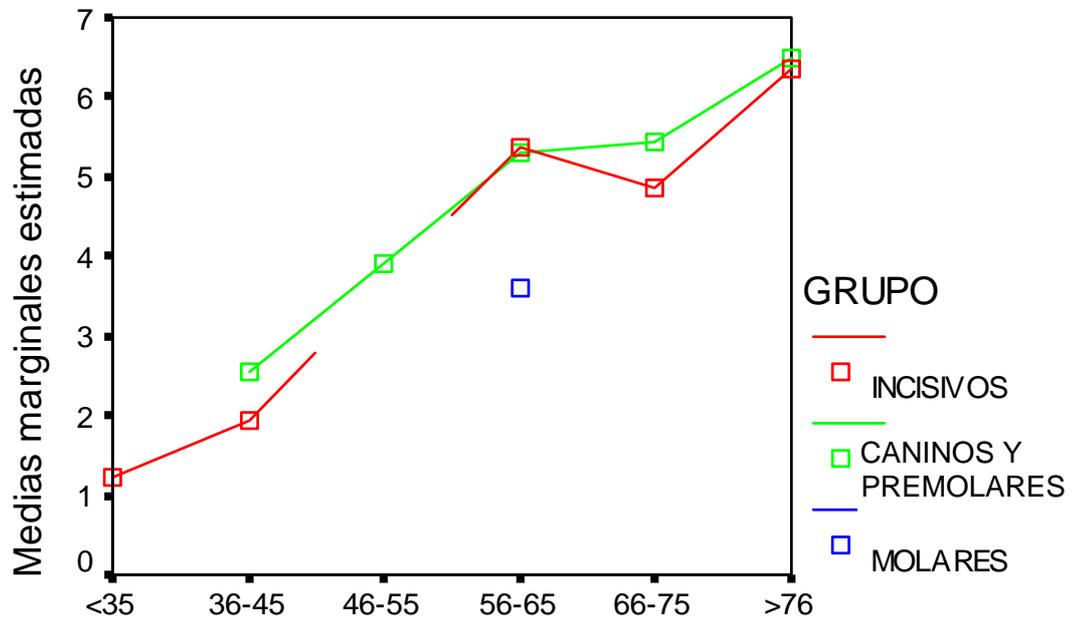


Gráfico 10. Distribución de las medias marginales de la longitud de la periodontosis según el tipo de diente y grupo de edad, para la muestra de restos óseos

6.1.1.3 Longitud de la raíz

La longitud de la raíz presenta un solo subconjunto, ya que ésta longitud es similar en todos los grupos de edad.

Tabla 8. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la longitud de la raíz

Grupo de edad		n	Subconjunto
			1
Tukey B	25-35	8	13,43
	56-45	11	12,85
	46-55	7	13,77
	56-65	24	14,10
	66-75	22	14,23
	>76	7	13,69

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 2,783.

A Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,191

B Alfa = ,05.

Las medias marginales de la longitud de la raíz para cada tipo de diente forman una curva con puntos ascendentes y descendentes, como se observa en la siguiente gráfica.

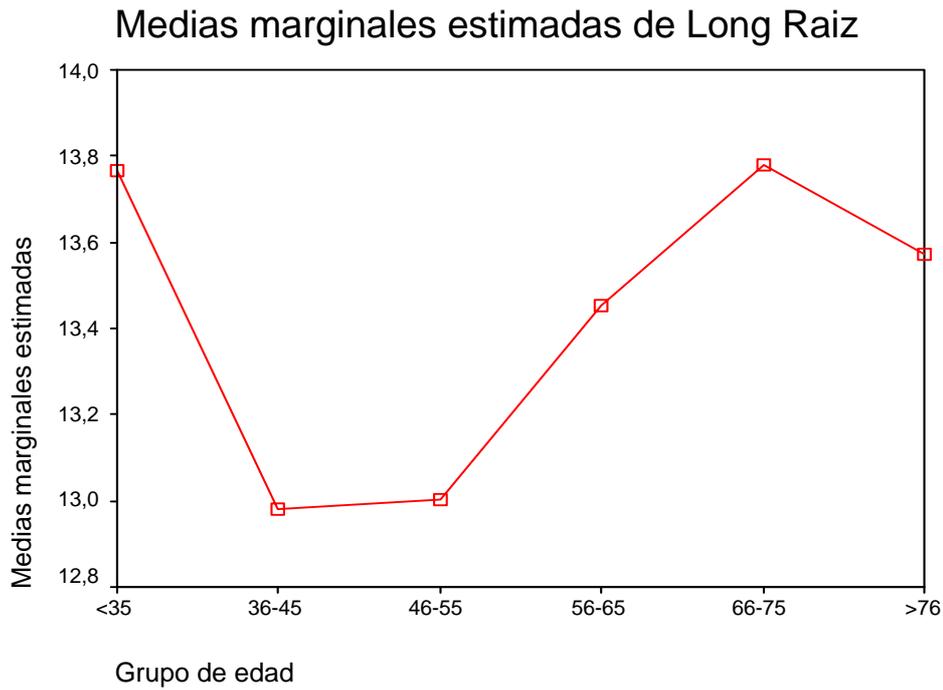


Gráfico 11. Distribución de las medias marginales de la longitud de la raíz, según el grupo de edad.

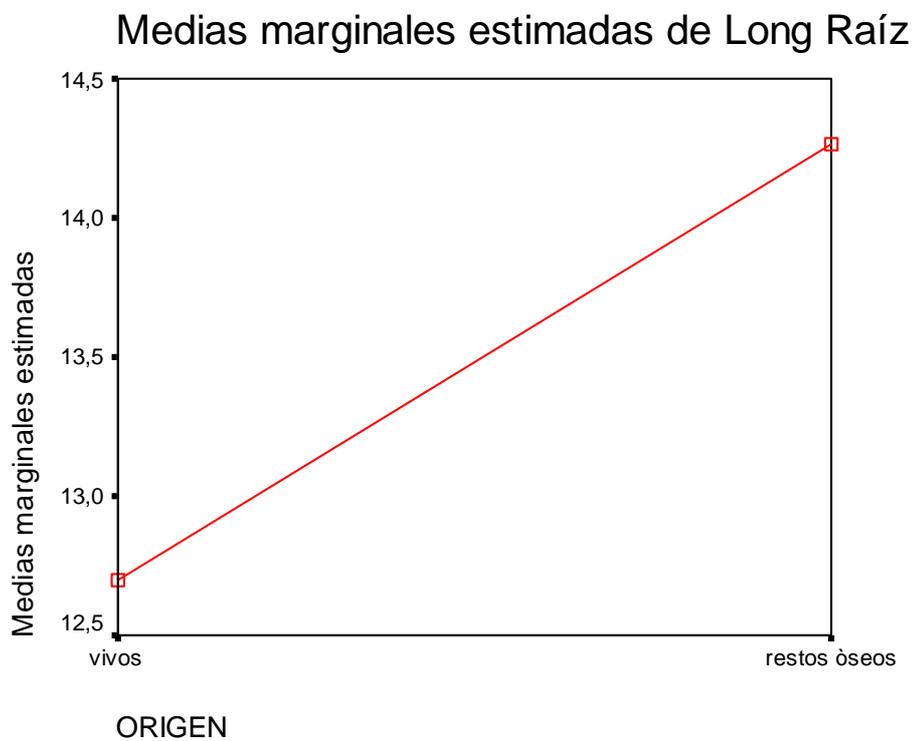


Gráfico 12. Distribución de las medias marginales de la longitud de la raíz, según el origen.

La media de la longitud de la raíz, en cuanto al origen y tipo de diente, presenta el mismo comportamiento que para las dos variables anteriores,

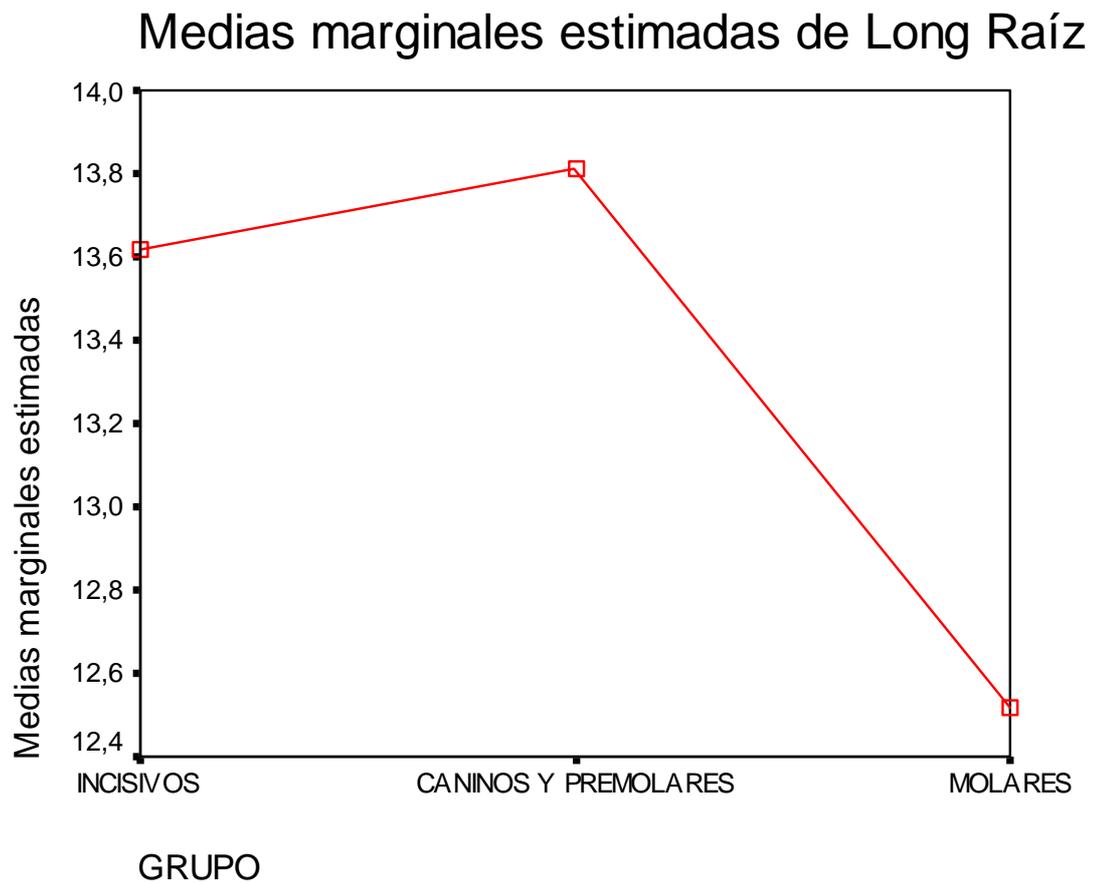


Gráfico 13. Distribución de las medias marginales de la longitud de la raíz, según el tipo de diente.

Medias estimadas para la Longitud de la raíz

Origen = Sujetos Vivos

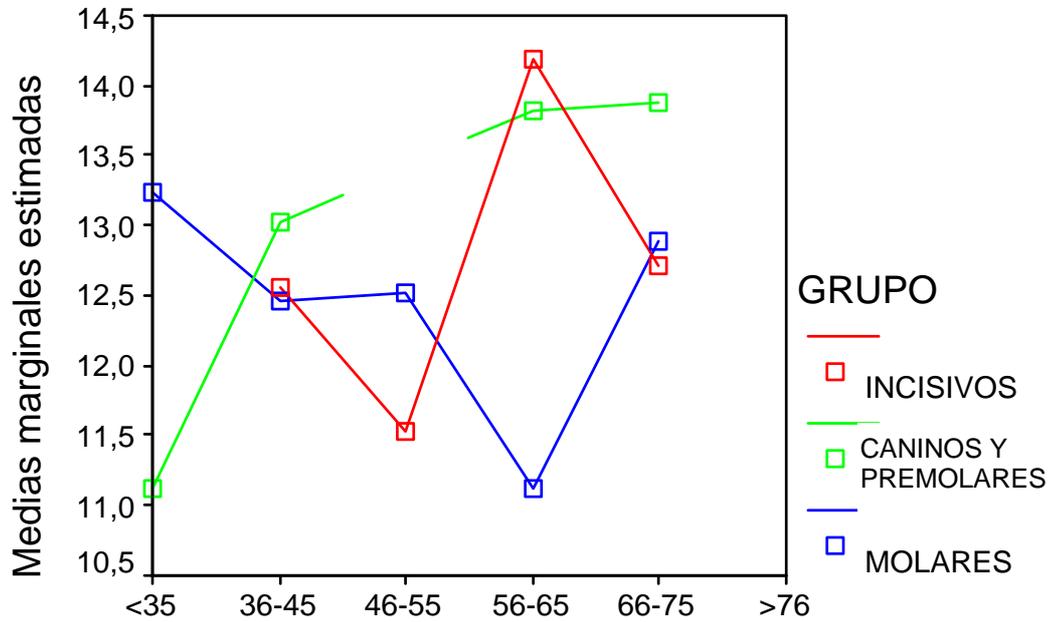


Gráfico 14. Distribución de las medias marginales de la longitud de la raíz, según el tipo de diente, grupo de edad, para la muestra de sujetos vivos

Medias estimadas para la Longitud de la raíz

Origen = Restos Óseos

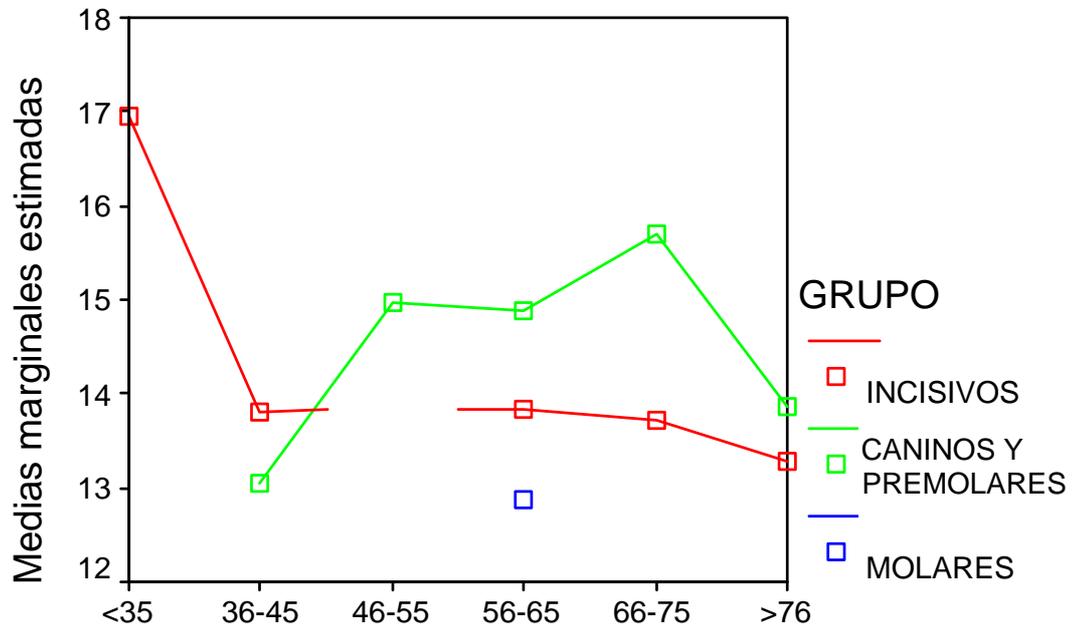


Gráfico 15. Distribución de las medias marginales de la longitud de la raíz, según el tipo de diente, grupo de edad para la muestra de restos óseos

6.1.2 Análisis descriptivo según el sexo

Tabla 9. Estadísticos descriptivos sexo F

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	34	,0	16,5	8,56	4,53
Long. Periodontosis	34	,0	8,5	3,70	1,97
Long. Raíz	34	9,8	20,3	13,19	1,96
Nº de casos válido	34				

Tabla 10. Estadísticos descriptivos sexo M

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	45	,0	15,3	9,12	3,98
Long. Periodontosis	45	,0	8,4	4,04	2,05
Long. Raíz	45	10,1	18,1	14,31	1,79
Nº de casos válido	45				

6.1.2.1 Diferencia entre sexos

Para cotejar y cuantificar la heterogeneidad existente en las variables utilizadas para la determinación de la edad para cada sexo, se realizó la prueba t de Student con el fin de comprobar la diferencia entre los valores medios, y posteriormente determinar los índices de dimorfismo sexual.

Tabla 11. Test de Student para dimorfismo sexual

	F		M		P
	Media	D.S.	Media	D.S.	
Long. Transparencia	8,56	4,53	9,12	3,98	0,56
Long. Periodontosis	3,70	1,97	4,04	2,05	0,46
Long. Raíz	13,19	1,96	14,31	1,79	0,28

Por los valores de P se deduce que no existe diferencia significativa en cuanto a la media y la desviación típica de las variables utilizadas entre los dos sexos, con lo cual se concluye que no hay un dimorfismo sexual en las variables tomadas y por supuesto en las edades determinadas.

6.1.2.2 Correlación de las variables determinantes de la edad según el sexo

Tabla 12. Correlaciones de las variables predictoras de la edad.

	MUJERES		HOMBRES	
	rs	p	rs	p
Long. Transparencia	0,93	0,001	0,92	0,001
Long. Periodontosis	0,78	0,001	0,66	0,001
Long. Raíz	0,20	0,20	0,19	0,20

Analizándolo por sexo, las correlaciones fueron muy similares; la correlación más fuerte en ambos sexos fue con la transparencia (mujeres, $r_s = 0,93$, varones, $r_s = 0,92$, $p < 0,001$ para ambos casos). La periodontosis

también estuvo fuertemente correlacionada con la edad en ambos sexos (mujeres, $r_s = 0,78$; varones, $r_s = 0,66$; $p < 0,001$ para ambos), mientras que la altura de la raíz no varió significativamente con la edad en ningún sexo (mujeres, $r_s = 0,20$; varones, $r_s = 0,19$; $p > 0,20$ para ambos). Es decir que el comportamiento de la transparencia radicular, la periodontosis y la longitud de la raíz no varía de un sexo a otro.

6.1.2.3 Modelo lineal general según el tipo de diente y el sexo

6.1.2.3.1 Análisis para el sexo = F

Tabla 13. Distribución de la muestra según el tipo de diente para el sexo F

Grupo	Tipo de diente	n
1	Incisivos	9
2	Caninos y Premolares	17
3	Molares	8

a SEXO = F

La prueba de Box sobre las matrices de covarianza fue no significativa mostrando la homogeneidad de los datos

Tabla 14. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza

M de Box	129,034
F	2,014
gl1	42
gl2	1471,280
Significación	,000

Contrasta la hipótesis nula de que las matrices de covarianza observadas de las variables dependientes son iguales en todos los grupos.

a Diseño: Intercept+GRUPO

b SEXO = F

Tabla 15. Contrastes multivariados(c,d)

Efecto		Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Signifi.
Intercept	Traza de Pillai	,999	5051,230(a)	6,000	26,000	,000
	Lambda de Wilks	,001	5051,230(a)	6,000	26,000	,000
	Traza de Hotelling	1165,669	5051,230(a)	6,000	26,000	,000
	Raíz mayor de Roy	1165,669	5051,230(a)	6,000	26,000	,000
GRUPO	Traza de Pillai	,660	2,216	12,000	54,000	,024
	Lambda de Wilks	,424	2,320(a)	12,000	52,000	,018
	Traza de Hotelling	1,159	2,415	12,000	50,000	,015
	Raíz mayor de Roy	,951	4,278(b)	6,000	27,000	,004

a Estadístico exacto

b El estadístico es un límite superior para la F el cual ofrece un límite inferior para el nivel de significación.

c Diseño: Intercept+GRUPO d SEXO = F

Para analizar, describir e interpretar observaciones multidimensionales, es decir en los que intervienen más de un variable, se utiliza el análisis

multivariante por lo cual se realiza el contraste de Levène para determinar si es viable el análisis

Tabla 16. Contraste de Levène sobre la igualdad de las varianzas error(a,b)

	F	gl1	gl2	Signif.
Long. Transparencia	2,466	2	31	,101
Long. Periodontosis	1,644	2	31	,210
Long. Raíz	,431	2	31	,654
Edad real	,767	2	31	,473
Lamendin et al.(1992)	1,048	2	31	,363
Prince y Ubelaker (2002)	,911	2	31	,412

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intercept+GRUPO

b SEXO = F

6.1.2.3.1.1 Subconjuntos homogéneos de las variables determinantes de la edad para el sexo femenino.

En las siguientes tablas, se encuentran los subconjuntos homogéneos de cada una de las variables determinantes de la edad para los tres grupos de dientes: 1 = incisivos, 2 = caninos y premolares, y 3 = molares, sobre la media de cada uno de ellos.

Longitud de la transparencia(c)

Tabla 17. Subconjuntos homogéneos de la Long. de la transparencia de acuerdo al tipo de diente, para el sexo F.

Grupos	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	4,50	
1	9		9,65
2	17		9,89

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 16,273.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,172
 b Alfa = ,05. c SEXO = F

Longitud de la Periodontosis

Tabla 18. Subconjuntos Homogéneos para la Long. de la periodontosis de acuerdo al tipo de diente, para el sexo F.

Grupo	n	Subconjunto
		1
3	8	2,33
1	9	3,95
2	17	4,22

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 3,482.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,172
 b Alfa = ,05.
 c SEXO = F

Longitud de la Raíz(c)

Tabla 19. Subconjuntos homogéneos para la long de la raíz de acuerdo al tipo de diente, para el sexo F.

Grupo	n	Subconjunto
		1
3	8	12,17
1	9	12,71
2	17	13,93

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 3,474.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,172
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = F

6.1.2.3.2 Análisis para el Sexo = M

Tabla 20. Distribución de la muestra según el tipo de diente para el sexo M

Grupo	Tipo de diente	n
1	Incisivos	13
2	Caninos y Premolares	24
3	Molares	8

a SEXO = M

Tabla 21. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza

M de Box	95,148
F	1,615
gl1	42
gl2	1586,732
Significación	,008

Contrasta la hipótesis nula de que las matrices de covarianza observadas de las variables dependientes son iguales en todos los grupos.

a Diseño: Intercept+GRUPO

b SEXO = M

Tabla 22. Contrastes multivariados

Efecto		Valor	F	Gl de la hipótes	Gl del error	Signif
Intercept	Traza de Pillai	,999	8909,996(a)	6,00	37,00	,000
	Lambda de Wilks	,001	8909,996(a)	6,00	37,00	,000
	Traza de Hotelling	1444,864	8909,996(a)	6,00	37,00	,000
	Raíz mayor de Roy	1444,864	8909,996(a)	6,00	37,00	,000
GRUPO	Traza de Pillai	,392	1,542	12,00	76,00	,128
	Lambda de Wilks	,626	1,625(a)	12,00	74,00	,103
	Traza de Hotelling	,568	1,704	12,00	72,00	,084
	Raíz mayor de Roy	,512	3,244(b)	6,00	38,00	,011

a Estadístico exacto

b El estadístico es un límite superior para la F el cual ofrece un límite inferior para el nivel de significación.

c Diseño: Intercept+GRUPO

d SEXO = M

Tabla 23. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

	F	gl1	gl2	Signif.
Long. Transparencia	,395	2	42	,676
Long. Periodontosis	1,781	2	42	,181
Long. Raíz	2,169	2	42	,127
Edad real	1,156	2	42	,324
Lamendin et al. (1992)	1,871	2	42	,167
Prince y Ubelaker (2002)	1,345	2	42	,271

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intercept+GRUPO

b SEXO = M

6.1.2.3.2.1 Subconjuntos homogéneos de las variables determinantes de la edad para el sexo masculino.

Longitud de la Transparencia(c)

Tabla 24. Subconjuntos homogéneos para la longitud de la transparencia de acuerdo al tipo de diente, para el sexo M.

Grupos	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	4,41	
2	24		10,08
1	13		10,24

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 11,451.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,316

b Alfa = ,05.

c SEXO = M

Longitud de la Periodontosis

Tabla 25. Subconjuntos homogéneos para la longitud de la periodontosis de acuerdo al tipo de diente, para el sexo M.

Grupo	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	1,91	
1	13		4,39
2	24		4,56

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 3,371.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,316
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = M

Longitud de la Raíz

Tabla 26. Subconjuntos homogéneos para la longitud de la raíz de acuerdo al tipo de diente, para el sexo M.

Grupo	n	Subconjunto
		1
3	8	13,33
1	13	14,28
2	24	14,66

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 3,114.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,316
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = M

6.1.2.4 Análisis de las edades calculadas por los dos métodos

6.1.2.4.1 Análisis para el sexo = F, según el tipo de diente

Edad real

Tabla 27. Subconjuntos homogéneos de la edad real, de acuerdo al tipo de diente; sexo F

Grupo	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	43,00	
2	17		63,23
1	9		64,77

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 246,600.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,172
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = F

Lamendin et al. (1992)

Tabla 28. Subconjuntos homogéneos de las edades calculadas por el método de Lamendin et al. (1992), de acuerdo al tipo de diente, sexo F

Grupo	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	44,07	
2	17		60,35
1	9		63,35

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 183,333.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,172
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = F

Prince y Ubelaker (2002)

Tabla 29. Subconjuntos homogéneos de las edades calculadas por el método de Prince y Ubelaker (2002), de acuerdo al tipo de diente; sexo F

Grupo	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	44,57	
2	17		61,24
1	9		64,02

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 194,617.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,172
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = F

6.1.2.4.2 Análisis para el sexo = M, según el tipo de diente

Edad real

Tabla 30. Subconjuntos homogéneos de la edad real, de acuerdo al tipo de diente; sexo M

Grupo	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	42,37	
2	24		61,12
1	13		62,76

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 143,400.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,316
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = M

Lamendin et al. (1992)

Tabla 31. Subconjuntos homogéneos de las edades calculadas por el método de Lamendin et al. (1992), de acuerdo al tipo de diente; sexo M

Grupo	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	42,76	
2	24		59,68
1	13		61,42

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 117,691.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,316
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = M

Prince y Ubelaker (2002)

Tabla 32. Subconjuntos homogéneos de las edades calculadas por el método de Prince y Ubelaker (2002), de acuerdo al tipo de diente; sexo M

Grupo	n	Subconjunto	
		1	2
3	8	42,97	
2	24		60,85
1	13		62,39

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 123,357.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,316
- b Alfa = ,05.
- c SEXO = M

6.1.2.5 Estadística descriptiva para las edades calculadas mediante los dos métodos

Tabla 33. Estadísticos descriptivos de la edad real y las edades calculadas por los dos métodos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	79	25	90	58,53	15,52
Lamendin et al.(1992)	79	27,11	78,86	57,23	13,66
Prince y Ubelaker (2002)	79	25,30	85,13	58,86	14,46
Nº de casos válido	79				

Se empleó el test pareado de Wilcoxon para comparar la edad estimada con la edad real, La diferencia entre la edad real y la estimada se muestra como la diferencia media, con su desviación típica y el error estándar de la media.

La diferencia entre la edad real y la edad estimada, aplicando la técnica de Lamendin et al. (1992), fue de +1,3 años, con una desviación típica de 3,09 años, y un error estándar de la media de 0,34 años. La edad estimada mediante el método de Lamendin et al. (1992), difirió significativamente de la edad real (test de Wilcoxon, $z = 3,44$, $p = 0,001$).

Según el método de Prince y Ubelaker (2002), la diferencia entre la edad real y la estimada fue de -0,33 años, con desviación típica de 3,10 años, y error estándar de la media de 0,34. Esta edad estimada no llegó a diferir significativamente de la edad real ($z = 1,75$, $p = 0,08$).

Tabla 34. Diferencia media entre la edad real y la edad calculada

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Dif Real - Lamendin et al.(1992)	79	-3,36	14,37	1,29	3,09
Dif Real - Prince y Ubelaker (2002)	79	-8,71	10,00	-,33	3,10
Nº de casos válido	79				

Edad real

Tabla 35. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media para la edad real

Grupo de edad	n	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
Tukey B 25-35	8	29,37					
36-45	11		40,9				
46-55	7			49,00			
56-65	24				61,33		
66-75	22					70,45	
>76	7						82,00

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III.

El término error es la Media cuadrática (Error) = 10,999.

A Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,191

B Alfa = ,05.

Método de Lamendin et al. (1992)

Tabla 36. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la edad determinada por Lamendin et al.

Grupo de edad	n	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
Tukey B 25-35	8	30,74					
36-45	11		41,95				
46-55	7			48,68			
56-65	24				60,35		
66-75	22					67,87	
>76	7						75,97

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III.

El término error es la Media cuadrática (Error) = 9,746.

A Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,191

B Alfa = ,05.

Método de Prince y Ubelaker (2002)

Tabla 37. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la edad determinada por el método de Prince y Ubelaker (2002)

Grupo de edad	n	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
Tukey 25-35	8	30,84					
36-45	11		42,22				
46-55	7			49,63			
56-65	24				61,54		
66-75	22					68,56	
>76	7						77,90

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III.

El término error es la Media cuadrática (Error) = 11,160.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,191

b Alfa = ,05.

6.1.2.6 Resultados por grupo de edad, origen y tipo de diente

Tabla 38. Distribución por grupo de edad, origen de la muestra y tipo de diente

		Etiqueta del valor	n
Origen	1	vivos	34
	2	restos óseos	45
Grupo de edad	1	25-35	8
	2	36-45	11
	3	46-55	7
	4	56-65	24
	5	66-75	22
	6	>76	7
Tipo de diente	1	Incisivos	22
	2	Caninos premolares	41
	3	Molares	16

Tabla 39. Pruebas de los efectos inter-sujetos(g)

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados (III)	gl	Media cuadrática	F	Signifi.
Modelo corregido	Long. Transparencia	173,000(a)	2	86,50	5,31	,010
	Long. Periodontosis	20,245(b)	2	10,12	2,90	,070
	Long. Raíz	19,607(c)	2	9,80	2,82	,075
	Edad real	2652,915(f)	2	1326,45	5,37	,010
	Lamendin et al. (1992)	1886,693(d)	2	943,34	5,14	,012
	Prince y Ubelaker (2002)	1947,259(e)	2	973,62	5,00	,013
Intercept	Long. Transparencia	1961,410	1	1961,41	120,52	,000
	Long. Periodontosis	374,571	1	374,57	107,56	,000
	Long. Raíz	5109,716	1	5109,71	1470,7	,000
	Edad real	99159,158	1	99159,1	402,10	,000
	Lamendin et al. (1992)	95451,474	1	95451,4	520,64	,000
	Prince y Ubelaker (2002)	97807,177	1	97807,1	502,56	,000
Grupo	Long. Transparencia	173,000	2	86,50	5,31	,010
	Long. Periodontosis	20,245	2	10,12	2,90	,070
	Long. Raíz	19,607	2	9,80	2,82	,075
	Edad real	2652,915	2	1326,45	5,37	,010
	Lamendin et al. (1992)	1886,693	2	943,34	5,14	,012
	Prince y Ubelaker (2002)	1947,259	2	973,62	5,00	,013
Error	Long. Transparencia	504,473	31	16,27		
	Long. Periodontosis	107,952	31	3,48		
	Long. Raíz	107,705	31	3,47		
	Edad real	7644,614	31	246,60		
	Lamendin et al. (1992)	5683,334	31	183,33		
	Prince y Ubelaker (2002)	6033,140	31	194,61		
Total	Long. Transparencia	3170,831	34			
	Long. Periodontosis	595,434	34			
	Long. Raíz	6047,776	34			
	Edad real	128180,000	34			
	Lamendin et al. (1992)	119269,511	34			
	Prince y Ubelaker (2002)	122588,516	34			
Total corregido	Long. Transparencia	677,474	33			
	Long. Periodontosis	128,197	33			
	Long. Raíz	127,312	33			
	Edad real	10297,529	33			
	Lamendin et al. (1992)	7570,027	33			
	Prince y Ubelaker (2002)	7980,399	33			

a R cuadrado = ,255 (R cuadrado corregida = ,207)

b R cuadrado = ,158 (R cuadrado corregida = ,104)

c R cuadrado = ,154 (R cuadrado corregida = ,099)

d R cuadrado = ,249 (R cuadrado corregida = ,201)

e R cuadrado = ,244 (R cuadrado corregida = ,195)

f R cuadrado = ,258 (R cuadrado corregida = ,210)

g SEXO = F

6.1.2.6.1 Análisis por grupo de edad

Tabla 40. Análisis descriptivo de la edad real, edad determinada por el método de Lamendin et al. (1992) y por el método de Prince y Ubelaker (2002) de acuerdo al grupo de edad.

Grupos		n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
1	Edad real	8	25	34	29,38	3,46
	Lamendin et al.(1992)	8	27,11	35,03	30,74	3,01
	Prince y Ubelaker (2002)	8	25,30	35,31	30,74	2,99
2	Edad real	11	36	45	40,91	3,01
	Lamendin et al. (1992)	11	36,89	47,36	41,95	3,61
	Prince y Ubelaker (2002)	11	36,74	49,27	43,10	4,16
3	Edad real	7	46	55	49,00	4,16
	Lamendin et al. (1992)	7	45,20	54,06	48,68	3,67
	Prince y Ubelaker (2002)	7	45,55	55,64	50,17	3,78
4	Edad real	24	56	65	61,33	2,97
	Lamendin et al. (1992)	24	55,86	64,63	60,35	2,85
	Prince y Ubelaker (2002)	24	55,64	67,48	62,13	3,54
5	Edad real	22	66	75	70,45	3,06
	Lamendin et al. (1992)	22	63,56	73,40	67,87	3,11
	Prince y Ubelaker (2002)	22	64,24	77,32	69,53	3,66
6	Edad real	7	77	90	82,00	4,16
	Lamendin et al. (1992)	7	72,98	78,86	75,97	1,84
	Prince y Ubelaker (2002)	7	77,09	85,13	79,70	2,62

Para los grupos de edad, se observa que para el grupo 1 (25-35años) y el grupo 2 (36-45años) la media de la edad determinada por el método Lamendin et al. (1992) y el de Prince y Ubelaker (2002), está más alta que la media de la edad real; al contrario, para los demás grupos la media de la edad real esta por encima de la determinada por ambos métodos.

Tabla 41. Comparación de la diferencia de error en la media entre los resultados del método de Lamendin et al.(1992) y el método de Prince y Ubelaker (2002), por grupo de edad

Grupo de edad	n	Lamendin et al. (1992)	Prince y Ubelaker (2002)
25-35	8	1,36	1,37
36-45	11	1,04	2,19
46-55	7	0,31	1,17
56-65	24	0,97	0,79
66-75	22	2,58	0,91
>76	7	6,02	2,29
Nº de casos	79		

Estos resultados los observamos mejor en la siguiente gráfica; las edades calculadas por las fórmulas de Prince y Ubelaker (2002) tienen mayor exactitud que las calculadas por Lamendin et al.(1992), en casi todos los grupos de edad.

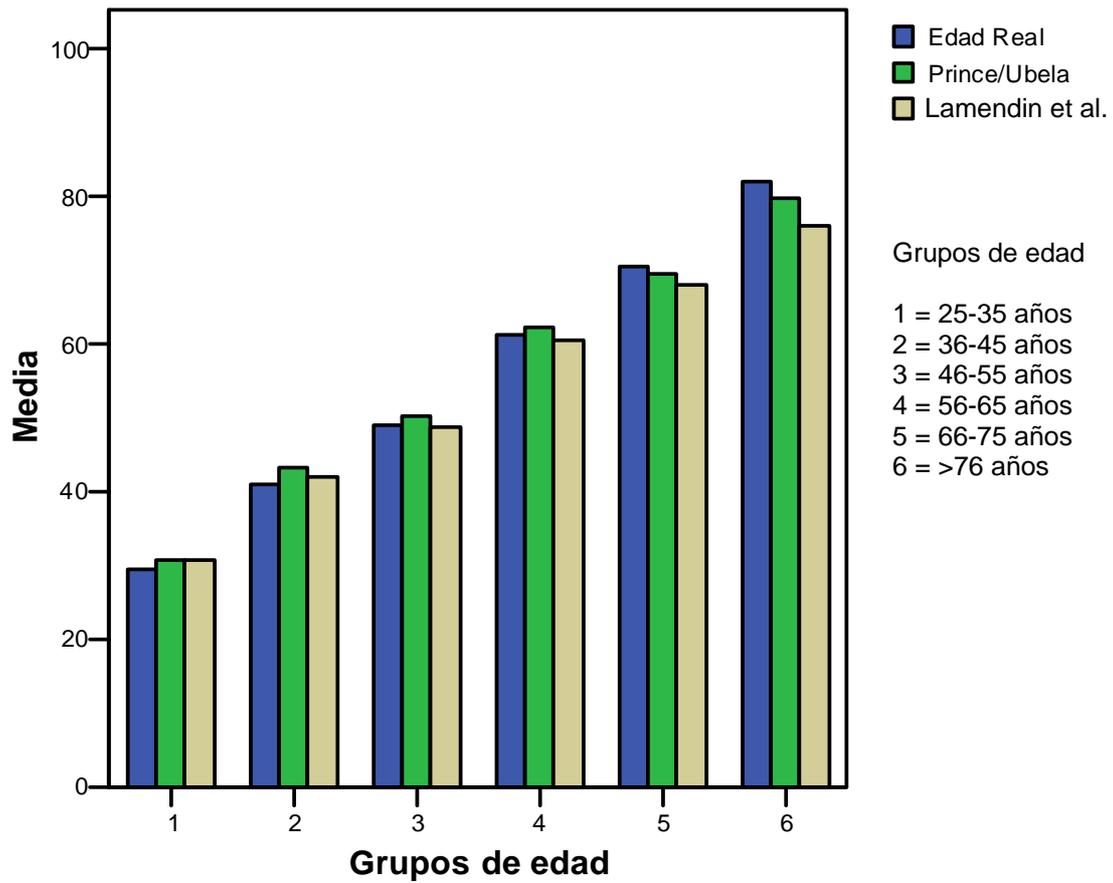


Gráfico 16. Edad actual y edad estimada por el método de Lamendin et al. (1992) y por el método de Prince y Ubelaker (2002), por grupos de edad para la muestra Española.

6.1.2.6.2 Análisis según el origen de la muestra

Igualmente se obtuvieron los estadísticos descriptivos según el origen de la muestra: Restos óseos o Sujetos vivos.

ORIGEN = VIVOS

Tabla 42. Estadísticos descriptivos, origen = vivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	34	0,00	14,12	6,41	4,07
Long. Periodontosis	34	0,00	6,62	2,45	1,44
Long. Raíz	34	9,77	17,07	13,05	1,79
Edad real	34	25,00	73,00	49,38	14,92
Lamendin et al. (1992)	34	27,11	72,55	49,23	13,67
Prince y Ubelaker (2002)	34	27,17	71,81	49,40	13,67

ORIGEN = RESTOS OSEOS

Tabla 43. Estadísticos descriptivos, origen = restos óseos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	45	1,77	16,48	10,74	3,265
Long. Periodontosis	45	1,23	8,47	4,98	1,677
Long. Raíz	45	11,45	20,31	14,41	1,855
Edad real	45	30,00	90,00	65,44	12,119
Lamendin et al. (1992)	45	31,23	78,86	63,28	10,181
Prince y Ubelaker (2002)	45	31,87	82,42	64,65	10,378

6.1.2.6.2.1 Análisis de las variables determinantes según el origen de la muestra y el grupo de edad.

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = < 35 años

Tabla 44. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	1,8	1,8	1,77	.
Long. Periodontosis	1	1,2	1,2	1,23	.
Long. Raíz	1	16,9	16,9	16,94	.
Nº Válido (según lista)	1				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 36-45 años

Tabla 45. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	3,5	6,4	4,94	1,98
Long. Periodontosis	2	1,9	2,6	2,24	,44
Long. Raíz	2	13,1	13,8	13,43	,54
Nº válido (según lista)	2				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 46-55 años

Tabla 46. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	4	4,7	9,5	6,61	2,04
Long. Periodontosis	4	3,2	4,6	3,89	,61
Long. Raíz	4	13,7	16,5	14,96	1,23
Nº válido (según lista)	4				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 56-65 años

Tabla 47. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	15	7,9	14,2	9,97	1,67
Long. Periodontosis	15	2,6	8,4	5,07	1,80
Long. Raíz	15	11,5	18,1	14,40	1,79
Nº Válido (según lista)	15				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 66-75 años

Tabla 48. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	16	9,2	16,5	12,52	2,13
Long. Periodontosis	16	2,8	7,0	5,11	1,12
Long. Raíz	16	11,5	20,3	14,58	2,26
Nº válido (según lista)	16				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = >76 años

Tabla 49. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	7	12,1	16,1	13,64	1,32
Long. Periodontosis	7	4,9	8,5	6,46	1,19
Long. Raíz	7	12,1	16,1	13,69	1,35
Nº válido (según lista)	7				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = < 35 años

Tabla 50. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	7	,0	3,1	1,26	1,25
Long. Periodontosis	7	,0	1,7	,88	,65
Long. Raíz	7	9,8	15,8	12,93	1,96
Nº válido (según lista)	7				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad 36-45 años

Tabla 51. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	9	2,2	6,1	4,09	1,38
Long. Periodontosis	9	1,1	3,4	1,92	,810
Long. Raíz	9	10,0	14,6	12,72	1,70
Nº válido (según lista)	9				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = 46-55 años

Tabla 52. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	3	5,0	6,7	5,67	,93
Long. Periodontosis	3	1,5	3,4	2,49	,98
Long. Raíz	3	11,5	13,0	12,18	,71
Nº válido (según lista)	3				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = 56-65 años

Tabla 53. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	9	7,7	12,0	9,37	1,41
Long. Periodontosis	9	2,4	6,6	3,67	1,50
Long. Raíz	9	11,1	16,0	13,60	1,62
Nº válido (según lista)	9				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = 66-75 años

Tabla 54. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	6	10,0	14,1	11,82	1,70
Long. Periodontosis	6	2,6	4,8	3,25	,86
Long. Raíz	6	10,5	17,1	13,32	2,47
Nº válido (según lista)	6				

6.1.2.6.2.2 Análisis de las edades calculadas por los dos métodos

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = <35 años

Tabla 55. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	1	30	30	30,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	31,23	31,23	31,22	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	31,89	31,89	31,89	.
Nº válido (según lista)	1				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 36-45 años

Tabla 56. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	2	41	44	42,50	2,12
Lamendin et al. (1992)	2	40,45	47,34	43,89	4,87
Prince y Ubelaker (2002)	2	42,84	49,27	46,05	4,55
Nº válido (según lista)	2				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 46-55 años

Tabla 57. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	4	46	55	49,00	4,08
Lamendin et al. (1992)	4	45,20	53,68	48,61	3,60
Prince y Ubelaker (2002)	4	48,25	54,57	50,81	2,68
Nº válido (según lista)	4				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 56-65 años

Tabla 58. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	15	56	65	61,60	3,26
Lamendin et al. (1992)	15	55,86	64,63	60,96	2,73
Prince y Ubelaker (2002)	15	56,21	67,48	63,21	3,48
Nº válido (según lista)	15				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = 66-75 años

Tabla 59. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	16	66	75	71,00	2,94
Lamendin et al. (1992)	16	63,56	73,40	68,01	3,34
Prince y Ubelaker (2002)	16	64,24	77,32	70,51	3,69
Nº válido (según lista)	16				

GRUPO = Restos óseos, Grupo de edad = >76 años

Tabla 60. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	7	77	90	82,00	4,16
Lamendin et al. (1992)	7	72,98	78,86	75,97	1,84
Prince y Ubelaker (2002)	7	77,09	85,13	79,70	2,62
Nº válido (según lista)	7				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = < 35 años

Tabla 61. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	7	25	34	29,29	3,72
Lamendin et al. (1992)	7	27,11	35,03	30,67	3,24
Prince y Ubelaker (2002)	7	25,30	35,31	30,58	3,19
Nº Válido (según lista)	7				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = 36-45

Tabla 62. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	9	36	45	40,56	3,16
Lamendin et al. (1992)	9	36,89	47,36	41,52	3,48
Prince y Ubelaker (2002)	9	36,74	48,49	42,45	4,04
Nº Válido (según lista)	9				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = 46-55 años

Tabla 63. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	3	46	55	49,00	5,19
Lamendin et al. (1992)	3	46,10	54,06	48,78	4,56
Prince y Ubelaker (2002)	3	45,55	55,64	49,32	5,50
Nº Válido (según lista)	3				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = 56-65 años

Tabla 64. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	9	58	65	60,89	2,52
Lamendin et al. (1992)	9	55,90	63,35	59,34	2,91
Prince y Ubelaker (2002)	9	55,64	65,06	60,32	2,99
Nº Válido (según lista)	9				

GRUPO = Vivos, Grupo de edad = 66-75 años

Tabla 65. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	6	66	73	69,00	3,16
Lamendin et al. (1992)	6	65,28	72,55	67,49	2,62
Prince y Ubelaker (2002)	6	65,31	70,98	66,93	2,04
Nº Válido (según lista)	6				

La transparencia de la dentina es igualmente observable y cuantificable en dientes de restos óseos actuales y dientes de sujetos vivos; sin embargo, con la muestra de dientes de sujetos vivos se obtiene una mayor fidelidad, con una diferencia entre la edad real y las edades calculadas de menos de un año con ambos métodos. La edad estimada por el método de Prince y Ubelaker (2002) fue igual de precisa con individuos vivos que con restos óseos (test de Mann-Whitney, $z = 0,62$, $p = 0,53$), pero el método de Lamendin et al. (1992) fue menos exacto con restos óseos que con sujetos vivos ($z = 3,46$, $p = 0,001$).

Tabla 66. Diferencia media entre la edad real y las edades calculadas según el origen de la muestra.

Muestra	Diferencia Media	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Restos óseos	Dif real-Lamendin et al.	45	-3,34	14,37	2,15	3,29
	Dif real-Prince y Ubelaker	45	-8,71	10,00	-0,36	3,41
Sujetos Vivos	Dif real-Lamendin et al.	34	-3,36	7,72	0,14	2,40
	Dif real-Prince y Ubelaker	34	-5,49	6,94	-0,28	2,69

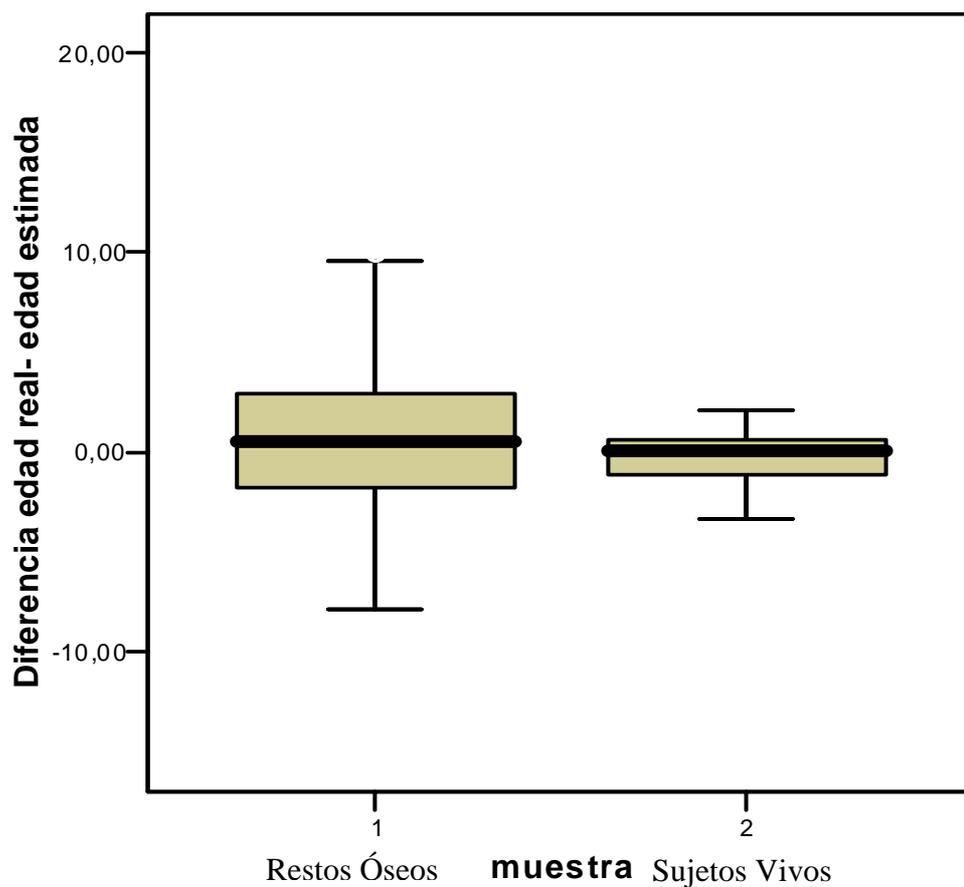


Gráfico 17. Efecto Del Origen de la muestra sobre el método de Lamendin et al. (1992)

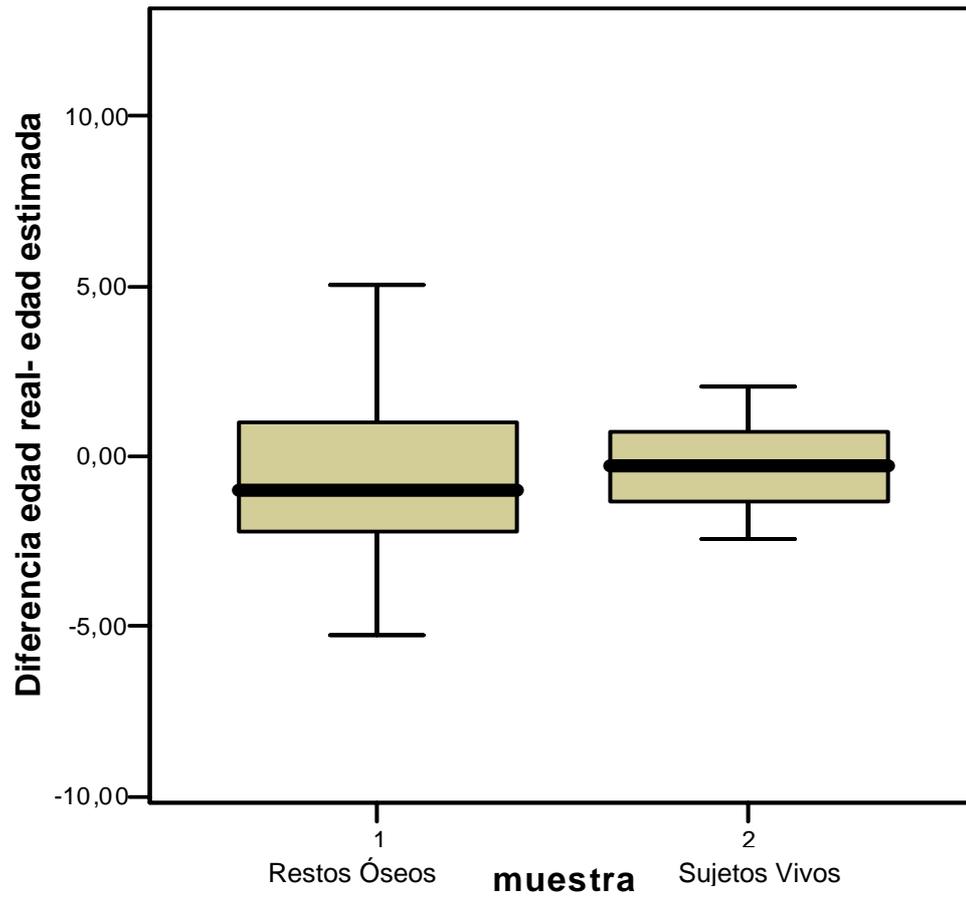


Gráfico 18. Efecto del tipo de muestra sobre el método de Prince y Ubelaker (2002)

6.1.2.6.3 Resultados según el tipo de diente

Se realizó el análisis descriptivo de las variables de acuerdo al grupos de diente. En el grupo = 1 (incisivos) y el grupo 2 (caninos y premolares), los valores de la media de la edad obtenida por el método de Lamendin et al. (1992) y por el de Prince y Ubelaker (2002), están por debajo de la media de la edad real, al contrario que en el grupo de los molares cuya media resultante de los dos métodos esta por encima de la media de la edad real.

GRUPO = 1 (INCISIVOS)

Tabla 67. Estadísticos descriptivos, grupo = incisivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	22	1,77	15,12	9,99	3,24
Long. Periodontosis	22	1,23	6,92	4,21	1,79
Long. Raíz	22	10,46	16,94	13,63	1,61
Edad real	22	30,00	82,00	63,59	12,63
Lamendin et al. (1992)	22	31,23	76,31	62,21	11,21
Prince y Ubelaker (2002)	22	31,87	78,11	63,05	11,45

GRUPO = 2 (CANINOS Y PREMOLARES)

Tabla 68. Estadísticos descriptivos, grupo = caninos y premolares

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	41	2,13	16,48	10,00	3,738
Long. Periodontosis	41	0,00	8,47	4,42	2,01
Long. Raíz	41	10,11	20,31	14,35	2,05
Edad real	41	32,00	90,00	62,00	13,38
Lamendin et al. (1992)	41	33,57	78,86	59,96	11,30
Prince y Ubelaker (2002)	41	32,29	82,42	61,02	11,81

GRUPO = 3 (MOLARES)

Tabla 69. Estadísticos descriptivos, grupo = molares

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	16	0,00	11,10	4,45	3,71
Long. Periodontosis	16	0,00	4,58	2,12	1,20
Long. Raíz	16	9,77	15,84	12,75	1,60
Edad real	16	25,00	67,00	42,68	14,63
Lamendin et al. (1992)	16	27,11	66,39	43,42	13,91
Prince y Ubelaker (2002)	16	27,17	66,69	43,77	13,90

Subconjuntos homogéneos

Longitud de la transparencia

Tabla 70. Subconjuntos homogéneos de la longitud de la transparencia, de acuerdo al tipo de diente

GRUPO	n	Subconjunto	
		1	2
Molares	16	4,45	
Incisivos	22		9,99
Caninos y premolares	41		10,00

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 2,783.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 22,668

b Alfa = ,05.

Longitud de la periodontosis

Tabla 71. Subconjuntos homogéneos de la longitud de la periodontosis, de acuerdo al tipo de diente

GRUPO	n	Subconjunto	
		1	2
Molares	16	2,12	
Incisivos	22		4,21
Caninos y premolares	41		4,42

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III El término error es la Media cuadrática (Error) = 1,970.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 22,668

b Alfa = ,05.

Longitud de la raíz

Tabla 72. Subconjuntos homogéneos de la longitud de la raíz, de acuerdo al tipo de diente

GRUPO	n	Subconjunto	
		1	2
Molares	16	12,75	
Incisivos	22	13,63	13,63
Caninos y premolares	41		14,35

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 3,455.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 22,668
 b Alfa = ,05.

Edad real

Tabla 73. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la edad real

GRUPO	n	Subconjunto	
		1	2
Molares	16	42,69	
Caninos y premolares	41		62,00
Incisivos	22		63,59

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 10,999.

- a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 22,668
 b Alfa = ,05.

Lamendin et al. (1992)

Tabla 74 Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la edad determinada por el método de Lamendin et al (1992).

GRUPO	n	Subconjuntos		
		1	2	3
Molares	16	43,42		
Caninos y premolares	41		59,96	
Incisivos	22			62,21

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 9,746.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 22,668

b Alfa = ,05.

Prince y Ubelaker (2002)

Tabla 75. Subconjuntos homogéneos de acuerdo a la media de la edad determinada por el método de Prince y Ubelaker (2002).

GRUPO	n	Subconjunto	
		1	2
Molares	16	43,77	
Caninos y premolares	41		61,02
Incisivos	22		63,05

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos. Basado en la suma de cuadrados tipo III. El término error es la Media cuadrática (Error) = 11,160.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 22,668

b Alfa = ,05.

6.1.2.6.3.1 Resultados por tipo de diente y por grupo de edad

GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = <35

Tabla 76. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	1,77	1,77	1,77	,
Long. Periodontosis	1	1,23	1,23	1,23	,
Long. Raíz	1	16,94	16,94	16,94	,
Edad real	1	30,00	30,00	30,00	,
Lamendin et al. (1992)	1	31,23	31,23	31,23	,
Prince y Ubelaker (2002)	1	31,87	31,87	31,87	,
Nº válido (según lista)	1				

GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 36-45

Tabla 77. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	4,50	6,35	5,42	1,30
Long. Periodontosis	2	1,93	1,96	1,94	,02
Long. Raíz	2	12,56	13,82	13,19	,89
Edad real	2	44,00	44,00	44,00	,00
Lamendin et al. (1992)	2	43,39	47,34	45,36	2,79
Prince y Ubelaker (2002)	2	43,53	47,19	45,36	2,58
Nº válido (según lista)	2				

GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 46-55 años

Tabla 78. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	5,02	5,02	5,02	,
Long. Periodontosis	1	1,46	1,46	1,46	,
Long. Raíz	1	11,53	11,53	11,53	,
Edad real	1	46,00	46,00	46,00	,
Lamendin et al. (1992)	1	46,10	46,10	46,10	,
Prince y Ubelaker (2002)	1	45,53	45,53	45,53	,
Nº válido (según lista)	1				

GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 56-65

Tabla 79. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	5	8,47	12,03	9,60	1,43
Long. Periodontosis	5	3,06	6,92	4,85	1,67
Long. Raíz	5	12,11	15,14	13,97	1,28
Edad real	5	56,00	64,00	61,00	3,31
Lamendin et al. (1992)	5	56,50	63,58	60,73	2,82
Prince y Ubelaker (2002)	5	59,15	64,10	62,17	1,97
Nº válido (según lista)	5				

GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 66-75

Tabla 80. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	11	9,16	15,12	11,64	1,58
Long. Periodontosis	11	2,63	6,32	4,47	1,32
Long. Raíz	11	10,46	16,21	13,52	1,67
Edad real	11	66,00	74,00	70,09	2,94
Lamendin et al. (1992)	11	64,01	72,55	67,78	3,14
Prince y Ubelaker (2002)	11	64,22	73,27	68,46	2,76
Nº válido (según lista)	11				

GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = >76

Tabla 81. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	12,10	14,12	13,11	1,42
Long. Periodontosis	2	5,90	6,83	6,36	0,65
Long. Raíz	2	12,10	14,47	13,28	1,67
Edad real	2	77,00	82,00	79,50	3,53
Lamendin et al. (1992)	2	75,01	76,31	75,66	0,91
Prince y Ubelaker (2002)	2	77,07	78,11	77,59	0,73
N válido (según lista)	2				

GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = <35

Tabla 82. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	
Long. Transparencia	1	2,13	2,13	2,13	,
Long. Periodontosis	1	,00	,00	,00	,
Long. Raíz	1	11,12	11,12	11,12	,
Edad real	1	32,00	32,00	32,00	,
Lamendin et al. (1992)	1	33,57	33,57	33,57	,
Prince y Ubelaker (2002)	1	32,29	32,29	32,29	,
N válido (según lista)	1				

GRUPO = caninos y premolares, Grupo de edad = 36-45

Tabla 83. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	5	2,24	6,12	4,47	1,67
Long. Periodontosis	5	1,19	3,40	1,93	1,00
Long. Raiz	5	10,11	14,58	13,02	1,75
Edad real	5	37,00	45,00	41,40	3,20
Lamendin et al. (1992)	5	36,95	47,36	42,23	4,12
Prince y Ubelaker (2002)	5	36,72	48,47	42,41	4,43
N válido (según lista)	5				

GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 46-55

Tabla 84. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	4	4,74	9,47	6,61	2,04
Long. Periodontosis	4	3,16	4,64	3,89	,61
Long. Raiz	4	13,67	16,53	14,96	1,23
Edad real	4	46,00	55,00	49,00	4,08
Lamendin et al. (1992)	4	45,20	53,68	48,61	3,60
Prince y Ubelaker (2002)	4	47,53	54,55	50,05	3,15
N válido (según lista)	4				

GRUPO = Caninos y Premolares, Grupo de edad = 56-65

Tabla 85 Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	16	7,72	14,17	9,86	1,70
Long. Periodontosis	16	2,40	8,43	4,70	1,90
Long. Raiz	16	11,61	18,07	14,48	1,72
Edad real	16	56,00	65,00	61,25	3,19
Lamendin et al. (1992)	16	55,86	64,63	59,84	3,01
Prince y Ubelaker (2002)	16	55,62	67,46	61,16	3,91
N válido (según lista)	16				

GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 66-75

Tabla 86. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	10	9,97	16,48	13,23	2,22
Long. Periodontosis	10	2,61	6,95	4,82	1,45
Long. Raiz	10	11,00	20,31	15,16	2,79
Edad real	10	66,00	75,00	71,20	3,19
Lamendin et al. (1992)	10	63,56	73,40	68,11	3,36
Prince y Ubelaker (2002)	10	65,29	73,49	68,85	3,34
N válido (según lista)	10				

GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = >76

Tabla 87. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	5	12,40	16,14	13,85	1,38
Long. Periodontosis	5	4,89	8,47	6,50	1,41
Long. Raiz	5	12,40	16,14	13,85	1,38
Edad real	5	79,00	90,00	83,00	4,30
Lamendin et al. (1992)	5	72,98	78,86	76,09	2,19
Prince y Ubelaker (2002)	5	73,36	82,42	78,03	3,40
N válido (según lista)	5				

GRUPO = Molares, Grupo de edad = <35

Tabla 88. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	6	,00	3,06	1,11	1,30
Long. Periodontosis	6	,00	1,66	1,03	,57
Long. Raiz	6	9,77	15,84	13,23	1,97
Edad real	6	25,00	34,00	28,83	3,86
Lamendin et al. (1992)	6	27,11	35,03	30,19	3,27
Prince y Ubelaker (2002)	6	27,17	35,29	30,43	3,07
N válido (según lista)	6				

GRUPO = Molares, Grupo de edad = 36-45

Tabla 89. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	4	2,82	4,31	3,37	,68
Long. Periodontosis	4	1,05	2,76	2,06	,723
Long. Raiz	4	10,02	14,21	12,46	1,85
Lamendin et al. (1992)	4	36,89	41,88	39,91	2,17
Prince y Ubelaker (2002)	4	36,58	42,65	40,43	2,65
Edad real	4	36,00	40,00	38,75	1,89
N válido (según lista)	4				

GRUPO = Molares, Grupo de edad = 46-55

Tabla 90. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	5,26	6,74	6,00	1,04
Long. Periodontosis	2	2,60	3,42	3,01	,57
Long. Raiz	2	12,08	12,95	12,51	,61
Edad real	2	46,00	55,00	50,50	6,36
Lamendin et al. (1992)	2	46,20	54,06	50,13	5,55
Prince y Ubelaker (2002)	2	46,76	54,93	50,84	5,77
N válido (según lista)	2				

GRUPO = Molares, Grupo de edad = 56-65

Tabla 91. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	3	8,12	11,10	9,40	1,53
Long. Periodontosis	3	2,41	4,58	3,21	1,19
Long. Raiz	3	11,13	14,30	12,29	1,74
Edad real	3	61,00	63,00	62,33	1,15
Lamendin et al. (1992)	3	61,45	63,35	62,44	,95
Prince y Ubelaker (2002)	3	60,92	64,13	62,55	1,60
N válido (según lista)	3				

GRUPO = Molares, Grupo de edad = 66-75

Tabla 92. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	10,89	10,89	10,89	,
Long. Periodontosis	1	3,85	3,85	3,85	,
Long. Raiz	1	12,89	12,89	12,89	,
Edad real	1	67,00	67,00	67,00	,
Lamendin et al. (1992)	1	66,39	66,39	66,39	,
Prince y Ubelaker (2002)	1	66,69	66,69	66,69	,
N válido (según lista)	1				

En cuanto al tipo de diente, en los incisivos y premolares fué más fácil medir la transparencia radicular, y con ellos se obtuvo mayor fiabilidad a la hora determinar la edad con ambos métodos que con los molares; aunque la media de error fué relativamente baja con ambos métodos, el método de Prince y Ubelaker (2002) disminuyó la media de error para cada tipo de diente (Kruskal-Wallis test, $h = 3,25$; $p = 0,197$, para el método de Prince y Ubelaker (2002) y $h = 12,72$; $p = 0,002$, para el método de Lamendin et al. (1992). Lo vemos mejor en la gráfica 19 y 20.

Tabla 93. Diferencia media entre edad real y las edades calculadas según el tipo de diente

		n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Incisivos	Dif real- Lamendin et al.	22	-3,34	7,52	1,37	2,34
	Dif real-Prince y Ubelaker	22	-5,27	6,00	-0,04	2,44
Caninos y Premolares	Dif real-Lamendin et al.	41	-3,36	14,37	2,03	3,59
	Dif real-Prince y Ubelaker	41	-8,71	10,00	-0,06	3,74
Molares	Dif real-Lamendin et al.	16	-3,13	0,94	-0,73	1,28
	Dif real-Prince y Ubelaker	16	-5,49	0,38	-1,40	1,71

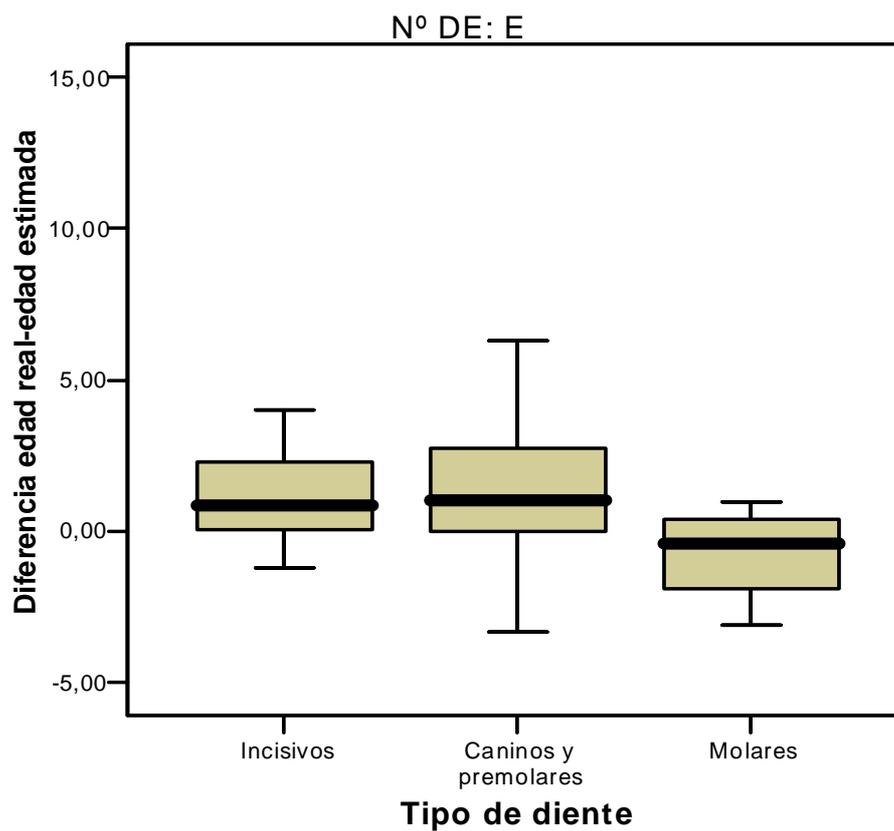


Gráfico 19. Efecto del tipo de diente sobre la técnica de Lamendin et al (1992).

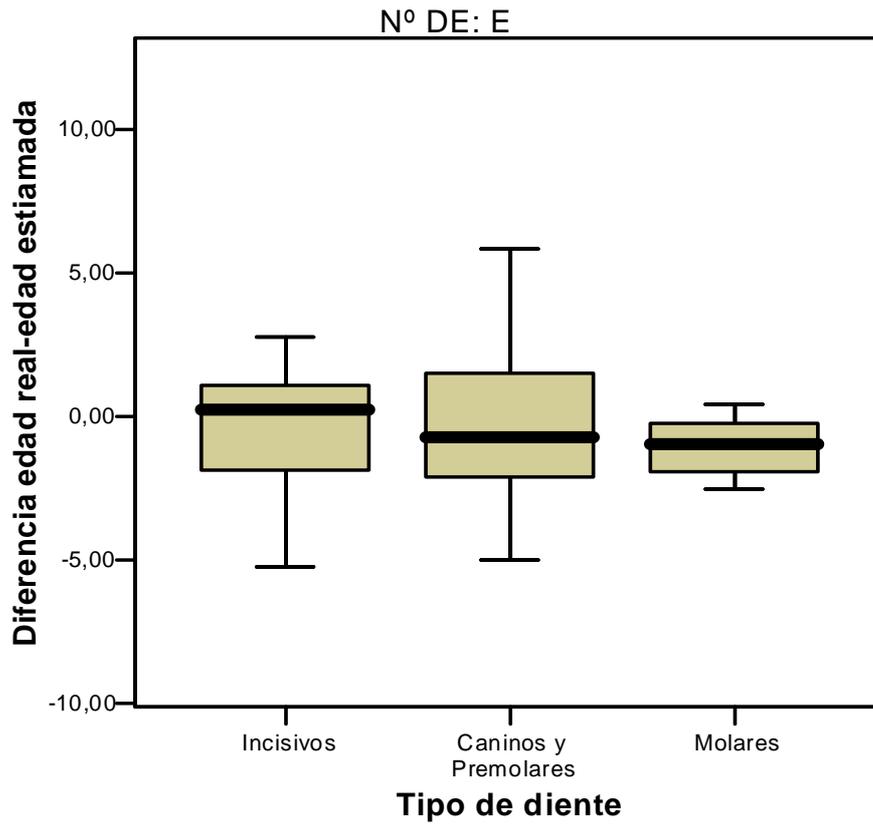


Gráfico 20. Efecto del tipo de diente sobre la técnica de Prince y Ubelaker (2002)

6.1.2.6.3.2 Análisis gráfico para la edad real y para las edades calculadas por los dos métodos, teniendo en cuenta origen y tipo de diente

El comportamiento de las medias de la edad real, edad estimada por el método de Lamendin et al. (1992) y por el método de Prince y Ubelaker (2002) teniendo en cuenta el grupo de edad y tipo de diente, al igual que su origen, lo observamos en las siguientes gráficas. Observamos que su comportamiento es muy semejante para cada tipo de diente, tanto en sujetos vivos como restos óseos. Sin embargo, en la muestra de restos óseos, la representación de la relación de la media de edad real y la determinada para el grupo de los incisivos y caninos, es lineal.

ORIGEN = vivos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 36-45

Tabla 94. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	4,50	4,50	4,50	.
Long. Periodontosis	1	1,96	1,96	1,96	.
Long. Raíz	1	12,56	12,56	12,56	.
Edad real	1	44,00	44,00	44,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	43,39	43,39	43,39	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	43,53	43,53	43,53	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 46-55

Tabla 95. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	5,02	5,02	5,02	.
Long. Periodontosis	1	1,46	1,46	1,46	.
Long. Raíz	1	11,53	11,53	11,53	.
Edad real	1	46,00	46,00	46,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	46,10	46,10	46,10	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	45,53	45,53	45,53	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 56-65

Tabla 96. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	8,72	12,03	10,37	2,34
Long. Periodontosis	2	3,39	4,80	4,09	,99
Long. Raíz	2	13,24	15,14	14,19	1,34
Edad real	2	60,00	64,00	62,00	2,82
Lamendin et al.(1992)	2	59,72	62,93	61,32	2,26
Prince y Ubelaker (2002)	2	61,34	62,90	62,12	1,10
Nº válido (según lista)	2				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 66-75

Tabla 97. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	10,46	13,58	12,02	2,20
Long. Periodontosis	2	2,63	2,92	2,77	,20
Long. Raíz	2	10,46	14,95	12,70	3,17
Edad real	2	67,00	73,00	70,00	4,24
Lamendin et al. (1992)	2	66,85	72,55	69,70	4,03
Prince y Ubelaker (2002)	2	65,92	71,81	68,86	4,16
Nº válido (según lista)	2				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = <35

Tabla 98. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	2,13	2,13	2,13	.
Long. Periodontosis	1	,00	,00	,00	.
Long. Raíz	1	11,12	11,12	11,12	.
Edad real	1	32,00	32,00	32,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	33,57	33,57	33,57	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	32,29	32,29	32,29	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 36-45

Tabla 99. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S..
Long. Transparencia	4	2,24	6,12	4,71	1,84
Long. Periodontosis	4	1,19	3,40	1,77	1,08
Long. Raíz	4	10,11	14,58	13,01	2,02
Edad real	4	37,00	45,00	41,50	3,69
Lamendin et al. (1992)	4	36,95	47,36	42,67	4,62
Prince y Ubelaker (2002)	4	36,72	48,47	42,67	5,07
Nº válido (según lista)	4				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 56-65

Tabla 100. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	6	7,72	10,55	9,10	1,25
Long. Periodontosis	6	2,40	6,62	3,73	1,73
Long. Raíz	6	11,61	16,00	13,82	1,56
Edad real	6	58,00	65,00	60,17	2,56
Lamendin et al. (1992)	6	55,90	62,39	58,01	2,38
Prince y Ubelaker (2002)	6	55,62	65,04	58,70	3,25
Nº válido (según lista)	6				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 66-75

Tabla 101. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	3	9,97	14,12	12,00	2,07
Long. Periodontosis	3	2,61	4,75	3,37	1,19
Long. Raíz	3	11,00	17,07	13,88	3,04
Edad real	3	66,00	73,00	69,00	3,60
Lamendin et al. (1992)	3	65,28	67,87	66,39	1,33
Prince y Ubelaker (2002)	3	65,29	67,03	66,12	,87
Nº válido (según lista)	3				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Molares, Grupo de edad = <35

Tabla 102. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	6	,00	3,06	1,11	1,30
Long. Periodontosis	6	,00	1,66	1,03	,57
Long. Raíz	6	9,77	15,84	13,23	1,97
Edad real	6	25,00	34,00	28,83	3,86
Lamendin et al. (1992)	6	27,11	35,03	30,19	3,27
Prince y Ubelaker (2002)	6	27,17	35,29	30,43	3,07
Nº válido (según lista)	6				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Molares, Grupo de edad = 36-45

Tabla 103. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	4	2,82	4,31	3,37	,68
Long. Periodontosis	4	1,05	2,76	2,06	,72
Long. Raíz	4	10,02	14,21	12,46	1,85
Edad real	4	36,00	40,00	38,75	1,89
Lamendin et al. (1992)	4	36,89	41,88	39,91	2,17
Prince y Ubelaker (2002)	4	36,58	42,65	40,43	2,65
Nº válido (según lista)	4				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Molares, Grupo de edad = 46-55

Tabla 104. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	5,26	6,74	6,00	1,04
Long. Periodontosis	2	2,60	3,42	3,01	,57
Long. Raíz	2	12,08	12,95	12,51	,615
Edad real	2	46,00	55,00	50,50	6,36
Lamendin et al. (1992)	2	46,20	54,06	50,13	5,55
Prince y Ubelaker (2002)	2	46,76	54,93	50,84	5,77
Nº válido (según lista)	2				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Molares, Grupo de edad = 56-65

Tabla 105. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	8,99	8,99	8,99	.
Long. Periodontosis	1	2,41	2,41	2,41	.
Long. Raíz	1	11,13	11,13	11,13	.
Edad real	1	63,00	63,00	63,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	63,35	63,35	63,35	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	62,60	62,60	62,60	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = vivos, GRUPO = Molares, Grupo de edad = 66-75

Tabla 106. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	10,89	10,89	10,89	.
Long. Periodontosis	1	3,85	3,85	3,85	.
Long. Raíz	1	12,89	12,89	12,89	.
Edad real	1	67,00	67,00	67,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	66,39	66,39	66,39	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	66,69	66,69	66,69	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = <35

Tabla 107. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	1,77	1,77	1,77	.
Long. Periodontosis	1	1,23	1,23	1,23	.
Long. Raíz	1	16,94	16,94	16,94	.
Edad real	1	30,00	30,00	30,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	31,23	31,23	31,23	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	31,87	31,87	31,87	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 36-45

Tabla 108. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S..
Long. Transparencia	1	6,35	6,35	6,35	.
Long. Periodontosis	1	1,93	1,93	1,93	.
Long. Raíz	1	13,82	13,82	13,82	.
Edad real	1	44,00	44,00	44,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	47,34	47,34	47,34	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	47,19	47,19	47,19	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 56-65

Tabla 109. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	3	8,47	9,66	9,08	,59
Long. Periodontosis	3	3,06	6,92	5,36	2,03
Long. Raíz	3	12,11	15,03	13,83	1,52
Edad real	3	56,00	64,00	60,33	4,04
Lamendin et al. (1992)	3	56,50	63,58	60,33	3,57
Prince y Ubelaker (2002)	3	59,15	64,10	62,21	2,67
Nº válido (según lista)	3				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = 66-75

Tabla 110. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	9	9,16	15,12	11,56	1,58
Long. Periodontosis	9	2,83	6,32	4,85	1,13
Long. Raíz	9	11,51	16,21	13,70	1,43
Edad real	9	66,00	74,00	70,11	2,93
Lamendin et al. (1992)	9	64,01	71,96	67,35	3,03
Prince y Ubelaker (2002)	9	64,22	73,27	68,37	2,70
Nº válido (según lista)	9				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Incisivos, Grupo de edad = >76

Tabla 111. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	12,10	14,12	13,11	1,42
Long. Periodontosis	2	5,90	6,83	6,36	,65
Long. Raíz	2	12,10	14,47	13,28	1,67
Edad real	2	77,00	82,00	79,50	3,53
Lamendin et al. (1992)	2	75,01	76,31	75,66	,91
Prince y Ubelaker (2002)	2	77,07	78,11	77,59	,73
Nº válido (según lista)	2				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 36-45

Tabla 112. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	1	3,54	3,54	3,54	.
Long. Periodontosis	1	2,56	2,56	2,56	.
Long. Raíz	1	13,05	13,05	13,05	.
Edad real	1	41,00	41,00	41,00	.
Lamendin et al. (1992)	1	40,45	40,45	40,45	.
Prince y Ubelaker (2002)	1	41,38	41,38	41,38	.
Nº válido (según lista)	1				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 46-55

Tabla 113. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	4	4,74	9,47	6,61	2,04
Long. Periodontosis	4	3,16	4,64	3,89	,61
Long. Raíz	4	13,67	16,53	14,96	1,23
Edad real	4	46,00	55,00	49,00	4,08
Lamendin et al. (1992)	4	45,20	53,68	48,61	3,60
Prince y Ubelaker (2002)	4	47,53	54,55	50,05	3,15
Nº válido (según lista)	4				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 56-65

Tabla 114. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	10	7,91	14,17	10,31	1,83
Long. Periodontosis	10	3,15	8,43	5,28	1,83
Long. Raíz	10	12,88	18,07	14,87	1,77
Edad real	10	56,00	65,00	61,90	3,47
Lamendin et al. (1992)	10	55,86	64,63	60,94	2,89
Prince y Ubelaker (2002)	10	56,19	67,46	62,63	3,64
Nº válido (según lista)	10				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = 66-75

Tabla 115. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	7	10,42	16,48	13,76	2,20
Long. Periodontosis	7	4,10	6,95	5,44	1,09
Long. Raíz	7	12,22	20,31	15,71	2,73
Edad real	7	67,00	75,00	72,14	2,73
Lamendin et al. (1992)	7	63,56	73,40	68,85	3,77
Prince y Ubelaker (2002)	7	65,52	73,49	70,02	3,33
Nº válido (según lista)	7				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Caninos y premolares, Grupo de edad = >76

Tabla 116. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	5	12,40	16,14	13,85	1,38
Long. Periodontosis	5	4,89	8,47	6,50	1,41
Long. Raíz	5	12,40	16,14	13,85	1,38
Edad real	5	79,00	90,00	83,00	4,30
Lamendin et al. (1992)	5	72,98	78,86	76,09	2,19
Prince y Ubelaker (2002)	5	73,36	82,42	78,03	3,40
Nº válido (según lista)	5				

ORIGEN = restos óseos, GRUPO = Molares, Grupo de edad = 56-65

Tabla 117. Estadísticos descriptivos(a)

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	2	8,12	11,10	9,61	2,10
Long. Periodontosis	2	2,64	4,58	3,61	1,37
Long. Raíz	2	11,45	14,30	12,87	2,01
Edad real	2	61,00	63,00	62,00	1,41
Lamendin et al. (1992)	2	61,45	62,52	61,98	,75
Prince y Ubelaker (2002)	2	60,92	64,13	62,52	2,26
Nº válido (según lista)	2				

Edad real

|

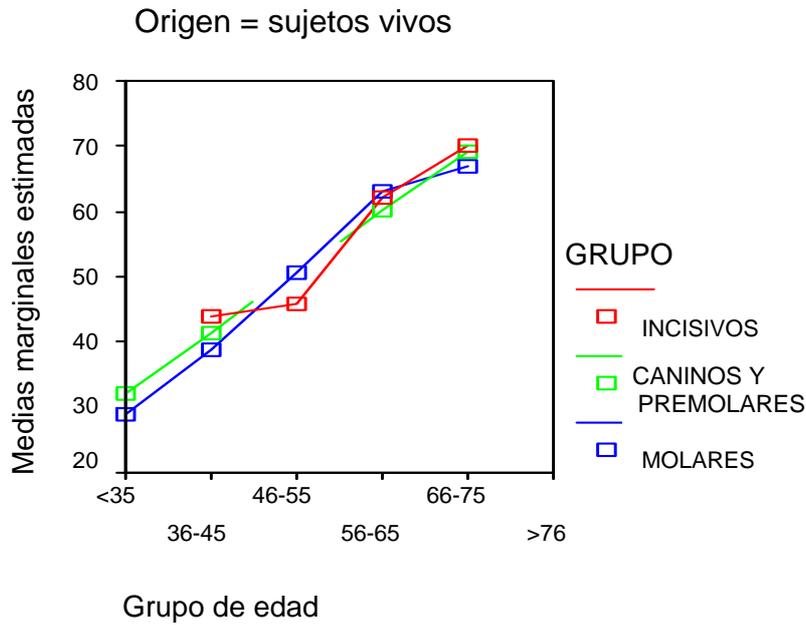
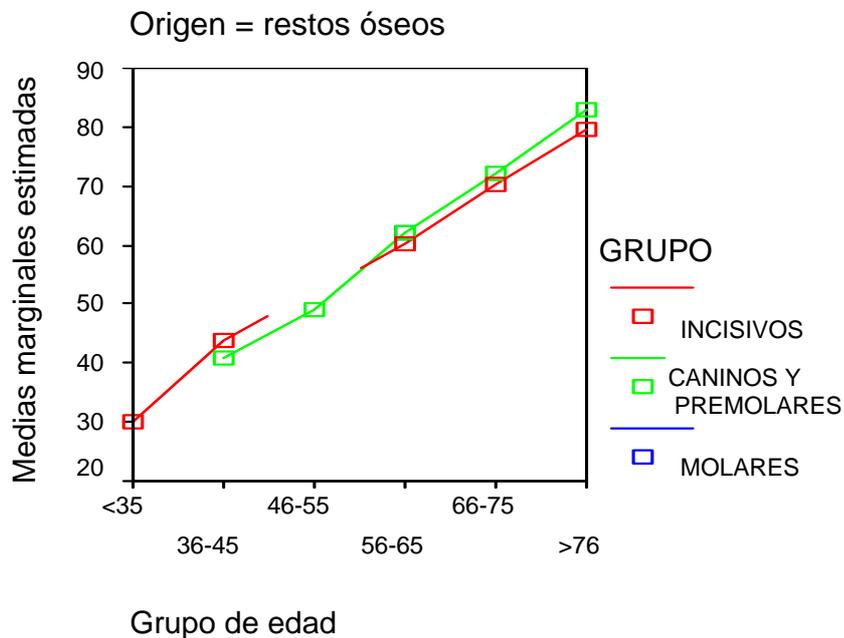


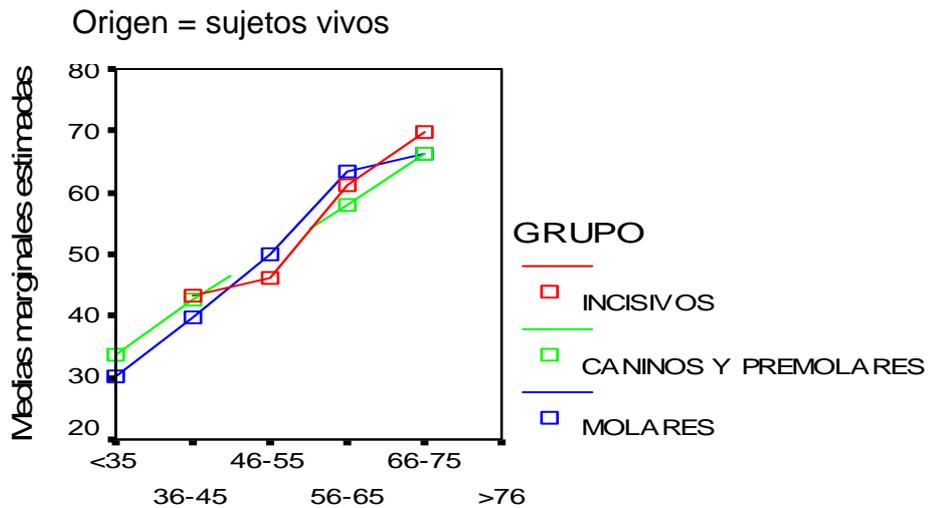
Gráfico 21. Distribución de las medias marginales de la edad real, según el tipo de diente y el grupo de edad, para la muestra de sujetos vivos.



Las medias no estimables no se representan

Gráfico 22. Distribución de las medias marginales de la edad real, según el tipo de diente y el grupo de edad, para la muestra de restos óseos

Método de Lamendin et al. (1992)

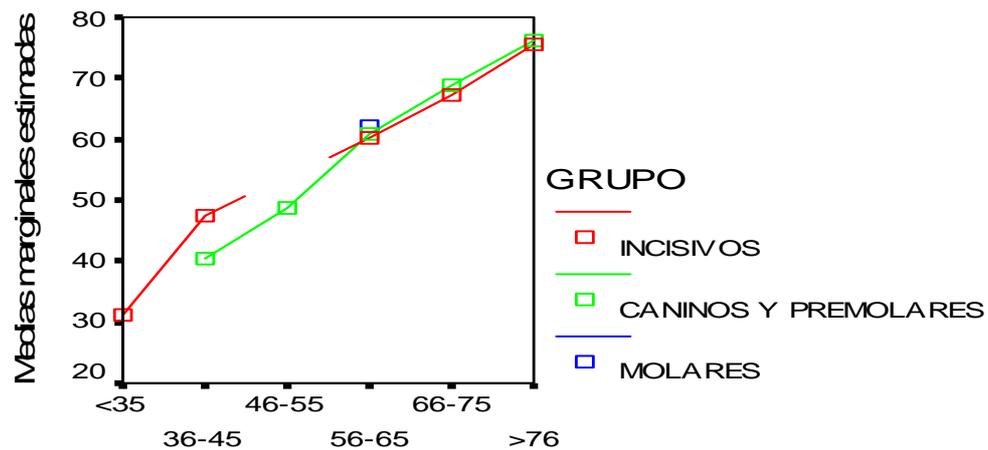


Grupo de edad

Las medias no estimables no se representan

Gráfico 23. Distribución de las medias marginales de la edad determinada por el método de Lamendin et al. (1992), según el tipo de diente y el grupo de edad, para la muestra de sujetos vivos

Origen = restos óseos



Grupo de edad

Gráfico 24. Distribución de las medias marginales de la edad determinada por el método de Lamendin et al. (1992), según el tipo de dientes y el grupo de edad, para la muestra de restos óseos

Método de Prince y Ubelaker (2002)

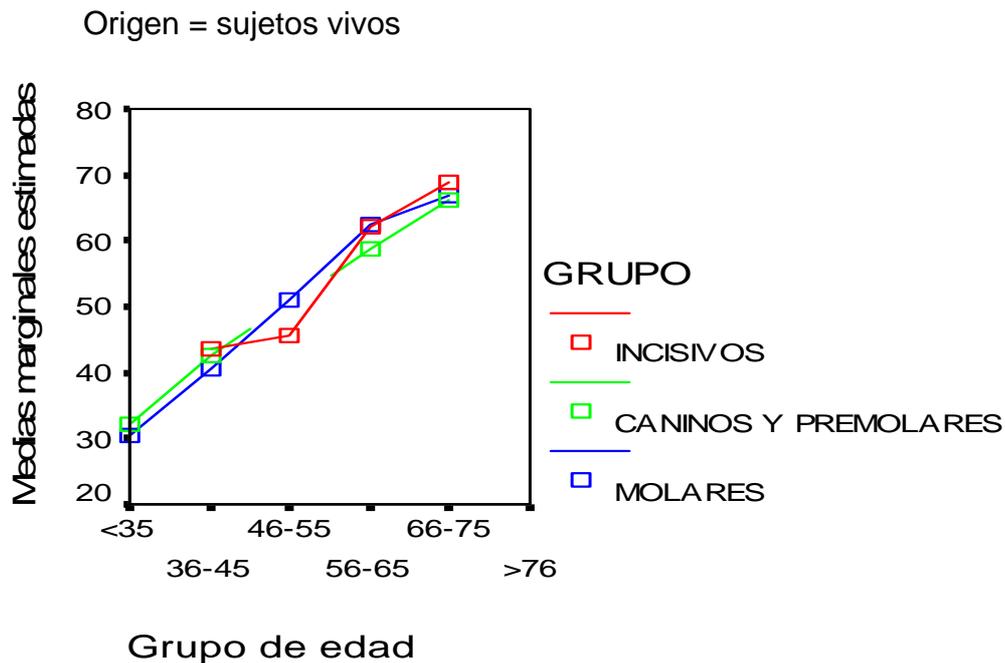


Gráfico 25. Distribución de las medias marginales de la edad determinada por el método de Prince y Ubelaker (2002), según el tipo de dientes y el grupo de edad, para la muestra de sujetos vivos

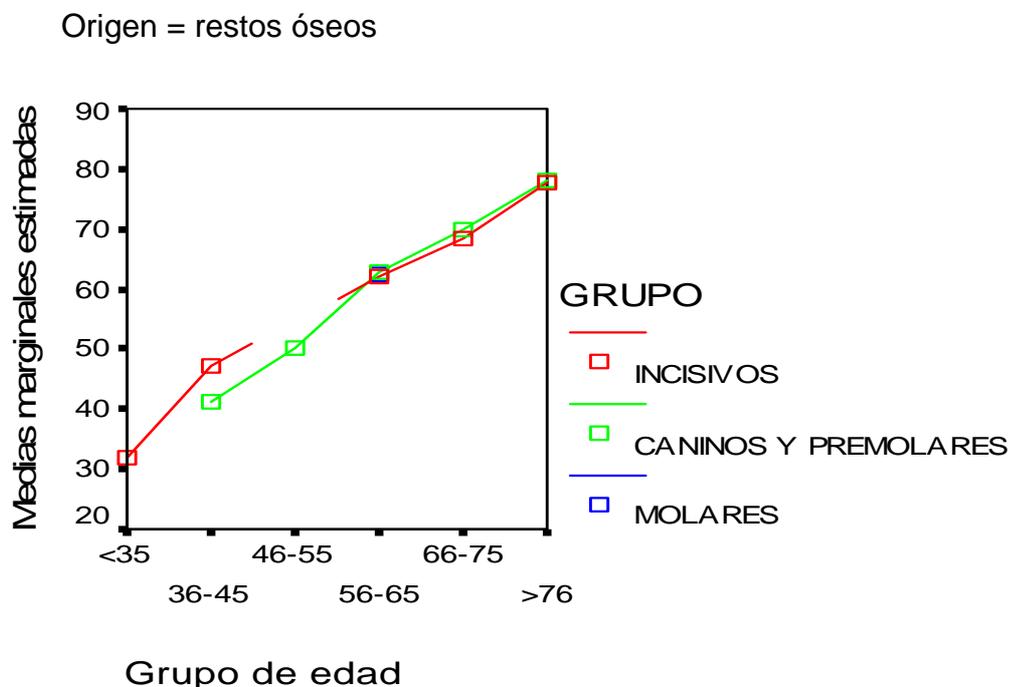


Gráfico 26. Distribución de las medias marginales de la edad determinada por el método de Prince y Ubelaker (2002), según el tipo de dientes y el grupo de edad, para la muestra de restos óseos

6.2 Análisis del efecto de la medición de la transparencia sobre el diente seccionado y su efecto en la determinación de la edad

Cuando la transparencia fue medida en dientes seccionados de acuerdo con la técnica de Bang y Ramm (1970), la edad estimada por la fórmula de Lamendin et al. (1992) fue altamente similar a la estimada con la medida de la transparencia en el diente intacto ($r= 0.98$; $p<0.001$). Las correlaciones de las estimaciones fueron también muy similares cuando se usa la fórmula de Prince y Ubelaker (2002) ($r=0.97$; $p<0.001$). Estos hallazgos demuestran la precisión de tomar la medida sobre el diente intacto sin necesidad de seccionarlo demostrando que las dos técnicas son igualmente precisas

6.3 Muestra de la población colombiana

6.3.1 Análisis de las variables determinantes de la edad

La transparencia de la dentina de la raíz y la longitud de la periodontosis se incrementaron significativamente con la edad ($r_s = 0,62$, $r_s = 0,33$; $p < 0,005$ para ambos casos; $n = 78$), pero no la longitud de la raíz ($r_s = -0,17$; $p = 0,12$; $n = 78$).

Para conocer las características de la muestra realizamos estadística descriptiva y una comparación de las medias marginales obtenidas para cada una de las variables dependientes o determinantes de la edad (longitud de la transparencia, longitud de la periodontosis y longitud de la raíz),

Tabla 118. Estadísticos descriptivos para las variables predictoras de la edad

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	78	,0	14,9	5,18	3,35
Long. Periodontosis	78	,6	6,0	2,63	1,14
Long. Raíz	78	10,2	19,0	14,12	1,65
Nº de casos válido	78				

6.3.1.1 Longitud de la transparencia

Igualmente, observamos el comportamiento de cada una de las variables con la edad, de acuerdo a los grupos formados. La transparencia presenta un aumento lineal con la edad.

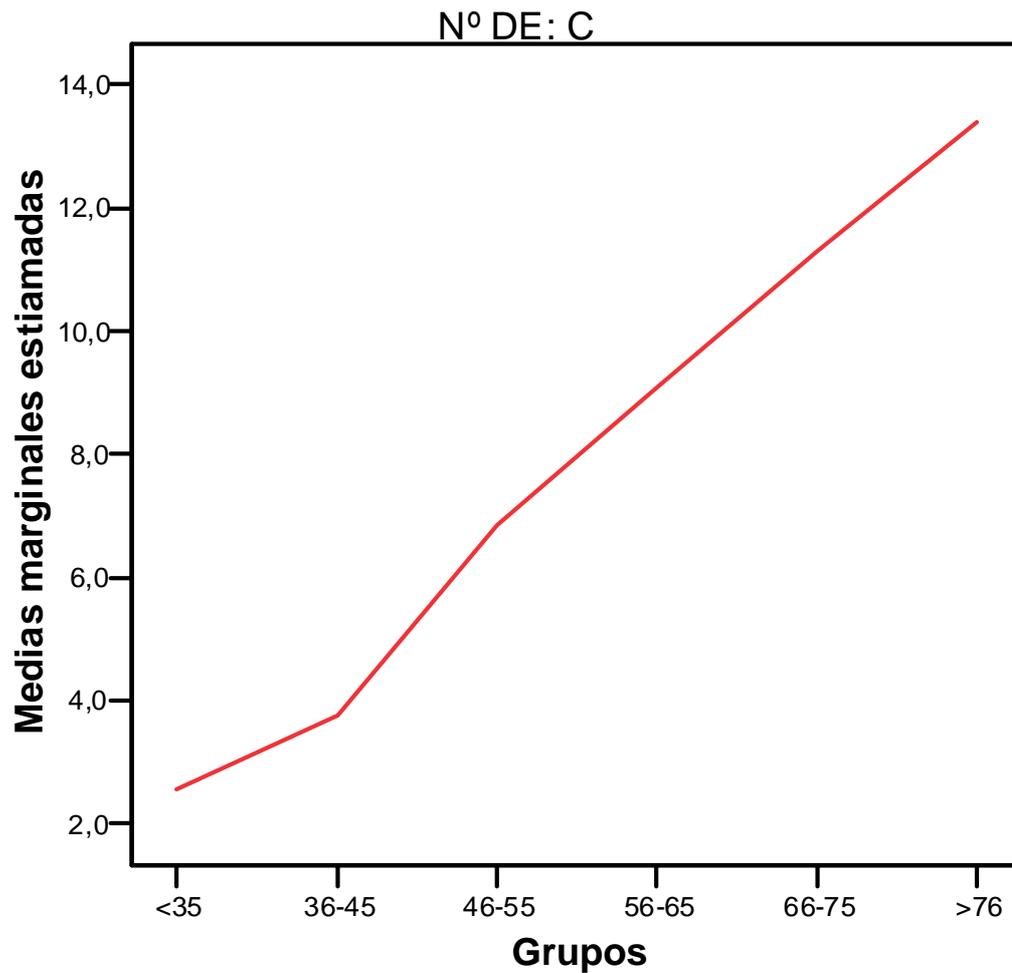


Gráfico 27. Distribución de las medias marginales de la longitud de la transparencia de acuerdo al grupo de edad

6.3.1.2 Longitud de la Periodontosis

Corroboramos los resultados encontrados en el análisis de la primera muestra, sobre el comportamiento de la periodontosis; este es ascendente, pero de forma escalonada.

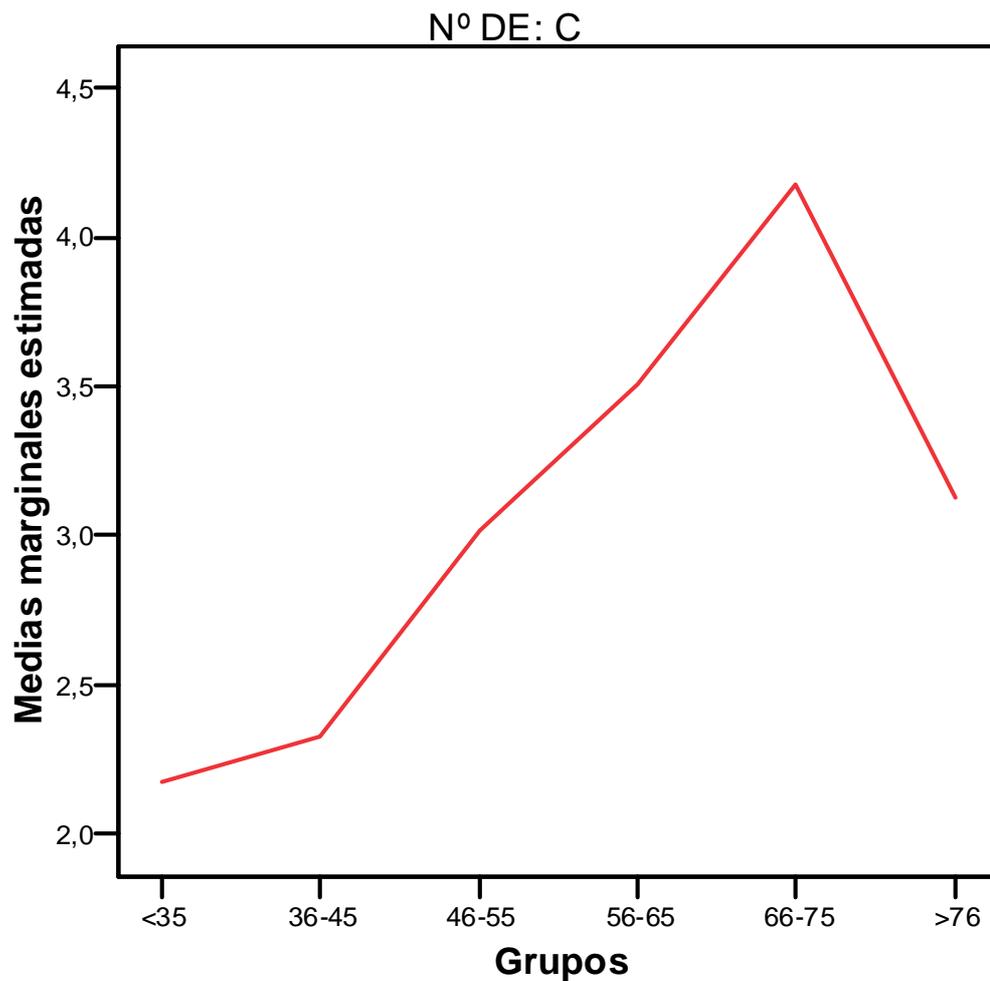


Gráfico 28. Distribución de las medias marginales para la longitud de la periodontosis, según el grupo de edad.

6.3.1.3 Longitud de la Raíz

La distribución de la medias de la longitud de la raíz se mantienen constantes entre 12 y 14 mm.

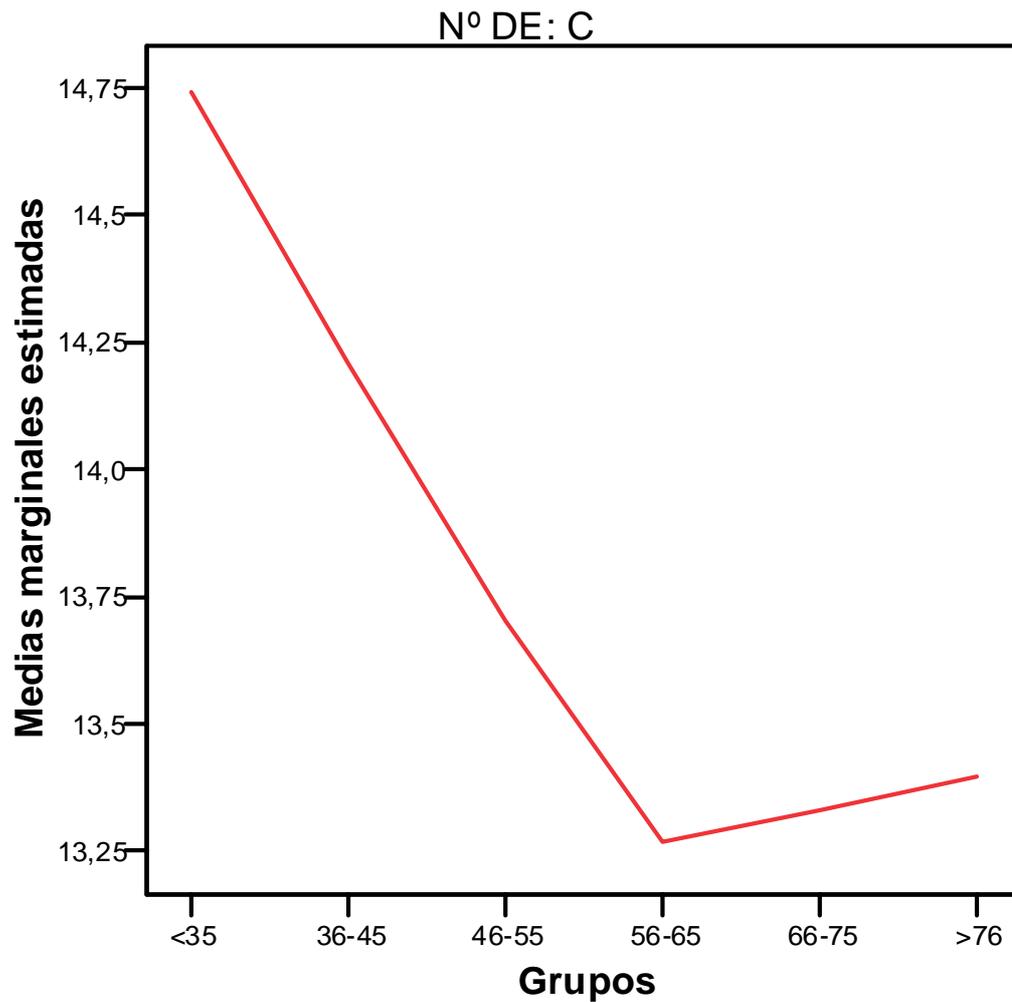


Gráfico 29. Distribución de las medias marginales de la longitud de la raíz, según el grupo de edad.

6.3.2 Análisis descriptivo según el grupo de edad

Grupo de edad = <35

Tabla 119. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	22	,0	6,3	2,56	1,28
Long. Periodontosis	22	,6	3,6	2,17	,90
Long. Raiz	22	11,3	19,0	14,74	1,98
Nº Válido (según lista)	22				

Grupo de edad = 36-45

Tabla 120. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	28	2,0	7,7	3,75	1,16
Long. Periodontosis	28	,8	5,1	2,33	1,10
Long. Raiz	28	11,8	16,4	14,21	1,32
Nº válido (según lista)	28				

Grupo de edad = 46-55

Tabla 121. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	16	3,9	10,7	6,85	1,97
Long. Periodontosis	16	1,6	4,0	3,02	,76
Long. Raiz	16	11,9	18,0	13,70	1,60
Nº Valido (según llista)	16				

Grupo de edad = 56-65

Tabla 122 .Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	4	8,0	11,0	9,08	1,37
Long. Periodontosis	4	2,4	5,3	3,50	1,23
Long. Raiz	4	12,3	14,6	13,27	,99
Nº válido (según lista)	4				

Grupo de edad = 66-75

Tabla 123. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	5	9,0	14,7	11,30	2,34
Long. Periodontosis	5	2,2	6,0	4,17	1,68
Long. Raiz	5	10,2	14,7	13,33	1,96
Nº válido (según lista)	5				

Grupo de edad = >76

Tabla 124. Estadísticos descriptivos

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Long. Transparencia	3	12,0	14,9	13,39	1,47
Long. Periodontosis	3	2,3	3,5	3,13	,68
Long. Raiz	3	12,0	14,9	13,39	1,47
Nº válido (según lista)	3				

6.3.3 Análisis de los resultados generales mediante el método de Lamendin et al. (1992) y la fórmula que aquí se propone (2006).

Determinamos la edad con los dos métodos: Lamendin et al. (1992) y la fórmula propuesta aquí. Se realizó un análisis descriptivo de las variables: edad real, edad determinada por el método de Lamendin et al. (1992) y edad por la nueva fórmula.

Tabla 125. Análisis descriptivos de la edad real y las edades calculadas por Lamendin et al. (1992) y la Fórmula propuesta aquí (2006).

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Edad real	78	25	87	44,50	13,22
Lamendin et al. (1992)	78	28,47	77,93	44,85	11,56
González et al. (2006)	78	27,89	77,46	44,72	12,30
Nº de casos válido	78				

Se empleó el test pareado de Wilcoxon para comparar la edad estimada con la edad real. La diferencia entre la edad real y la estimada se muestra como la diferencia media, con su desviación típica y el error estándar de la media.

Aplicando la nueva fórmula que aquí se presenta, se disminuye la diferencia entre la edad real y la edad calculada en relación a lo obtenido con la

fórmula de Lamendin et al., aunque las diferencias entre la edad estimada con la nueva fórmula y la estimada con la fórmula de Lamendin et al., no fueron estadísticamente significativas ($z = 1,09$, $p = 0,28$). La diferencia entre la edad real y la edad estimada fue de 0.35 años, con desviación típica de 5,32 años, y error estándar de la media de 0.60 años, cuando se aplicó Lamendin et al. (1992), pero las diferencias con la edad real no fueron significativas ($z = 0,87$, $p = 0,38$).

Tabla 126. Diferencia media de la edad calculada por ambos métodos para la muestra colombiana

	n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
Dif real- Lamendin et al. (1992)	78	-13,53	16,29	-,35	5,32
Dif real-González et al. (2006)	78	-13,61	14,07	-,22	5,12
Nº Válido de casos	78				

Con la nueva fórmula, la diferencia entre la edad estimada y la edad real fue de 0,22 años, desviación típica de 5,12 años, y error estándar de 0,58, que, de nuevo, no difirieron significativamente de la edad real ($z = 0,64$, $p = 0,53$). En todos los grupos de edad, excepto el grupo 2, se obtiene un mejor ajuste a la edad real; en el grupo 1 se reduce la sobreestimación y en los grupos 5 y 6 se disminuye la subestimación.

6.3.4 Resultados por grupo de edad

Tabla 127. Análisis descriptivo de la edad real, edad determinada por el método de Lamendin et al. (1992) y por el método propuesto aquí, de acuerdo al grupo de edad.

Grupos		n	Mínimo	Máximo	Media	D.S.
1	Edad real	22	25	35	31,82	2,73
	Lamendin et al. (1992)	22	28,47	48,53	35,77	4,40
	González et al. (2006)	22	27,89	48,61	35,19	4,26
2	Edad real	28	36	43	40,04	2,33
	Lamendin et al. (1992)	28	34,44	52,62	39,79	4,13
	González et al. (2006)	28	33,88	52,43	39,18	4,02
3	Edad real	16	46	55	51,06	2,72
	Lamendin et al. (1992)	16	42,02	60,12	50,49	5,63
	González et al. (2006)	16	39,98	61,45	50,60	6,47
4	Edad real	4	59	62	60,25	1,50
	Lamendin et al. (1992)	4	55,59	63,80	59,15	3,84
	González et al. (2006)	4	56,54	65,15	59,82	3,94
5	Edad real	5	67	75	70,20	3,34
	Lamendin et al. (1992)	5	56,41	77,93	67,54	8,53
	González et al. (2006)	5	57,85	77,46	69,14	8,25
6	Edad real	3	76	87	80,33	5,85
	Lamendin et al. (1992)	3	70,71	72,80	71,76	1,04
	González et al. (2006)	3	72,93	75,48	74,11	1,28

Tabla 128. Comparación de la diferencia de error en la media entre los resultados del método de Lamendin et al. (1992) y la nueva fórmula González et al. (2006).

Grupo de edad	n	Lamendin et al. (1992)	González et al. (2006)
25-35	22	3,95	3,37
36-45	28	0,24	0,84
46-55	16	0,56	0,45
56-65	4	1,09	0,42
66-75	5	2,65	1,05
>76	3	8,56	6,22
Nº de Casos	79		

Las edades calculadas con la fórmula propuesta aquí, fueron más exactas para este tipo de población, en todos los grupos de edad; lo observamos mejor en la siguiente gráfica.

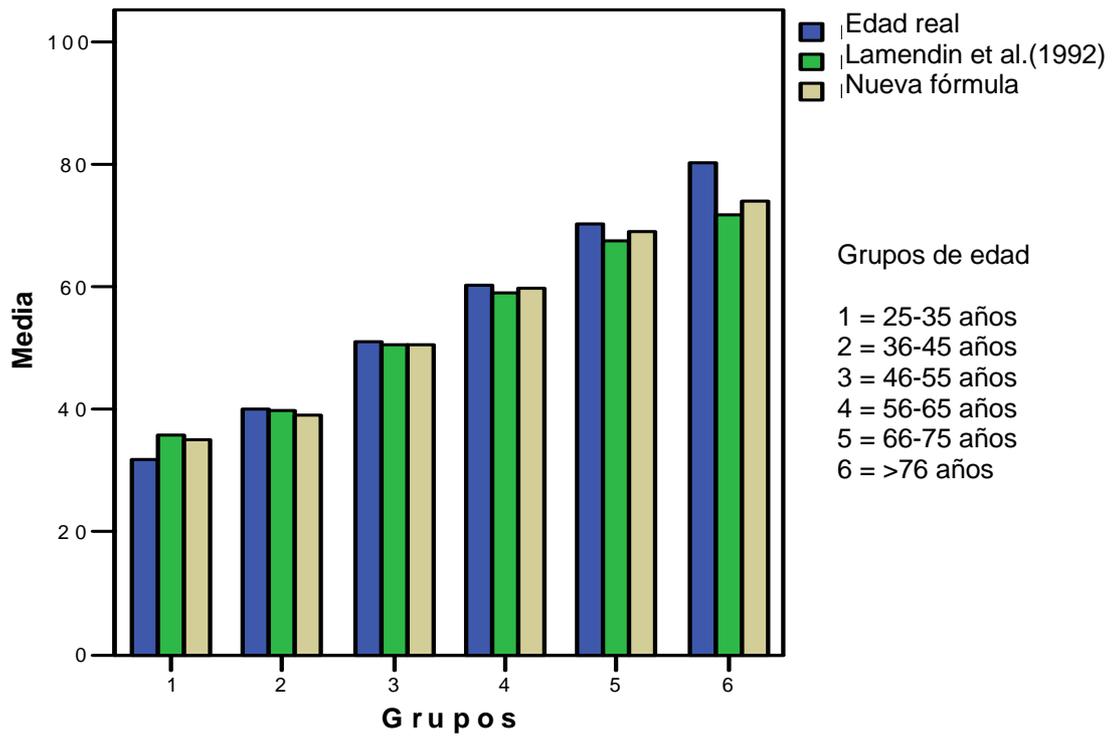


Gráfico 30. Edad actual y edad estimada por el método de Lamendin et al. (1992) y por la fórmula propuesta aquí de acuerdo a los grupos de edad en la muestra de población colombiana.

DISCUSION

7. DISCUSIÓN

De las técnicas dentales

Uno de los objetivos a la hora de estimar la edad biológica es lograr la identificación de un individuo. Habitualmente, en este proceso de identificación el médico o el antropólogo forense se pueden encontrar, ya sea con un cadáver, un cuerpo esqueletizado o, en algunas ocasiones, incluso con sólo un cráneo o parte de él; sea cual fuere la situación, una inspección rápida a las estructuras y condiciones dentales permitirá discriminar si se trata de un individuo adulto o subadulto (Solheim y Vonen, 2006).

Posteriormente, la elección del método dependerá, no sólo del estado de preservación de los huesos y dientes, sino también de la disponibilidad de tiempo y equipo, así como del grado de precisión que necesite la investigación y de lo conveniente de un método sobre otro.

Hasta la fecha no existe un método o técnica que permita determinar la edad exacta de un sujeto; todos los métodos o técnicas utilizados expresan las edades en rangos, ya que en el análisis de los restos óseos, lo que se está determinando es una tendencia en torno a la cual existe un margen de

variabilidad (Reverte, 1999 citado por Sanabria, 2004). Sin embargo, todos los estudios sobre estimación de edad están enfocados a disminuir o a acotar este rango.

La justificación para utilizar los dientes como parámetros de estimación de la edad biológica está fundamentada, en las características de la estructura dental, como son sus altos niveles de preservación, heredabilidad y resistencia a la acción tafonómica y a la acción de los ácidos del tejido dental. Asimismo, por ser estos más persistentes que otras partes del esqueleto que tienden a desaparecer, como por ejemplo el pubis, el cual es muy frágil y rápidamente se desintegra (Walker et al., 1991).

Por otra parte, al hacer el diagnóstico de la edad biológica a partir del análisis de las estructuras dentales, debe tenerse en cuenta que estos se encuentran en estrecha dependencia con factores como el sexo, la filiación ancestral, algunas enfermedades congénitas o adquiridas y el medio ambiente donde se desarrolló el individuo (Rodríguez, 1994). Igualmente deben evaluarse otros factores, como la dieta y la ingesta de algunos antibióticos por parte de la madre durante la gestación (Sanabria, 2004), ya que estos parámetros pueden producir una variabilidad, tanto en el proceso de formación, como en el de erupción dental.

A pesar de esto, se puede afirmar que la estimación de la edad a partir de las estructuras dentales es confiable, ya que el desarrollo dental se ve menos afectado que el de otros tejidos por alteraciones del desarrollo, y

además la maduración de los tejidos vivos del diente ocurre de forma paralela al proceso de envejecimiento (Sanabria, 2004).

Igualmente, otra de las ventajas de las técnicas dentales para la determinación de la edad es su amplia cobertura, que abarca toda la gama de edades del adulto; mientras que, a excepción del método de la superficie auricular de Lovejoy et al. (1985), la mayoría de los métodos esqueléticos tienen un límite de edad superior que no sobrepasa o lo hace en poco los 45 años, edad en la cual aparecen los cambios esqueléticos degenerativos, menos dependientes de la edad cronológica y más influenciados por cambios patológicos (Lucy et al., 1995).

Además, los errores que se presentan con estos métodos se distribuyen homogéneamente, y pueden ser asumidos como normales (Lucy et al., 1995a).

Al estudiar la técnica de Lamendin et al. (1992), y la posterior modificación de Prince y Ubelaker (2002), se ha encontrado que ambas técnicas son muy sencillas y no necesitan equipos complicados; resulta muy fácil lograr la extracción del diente (Baccino et al., 1999), y no suponen la destrucción de éste, que en determinados casos puede ser la única evidencia para la identificación de un individuo.

Parámetros determinantes de la edad

La transparencia de la dentina ha sido quizá el parámetro más relacionado con la edad. Los coeficientes de correlación dados en algunos estudios oscilan entre $r = 0,65-0,87$ (Gustafson, 1950; Miles, 1963; Bang y Ramm, 1970; Johanson, 1971; Vasiliadis, 1983b; Kashyap y Koteswara, 1990; Lamendin et al., 1992; Whittaker y Dakri, 1996). Al analizar los tres parámetros utilizados aquí como determinantes de la edad (transparencia de la dentina, periodontosis y longitud de la raíz), la transparencia obtuvo el coeficiente de correlación más alto con la edad ($r_s = 0,92$). Esto corrobora los estudios previos, donde se han establecido coeficientes de correlación altos para la transparencia de la dentina en relación con la edad.

Basados en este estudio, se podría decir que la relación de la transparencia de la dentina es lineal y ascendente con la edad, aunque en edades avanzadas la transparencia se produce más lentamente, posiblemente porque este proceso se retrasa en la parte coronal de la raíz (Bang y Ramm, 1970), o porque llegada cierta edad el fenómeno general de la transparencia se hace más lento o finalice, ello explicaría la subestimación de la edad en sujetos mayores.

A pesar de que la longitud de la periodontosis ha tenido poca correlación con la edad (Solheim, 1993), algunos autores la han utilizado como una variable para su determinación (Gustafson, 1950; Dalitz, 1962; Johanson, 1971; Burns y Maples, 1976; Metzger et al., 1980; Lamendin et al., 1992; Prince y

Ubelaker, 2002). Por ejemplo, en estudios epidemiológicos se ha encontrado que la periodontosis aumenta en frecuencia y gravedad con la edad (Lindhe, 1992); en el método de Lamendin et al. (1992) y en el Prince y Ubelaker (2002), aunque es una de las variables utilizadas en la fórmula para calcular la edad, no se le da sin embargo un valor de significación alto.

Al analizar el comportamiento de la periodontosis en el presente estudio, observamos que se presenta ascendente con la edad pero de manera más escalonada, manteniéndose en ciertas décadas de manera constante. Esto puede deberse a que la periodontosis puede estar afectada por diferentes factores, los cuales, pueden alterar su frecuencia y gravedad (véase apartado de etiología).

La longitud de la raíz fue uno de los parámetros utilizados por Gustafson, (1950); no obstante, Lamendin et al. (1992) no la tomaron directamente como un factor directamente relacionado con la edad, sino que la utilizaron para determinar los grados de la transparencia y de la periodontosis, relacionando su longitud con la longitud de la raíz.

Prince y Ubelaker (2002), en la modificación de la técnica, la han utilizado adicionándola a la fórmula, aunque con un nivel de significación muy bajo (0,05). La redistribución de los coeficientes para cada variable y la introducción de la longitud de la raíz de forma directa pueden ser posiblemente los responsables en las nuevas fórmulas de la mejora en la estimación de la edad en los sujetos mayores. Esto corrobora los estudios de Solheim y Kvaal,

(1993), donde se demostró que al utilizar la longitud radicular como determinante de la edad, se mejora la estimación cuando se utilizan métodos de regresión múltiple.

Sin embargo, en la valoración individual de los parámetros determinantes de la edad, no se ha encontrado aquí que sea un factor dependiente de la edad.

Origen de la muestra

Al tener en cuenta el origen de la muestra, los resultados revelan una mayor exactitud en dientes provenientes de sujetos vivos cuando se aplican ambas técnicas: Lamendin et al. (1992) y Prince y Ubelaker (2002). No obstante, aunque en los restos óseos la precisión es bastante aceptable, los resultados siempre son mejores con la segunda técnica.

La transparencia de la dentina radicular fue igualmente observable y cuantificable en ambas muestras (sujetos vivos y restos óseos). Sin embargo, en algunos estudios, como el de Lucy et al. (1995) y Sengupta et al. (1999) sobre colecciones óseas medievales, se encontró obliteración de la transparencia en algunos dientes (apariencia gredosa de la raíz del diente), efecto de posibles cambios tafonómicos en la estructura dental.

En la muestra de este estudio, no se encontraron dientes que presentaran alteraciones en la dentina transparente, sin embargo recordamos

que la colección ósea utilizada es actual y que para comprobar los cambios postmortem sobre la estructura dental, sería necesario realizar un estudio sobre colecciones óseas de variada antigüedad.

Tipo de diente

En el presente estudio se ha tomado representación de cada tipo de diente para establecer si el comportamiento de la transparencia de la dentina de la raíz es un fenómeno homogéneo en todos los dientes, teniendo en cuenta que en muchas ocasiones sólo contamos con un tipo de diente apto para establecer la edad del individuo.

En realidad, todos los dientes aportan datos válidos, pero con los incisivos y premolares se ha obtenido una mayor precisión en la estimación de la edad, confirmando los resultados de Lamendin et al. (1992); por este motivo fueron los dientes escogidos en la segunda parte del estudio. Ello no quiere decir que sean los que se deban usar de modo exclusivo, sino que son los que deben tomarse preferentemente, porque aportan mayor exactitud y además resulta más sencillo obtener los datos.

Sobre la técnica

A pesar de que existen diferentes métodos para medir la transparencia sobre la raíz dental, en la técnica de Lamendin et al. (1992) y en la de Prince y

Ubelaker (2002), lo hacen sobre la estructura dental sin seccionar el diente, lo que favorece la preservación del mismo.

Sin embargo, algunos autores han encontrado que esta imagen es sólo bidimensional, lo cual desfigura lo que en realidad es de tres dimensiones, y han sugerido utilizar un sistema de imagen adquirida y procesada informáticamente (Sognaes et al., 1985). Pero quizá esto contribuya a que la técnica se vuelva difícil y complicada, ya que no siempre se cuenta con estos equipos.

Cuando la transparencia fue medida en los dientes seccionados, no se apreció un incremento en la precisión de la determinación de la edad comparandola con la estimada en dientes intactos, con lo cual, no se justifica el seccionamiento del diente.

En su estudio, Lamendin et al. (1992) tomaron la medida de la transparencia sobre la cara vestibular de la raíz, ya que encontraron que la transparencia es más alta sobre esta superficie. En nuestro estudio se ha medido la longitud de la transparencia sobre las caras vestibular y distal, tomando la medida más alta de las dos, ya que, en algunos casos la medida de la transparencia fue más alta en distal.

Esto ratifica algunos hallazgos sobre la distribución y cantidad de la dentina esclerótica, donde se afirma que la esclerosis aparece primero en las caras mesial y distal del diente (Vasiliadis et al., 1983a). Posiblemente estas

diferencias encontradas entre las medidas de diferentes superficies contribuyan a una mayor o menor precisión a la hora de estimar la edad.

Cuando se tomó la medida de la longitud de la periodontosis en los restos óseos, se hizo directamente con el diente dentro del alvéolo. En los dientes de sujetos vivos, esto conllevó una mayor dificultad, ya que algunos dientes llevaban varias horas de extracción, y no se podía establecer la terminación del epitelio de unión, lo cual puede causar alguna alteración en las medidas.

En el estudio de Lamendin et al. (1992), sin embargo, se midió la longitud de la periodontosis sobre el diente después de que éste fuera extraído de los maxilares.

Variaciones en sexo y origen biológico

Por otra parte, aunque existen algunas variaciones de acuerdo al grupo biológico en cuanto a la erupción de los dientes, morfología y medida dental (Lavelle, 1971; Gustafson, 1966), Prince y Ubelaker (2002) encontraron que el grupo biológico no tiene un efecto significativo en la estimación de la edad cuando se usa la fórmula de Lamendin et al. (1992).

Sin embargo, con sus nuevas ecuaciones en las que separan los individuos por sexo y tronco étnico, se disminuyó la media de error para cada grupo. Esto queda corroborado en los resultados de esta investigación, donde

la media de error de las edades calculadas en los mediterráneos españoles y en la población de mestizos colombianos, a partir de las fórmulas de Prince y Ubelaker (2002) y la fórmula propuesta aquí, fue menor que con la estima de edad calculada mediante la fórmula de Lamendin et al. (1992).

Cuando Prince y Ubelaker (2002) aplicaron la técnica de Lamendin et al. (1992), encontraron que el sexo debe ser considerado para obtener una mayor precisión de la edad. Ellos sugirieron que esta diferencia significativa podría ser el resultado de la distribución de la muestra, ya que Lamendin et al. (1992) dividieron su muestra únicamente por edades, pero no examinaron las diferencias entre sujetos masculinos y femeninos, mientras que Prince y Ubelaker (2002) sí utilizaron esta variable en su estudio.

A pesar de que algunos autores han encontrado que el índice de transparencia de la dentina de la raíz puede estar aumentado en el sexo masculino (Lorentsen y Solheim, 1989, entre otros), y que en el estudio de Prince y Ubelaker (2002) se encontraran diferencias sexuales en las diferentes variables determinantes de la edad, en el presente estudio, al igual que en el de Lamendin et al. (1992), no se ha encontrado dimorfismo sexual para las variables utilizadas como determinantes de la edad.

Sin embargo, estos resultados sugieren que, en la población española, se mejora la precisión en la estima de la edad empleando diferentes fórmulas para cada sexo. Igualmente con la nueva fórmula propuesta aquí para la

población colombiana, la precisión aumenta significativamente en todos los grupos de edad.

Es de destacar, además, una menor tendencia a la sobreestimación de la edad en los grupos de edad joven, y una disminución aún más clara en la subestimación en los grupos de edades más avanzadas.

Estos resultados pueden estar relacionados con variaciones encontradas entre los diferentes grupos ancestrales en cuanto a la extensión apical de la transparencia de la dentina. Ello puede sugerir que además de la edad, otros factores pueden afectar a la transparencia que se presenta en la dentina radicular, como parte del proceso de envejecimiento.

Por tanto, se concluye que al realizar una regresión para determinar la edad utilizando la transparencia de la dentina de la raíz como predictor (o variable predictora), el grupo de origen debe ser tenido en cuenta en el análisis (Whittaker y Dakri, 1996).

CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

- La transparencia de la dentina radicular aumenta linealmente con la edad, y presenta el coeficiente de correlación más alto con ésta.
- La periodontosis se presenta en aumento con la edad, pero de manera escalonada, teniendo períodos activos e inactivos en algunas décadas de la vida.
- La longitud de la raíz no presenta relación directa con la edad.
- La transparencia de la dentina radicular es observable y cuantificable en dientes de sujetos vivos, cadáveres o restos óseos recientes.
- Igualmente la transparencia de la dentina de la raíz se presenta en todos los tipos de dientes.
- Con los incisivos y premolares, superiores e inferiores se obtiene mayor precisión en la estimación de la edad.

- La transparencia de la dentina, la periodontosis y la reabsorción radicular no presentan dimorfismo entre los sexos.
- El origen biológico y el sexo deben ser tenidos en cuenta a la hora de estimar la edad usando rasgos dentales.
- Con las fórmulas de Prince y Ubelaker (2002), aplicadas a una población mediterránea española, se obtiene mayor precisión a la hora de estimar la edad en un individuo adulto.
- Con la nueva fórmula propuesta aquí para la población mestiza colombiana, se obtiene aún mayor precisión, por lo que esta fórmula deberá aplicarse de manera referente al estudiar la edad en los colombianos a partir de los dientes.
- Con estas fórmulas, se disminuye la sobreestimación en edades jóvenes y la subestimación en edades mayores, que son los problemas presentados por la fórmula de Lamendin et al. (1992).
- Queda de manifiesto la gran conveniencia de elaborar fórmulas específicas para cada grupo humano de estudio, ya que se añade una aún mayor precisión en la determinación de la edad.

BIBLIOGRAFIA

9. BIBLIOGRAFÍA

AZAZ, B., MICHAELI, Y. y NITZAN, D., 1977. Aging of tissues of the roots of non functional human teeth (impacted canines). *Oral Surgery*, 43: 572-8.

AROLA, D. y ROULAND, J., 2003. The effects of tubule orientation on fatigue crack growth in dentin. *J Biomed Mater Res*, 67A: 78-86.

ANGKER, L., SWAIN, M. y KILPATRICK, N., 2003. Micro-mechanical characterisation of the properties of primary tooth dentine. *Journal of Dentistry*, 31: 261-7.

BACCINO, E., UBELAKER, D.H., HAYEK, L.A. y ZERILLI, A., 1999. Evaluation of seven methods of estimating age at death from mature human skeletal remains. *Journal of Forensic Sciences*, 44 (5): 931-6.

BAER, P.N.; MORRIS, M.L., 1977. *Textbook of Periodontics*. JB Lippincott Company Philadelphia, 1977

BANG, G. y RAMM, E., 1970. Determination of age in humans from root dentin transparency. *Acta Odontológica Escandinava*, 28: 3-35.

BERKOVITZ, B.K., HOLLAND, G.R. y MOXHAM, B.J., 2002. *Oral Anatomy, Histology*. Mosby Edit International.

BEYER-OLSEN, E. y RISNESS, S., 1993. Occurrence and distribution of blackish staining on the crowns of human teeth obtained from an archaeological excavation of a medieval site in Norway. *Scandinavian Journal of Dental Research* 101 (2): 65-71.

BLAKE, G.C., 1958. The peritubular translucent zones in human dentine. *British Dental Journal*, 101: 57-64.

BRINKMANN, B. y HARTMANN, C., 1980. Determination of the mineral content and the transparency of the root dentine of human teeth. *Forensic Science International*, 15: 93-101.

BROOKS, S. y SUCHEY, J.M., 1990. Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Human Evolution*, 5: 227-38.

BROTHWELL, D.R., 1963. *Digging up Bones*. London: British Museum of

Natural History.

BROTHWELL, D.R., 1981. Digging Up Bones: The excavation, Treatment and Study of Human Skeletal Remains. Ithaca, Cornell University.

BUCKLEY, L.A., 1981. The relationship between malocclusion, gingival inflammation, plaque and calculus. *Journal of Periodontology*, 52: 35.

BURNS, K. R. y MAPLES, W.R., 1976. Estimation of age from individual adult teeth. *Journal of Forensic Sciences*, 21: 343-56.

BUTLER, R.J., 1972. Age-related variability in occlusal wear planes. *American Journal of Physical Anthropology*, 36: 381-390.

CATTANEO, C. y GRANDI, M, 2004. Antropología e Odontología Forense. Guida allo studio dei resti Umani. Monzuddi Editore, p: 172.

CEPEDA, I. y GIRÓN C. El derecho a la memoria. Galería de la Memoria. Fundación Manuel Cepeda Vargas.

<http://www.desaparecidos.org/colombia/galeria/>

CLEMENT, A., 1963. Variation in the microstructure and biochemistry of human teeth. In Brothwell, D.R., Editor. Dental Anthropology vol. 5, Pergamon Press, London: 245-69.

COLONA, M., INTRONA, F.J., FAVIA, G. y PESCE, D., 1984. Valutazione della trasparenza della dentina per la determinazione dell'età: Revisione metodologica e analisi di un campione. In F De Kazio and B. Verlone (eds): La Laurea in Odontoiatria e Protesi dentaria. I problemi medico – legali in odontostomatología. CIC Edizioni Internazionali: 357-68.

CREMASCO, M., 1998. Dental histology: study of aging processes in root dentine. Boll Soc Ital Biol Sper, 74(3-4): 19-28.

DACULSI, G., LEGEROS, R., JEAN, A. y KEREBEL, B., 1987. Possible physico-chemical processes in human dentin caries. Journal of Dental Research, 66: 1356-9.

DALITZ, C.G., 1962. Age estimation of adult human remains by teeth examination. Journal of Forensic Sciences, vol 3: 11-21.

DECHAUME, M., DEROBERT, L. y PAYEN, J., 1960. De la valeur de la détermination de l'âge par l'examen des dents en coupes minces. Ann. Med. Légale. 40: 165-7.

DELGADO, C., 2002. Aplicación de la Antropología Forense dentro del Derecho internacional humanitario. El caso del conflicto armado en Colombia. Ciudad virtual de la antropología y arqueología.

DORFMAN, H., KENNEDY, J. y BIRD, W., 1982. Longitudinal evaluation of free autogenous gingival grafts. A four year report. *Journal of Periodontology*, 53: 349.

DRUSINI, A., CALIARI, I., VOLPE, A., 1991. Root dentine transparency: Age determination of human teeth using computerized densitometric analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 85: 25-30.

DOBROVSKY M., 1976. Abrasiones dentarias en cráneos de indios Patagones. *Rev Museo La Plata*, 2: 301-47.

FRANK, R., 1990. Structural events in the caries process in enamel, cementum, and dentin. *Journal of Dental Research*, 69: 559-66.

GIACHETTI, L., ERCOLANI, E., BAMBI, D. y LANDI, D., 2002. Sclerotic dentin: Aetio-pathogenetic hypotheses. *Minerva Stomatol*, 51: 285-92.

GRAJOWER, R., AZAZ, B. y BORON-LEVI, M., 1977. Microhardness of sclerotic dentine. *Journal of Dental Research*, 56: 446.

GUSTAFSON, G., 1950. Age determinations on teeth. Journal American Dental Association, 41: 45-54.

GUSTAFSON, G., 1966. Forensic Odontology. Staple Press, London, 118-39.

HARCOURT, J., 1964. Further observations on the peritubular translucent zone in human dentine. Aust. Dent. J, 9: 387-92.

HENRY, J.R. y WEINMAN, J.P., 1951. The pattern of resorption and repair of human cementum. Journal of the American Dental Association 42: 270-90.

HOWITT, B., FLEMING, W. y SIMONTON, F., 1928. A study on the effects upon the hygiene and microbiology of the mouth of various diets without and with the use of the toothbrush. Dental Cosmos, 70: 575-88.

ISCAN, M.Y., LOTH, S.R. y WRIGHT, R.K., 1984. Metamorphosis at the sternal rib end: A new method to estimate age at death in white males. American Journal of Physical Anthropology, 65: 147-56.

IWAMOTO, B. y RUSE, N., 2003. Fracture toughness of human dentin. Journal of Biomedical Materials Research, 66A: 507-12.

JABLONSKI, S., 1992. Diccionario ilustrado de Odontología. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.

JOHNSON, C., 1968. Transparent dentine in age estimation. *Oral Surgery*, 25: 834-8.

JOHANSON, G., 1971. Age determinations from human teeth. *Odontologisk revy*, 22: suppl. 21.

KAHLER, B., SWAIN, M. y MOULE, A., 2003. Fracture-toughening mechanisms responsible for differences in work to fracture of hydrated and dehydrated dentine. *J Biomech*, 36: 229-37.

KASHYAP, V.K. y KOTESWARA, R.N., 1990. A modified Gustafson method of age estimation from teeth. *Forensic Science International*, 47: 237-47.

KEREBEL, B., DACULSI, G., MENANTEAU, J. y KEREBEL L., 1981. The inorganic phase in dentinogenesis imperfecta. *Journal of Dental Research*, 60: 1655-60.

KERLEY, E.R. y UBELAKER, D.H., 1978. Revisions in microscopic method of estimating age at death in human cortical bone. *American Journal of Physical*

Anthropology, 49 (4): 545-6.

KETTERL, W., 1983. Age induced changes in the teeth and their attachment apparatus. *International Dental Journal*, 33(3): 262-71.

KINNEY, J., BALOOCH, M., MARSHALL, G. y MARSHALL, S., 1999. A micromechanics model of the elastic properties of human dentine. *Archives of Oral Biology*, 44: 813-22.

KINNEY, J., MARSHALL, S. y MARSHALL, G., 2003. The mechanical properties of human dentin a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med*, 14: 13-29.

KINNEY, J., GLADDEN, J., MARSHALL, G., MARSHALL, S., y MAYNARD, J., 2004. Resonant ultrasound spectroscopy measurements of the elastic constants of human dentin. *J Biomech*, 37: 437-41.

KINNEY, J.H., NALLA, R.K., POPLER, J.A., BREUNIG, T. y RITCHIE, R.O., 2005. Age-related transparent root dentin: mineral concentration, crystallite size and mechanical properties. *Biomaterials*, 26, Issue 16: 3363-76.

KROGMAN, W.M. e ISCAN, M.Y., 1986. *The human Skeleton in Forensic Medicine*. Charles C. Thomas, Springfield, IL.

KRUZIC, J., NALLA, J., KINNEY, J. y RITCHIE, R., 2003. Crack blunting, crack bridging and resistance-curve fracture mechanics in dentin effect of hydration. *Biomaterials*, 24: 5209-21.

KVAAL, S., KOPPANG, H. y SOLHEIM, T., 1994A. Relationship between age and deposition of peritubular dentine. *Gerodontology*, 11: 93-8.

KVAAL, S.I., SELLEVOLD, B.J., SOLHEIM, T., 1994b. A Comparison of different non-destructive methods of age estimation in skeletal material. *International Journal Osteoarch*, 4: 363-70.

KVAAL, S.I., 1995. Age – related changes in teeth. A microscopic and radiographic investigation of the human permanent dentition. Thesis, University of Oslo (Noruega).

KVAAL, S.I. y DURING, E., 1999. A Dental Study comparing Age Estimations of the Human Remains from the Swedish Warship *Vasa*. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9: 170-81.

LAMENDIN, H., 1978. Critères dentinaires pour appréciation d'âge : études de la translucidité et des canalicules : intérêt en odonto- stomatologie légale. *Revue d'Odonto-stomatologie*, 2: 111-9.

LAMENDIN, H., 1988. Appréciation d'âge par la méthode de Gustafson simplifiée. *Le chirurgien dentiste de France*, 427: 43-7.

LAMENDIN, H., BACCINO, E., HUMBERT, J.F., TAVERNIER. J.C., NOSSINTCHOUK, R.M. y SERILLI, A., 1992. A simple technique for age estimation in adult corpses: The two criteria dental method. *Journal of Forensic Sciences*, 37 (5): 1373-9.

LANG, N. y LÖE, H., 1972. The relationship between the width of keratinized gingiva and gingival health. *Journal of Periodontology*, 43: 623.

LANGE, D. y SCHROEDE, H., 1971. Structural Localization of Lysosomal enzymes in gingival sulcus cells. *Helvetica Odontologica Acta*, 15; 93.

LAVELLE C L., 1971. The relationship between stature, skull, dental arch and tooth dimensions in different racial groups. *Orthodontist*, 3: 7-11

LESTER, K.S. y BOYDE, A., 1968. The surface morphology of some crystalline components of dentine. N.B.B. Symons Ed: 197-204.

LINDHE, J., HAFFAJEE, A. y SOCRANSKY, S., 1983. Progression of periodontal disease in adult subjects in the absence of periodontal therapy. *Journal Clinical Periodontology*, 10: 433.

LINDHE, J., 1992. Periodontología Clínica. Editorial Panamericana, 2ª edición, Buenos Aires.

LOVEJOY, C., 1985. Dental wear in the Libben Populatin: Its Functional Pattern and role in the Determination of Adult Skeletal Age at Death. American Journal of Physical Anthropology, 68: 47-56.

LOVEJOY, C., MEINDL, R.S., PRYZBECK, T.R. y MENSFORTH, R.P., 1985. Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: a new method for the determination of adult skeletal age. American Journal of Physical Anthropology, 68: 15-28.

LORENTSEN, H. y SOLHEIM, T., 1989. Age assessment based on translucent dentine. Journal of Forensic Odontostomatol, 7: 3-9.

LÖUDAL, A., ARNA, A. y WAERHAUG, J., 1958. Incidence of clinical manifestations of periodontal disease in light of oral hygiene and calculus formation. Journal of the American Dental Association, 56: 21-23.

LUCY, D. y POLLARD, A.M., 1995a. Further comments on the estimation of error associated with Gustafson dental age estimation method. Journal of Forensic Sciences 40 (2): 222-7.

LUCY, D., POLLARD, A.M. y ROBERTS, C.A., 1995. A comparison of three dental techniques for estimating age at death in humans. *Journal Archaeological Sciences*, 22: 417-28.

MAIR, L., STOLARSKI, T., VOWLES, R. y LLOYD, C., 1996. Wear: mechanisms, manifestations and measurement. *Journal of Dentistry*, 24: pp. 141–8.

MANDOJANA, J.M., HERAS, S.M., VALENZUELA, A., VALENZUELA, M. Y LUNA, J.D., 2001. Differences in morphological age-related dental changes depending on postmortem interval. *Journal of Forensic Sciences* 46:889-92.

MANLY, R. y BROOKS, E., 1947. Transparency and light scattering of dental and hard tissues. *Journal of Dental Research*, 26: 427-34.

MANLY, R. y HODGE, H., 1939. Density and refractive index studies of dental hard tissues I. *Journal of Dental Research*, 18: 133-41.

MAPLES, W.R., 1978. An improved technique using dental histology for the estimation of adult age. *Journal of Forensic Sciences*, 23: 764-70.

MAPLES, W.R. y RICE, P.M., 1979. Some difficulties in the Gustafson dental age estimations. *Journal of Forensic Sciences*, 24: 168-72.

MEGYESI, M., UBELAKER, D. Y SAUER, N., 2006. Test of the Lamendin Aging Method on Two Historic skeletal Samples. *American Journal of Physical Anthropology*, 131: 363-7.

MENDIS, B.R. y DARLING, A.I., 1979. Distribution with age and attrition of peritubular dentine in the crowns of human teeth. *Archives of Oral Biology*, 24: 131-9.

METZGER, Z., BUCHNER, A. y GORSKY, M., 1980. Gustafson method for age determination from teeth – A modification for the use of dentist in identification teams. *Journal of Forensic Sciences*, vol 25 N° 4: 742-9.

MILES, A.E., 1962. Assessment of the ages of a population of Anglo-Saxons from their dentitions. *Proc R Soc Med*, 55: 881-6.

MILES, A. E., 1963. Dentition in the estimation of age. *Journal of Dental Research*, 42: 255-63.

MILES, A. E., 1976. Age changes in dental tissues. In: Cohen, Kramer (eds) *Scientific Foundations of Dentistry*. Heinemann, London, p: 37-8.

MILES, A.E., 1978. Teeth as an indicator of age in man. In PM Butler and KA Joysey (eds): *Development, Function, and Evolution of Teeth*. New York:

Academic: 455-64.

MOORE, G., 1970. Continued apposition of physiological dentine in mature tooth. *Gerontología Clínica*, 12 (6): 360y.

MONZAVI, B.F., GHODOOSI, A., SAVABI, O. y HASSANZADEH, A., 2003. Model of age estimation based on dental factors of unknown cadavers among Iranians. *Journal of Forensic Sciences*, 48 N°2: 379-85.

MURPHY, T., 1959. The changing pattern of dentin exposure in human tooth attrition. *American Journal of Physical Anthropology*, 17: 167-78.

MURTOMAA, H., MEURMAN, J.H., RYTOMAA, I. y TURTOLA, L., 1987. Periodontal status in university- students. *Journal of Clinical Periodontology* 14 (8): 462-5.

NALBANDIAN, J., GONZALES, F. y SOGNAES, R.F., 1960. Sclerotic age changes in root dentine of human teeth as observed by optical, electron and X-ray microscopy. *Journal of Dental Research*, 39: 598-601.

NALLA, R., KINNEY, J. y RITCHIE, R., 2003. Effect of orientation on the in vitro fracture toughness of dentin the role of toughening mechanisms. *Biomaterials*, 24: 3955-68.

NALLA, R., IMBENI, V., KINNEY, J., STANINEC, M., MARSHALL, S. y RITCHIE, R., 2003b. In vitro fatigue behavior of human dentin with implications for life prediction. *Journal of Biomedical Materials Research*, 66A: 10-20.

NALLA, R., KRUZIC, J. y RITCHIE, R., 2004. On the origin of the toughness of mineralized tissue microcracking or crack bridging?. *Bone*, 34:790-8.

NALLA, R., KINNEY, J., MARSHALL, S. y RITCHIE, R., 2004b. On the in vitro fatigue behavior of human dentin effect of mean stress. *Journal of Dental Research*, 83: 211-5.

NATUSCH, I., PILZ, M., KLIMM, W. y BUCHMANN, G., 1989. Transparent dentinal sclerotic and its clinical significance. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl*, 77: 3-7.

OKAMOTO, H., YONEYAMA, T., LINDHE, J., HAFFAJEE, A. y SOCRANSKY, S., 1988. Methods of evaluating periodontal disease data in epidemiological research. *Journal of Clinical Periodontology*, 15: 430-9.

PASHLEY, D., 1989. Dentin a dynamic substrate- a review. *Scanning Microsc*, 3: 161-74; discussion 174-76.

PHILIPPAS, G., 1961. Influence of occlusal wear and age on formation of

dentin and size of pulp chamber. *Journal of Dental Research*, 40: 1186-98.

PINBORG, J.J., 1970. *Pathology of the dental hard tissues*. Scandinavian University Books, Copenhagen.

POOLE, D, y TRATMAN, E., 1978. Post- mortem changes in human teeth from late upper Paleolithic/Mesolithic occupants of an English limenstone cave. *Archives of Oral Biology*, 23: 1115-20.

PORTER, A., NALLA, R., MINOR, A., JINSCHK, J., KISIELOWSKI, C., RADMILOMIV, V., KINNEY, J., TOMSIA, A. y RITCHIE, R., 2005. A transmission Electron Microscopy Study of Mineralization in Age-Induced Transparent Dentin. *Biomaterials*, vol. 26 (36): pp. 7525-686.

POWELL, B. y GARNICK, J., 1978. The use of extracted teeth to evaluate clinical measurements of periodontal disease. *Journal of Periodontology*, vol 49: 621-5.

PRINCE, D.A. y UBELAKER, D.H., 2002. Application of Lamendin's adult dental aging technique to a diverse skeletal simple. *Journal of Forensic Sciences* 47 (1): 107-16.

RATERTSCHAK, M., WOLF, H.F. y HASSEL, T.M., 1994. *Periodontology*.

Thieme Medical Publishers, Inc. New York.

RATHOD, H., ROBERTS, D., GRAY, C., JONES, S.J. y BOYDE, A., 1993. Autofluorescence mode confocal microscopy of dental tissues. Proceedings of bone and Tooth society, 1: 39.

REVERTE, J.M., 1999. Antropología Forense, 2ª ed. Ministerio de Justicia, Secretaria General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid.

RODRÍGUEZ, J.V., 1994. Introducción a la antropología Forense, análisis e interpretación de restos óseos humanos. Anaconda Editores, Bogotá.

RODRÍGUEZ, J.V., 1999. Avances de la Antropología Dental en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

RÖSING y KVAAL, 1998. Dental age in Adults – A Review of Estimation Methods. In Dental Anthropology. Fundamentals, Limits and Prospects. Springer Wien New York, p: 443-68.

SANABRIA C., 2004. Antropología Forense y la Investigación Médico-Legal de las Muertes. 1a ed. Facultad de Investigación Criminal. Policía Nacional, Bogotá.

SCHROEDER, L. y FRANK, R., 1985. High-resolution transmission electron microscopy of adult human peritubular dentine. *Cell Tissue Res*, 242: 449-51.

SCHROFF, F.R., 1959. Identification by teeth - a possible source of error. *British Dental Journal*, 107: 178-80.

SCOTT, R.G., 1979. Dental wear scoring technique. *American Journal of Physical Anthropology*, 51: 213-8.

SENAWONGSE, P., OTSUKI, M., TAGAMI, J. y MJÖR, I., 2006. Age-related changes in hardness and modulus of elasticity of dentine. *Archives of oral biology*, vol 51, 6: 457-63.

SENGUPTA, A., SHELLIS, R.P. y WHITTAKER, D.K., 1998. Measuring root dentine translucency in human teeth of varying antiquity. *Journal of Archaeological Science*, 25: 1221-9.

SENGUPTA, A., WHITTAKER, D.K. y SHELLIS, P., 1999. Difficulties in estimating age using root dentine translucency in human teeth of varying antiquity. *Archives of Oral Biology*, 44:889-99.

SCHOROEDER, H., 1982. Orale strukturbilogie. Entwicklungsgeschichte, struktur and funktion normaler hert - and weichgewebe der mundhöhle, 2. Aufl. Thieme Stuttgart.

SILNESS, J. y LÖE, H., 1964. Periodontal disease in pregnancy. II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. Acta Odontológica Escandinava, 22: 121.

SILLEN, A., 1989. Diagenesis of the inorganic phase of cortical bone. In: Price, T.D., Editor, 1989. The chemistry of Prehistoric Human bone, Cambridge University Press, Cambridge: 211-29.

SMITH, P., 1972. Diet and attrition in the Natufians. American Journal of Physical Anthropology, 37: 233-8.

SOLHEIM, T., 1993. A new method for dental age estimation in adults. Forensic Science International, 59: 137-47

SOLHEIM, T. y KVAAL, S., 1993. Dental root surface structure as an indicator of age. J Forensic Odonto-Somatol, 11: 9-21.

SOLHEIM, T. y SUNDES, P.K., 1980. Dental age estimation of norwegian adults. A comparison of different methods. *Forensic Science International*, vol 16: 7-17.

SOLHEIM, T. y VONEN, A., 2006. Dental age estimation, quality assurance and age estimation of asylum seekers in Norway. *Forensic Science International*, 159S: S56-60.

SOGNNAES, R.F., GRATT, B.M., PAPIN, P.J., 1985. Biomedical image processing for age measurements of intact teeth. *Journal of Forensic Sciences*, 30 N°4: 1082-9.

STEADMAN, L., BRUDEVOLD, F., SMITH, F., GARDNER, D., LITTLE, M., 1959. Trace elements in ancient Indian teeth. *Journal of Dental Research*, 38: 285-90.

STEIN, T. y CORCURAN, J., 1994. Pararadicular cementum deposition as a criterion for age estimation in human beings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral pathology, Oral Radiology and endodontics*, 77(3): 266-70.

TEN CATE, A.R., 1989. *Oral histology: Development, structure and function*. Third Edition. St Louis: The C.V. Mosby Company Ltd.

THEILADE, J., 1986. Placa Microbiana y tártaro dental. Periodontología Clínica de Lindhe. Edit. Panamericana: 76-113.

THOMAS, G.J., WHITTAKER, D.K., EMBERY, G., 1994. A comparative study of translucent apical dentine in vital and non-vital human teeth. Archives of Oral Biology, 39: 29-34.

TOMENCHUK, J. y MAYHALL, J.T., 1979. A correlation on tooth wear and age among modern Igloodik Eskimos. American Journal of Physical Anthropology, 51: 67-78.

UBELAKER, D., 1996. Human Skeletal Remains. Smithsonian institution. Second Edition. Washington.

VAN DER VELDEN U., 1982. Regeneration of the interdental soft tissues following denudation procedures. Journal Clinical Periodontology, 9: 455-9.

VAN HUYSEN, G., 1960. The microstructure of normal and sclerosed dentine. Journal of Prosthetic Dentistry, 10: 976-82.

VASILADIS, L., DARLING, A.I. y LEVERS, B.G., 1983a. The amount and distribution of sclerotic human root dentine. Archives of Oral Biology, 28: 645-9.

VASILIADIS, L., DARLING, A.I. y LEVERS, B.G.H., 1983b. The histology of sclerotic human root dentin. *Archives of Oral Biology*, 28: 693.

WALKER, P., DEAN, G., SHAPIRO, P., 1991. Estimating Age From Tooth wear in Archaeological Populations. In *Advances in Dental Anthropology*. Wiley-Liss, Inc: 169-78.

WAERHAUG, J., 1955. Microscopic demonstration of tissue reaction incident to removal of dental calculus. *Journal of Periodontology*, 26: 26-9.

WEBER, D., 1974. Human dentine sclerosis a microradiographic survey. *Archives of Oral Biology*, 19: 163-9.

WENNSTROM, J., 1982. Effect of a new antiplaque agent (CK-0569A) on developing plaque and gingivitis in man. *Journal of Periodontology*, 53 (3): 188-94.

WENNSTROM, J. y LINDHE, J., 1983. Role of attached gingival for maintenance of periodontal health. Healine following excisional and grafting procedures in dogs. *Journal Clinical Periodontology*, 10: 206.

WHITTAKER, D.K. y KNEALE, M.J., 1979. The dentine-predentine interface in human teeth. *British Dental Journal*, 146: 43-6.

WHITTAKER, D.K. y BAKRI, M.M., 1996. Racial variation in the extent of tooth root translucency in ageing individuals. *Archives of Oral Biology*, 41: 15-9.

YOLDI, A., 1998. Parámetros de sexo y edad en el coxal y articulación esterno costal en una población mediterránea de sexo y edad conocidos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

ZANDER, H.A. y HORZELER, B., 1958. Continuous cementum apposition. *Journal of Dental Research*, 37: 1035-44.

ZOUBOV, A.A., 1997. La antropología dental y la práctica forense en: Simposio de lo prehispánico a lo forense: avances de la antropología Biológica en Colombia. Ponencia, del VIII Congreso de Antropología en Colombia, Bogotá.

ABSTRACT

10. ABSTRACT

Lamendin et al. (1992) developed a general technique to estimate age of adults at death using two dental features: periodontosis and translucency of the tooth root. Prince & Ubelaker (2002) modified this method, creating a formula for each sex and for different ancestries, and obtained more precise age estimations. In the present study, the validity of each method was tested in 45 males and 34 females of Spanish Caucasian origin, and a novel formula, based on Prince & Ubelaker method, was specifically developed for a population of mixed racial origin (mestizo) from Colombia, and findings obtained were again compared with those yielded by Lamendin adult dental aging technique. The Prince & Ubelaker method proved more accurate than the Lamendin technique in the Spanish Caucasian population, and our Prince & Ubelaker-based formula was also more accurate than the Lamendin et al. (1992). In both populations, the Lamendin method showed a higher mean error in estimations of the age of youngest and oldest individuals. These findings confirm the need to create specific formulas for each human group in order to obtain more accurate age estimates.

Introduction

Estimation of age at death is one of the most important issues in the identification of human remains, both in forensics and anthropology. Estimations of the age of subadult individuals at death are currently based on the synostosis of secondary ossification centers and the development and eruption status of the teeth. However, determination of the age of adults is more complex. Current techniques are based on changes or bony remodeling of pelvis, sternal end of fourth rib, or symphyseal surface of the pubis, on degree of closure of sutures, or on dental wear or changes in dental structure, among other approaches (Sanabria, 2004). All of these methods were developed in different populations, hampering comparisons of their accuracy (Baccino et al., 1999). The use of multiple age indicators offer superior results (Baccino et al., 1999; Lovejoy et al., 1985); but, when these methods are evaluated individually, those based on dental structure offer greater precision when estimating age (Baccino et al., 1999).

Gustafson (1950) was the first in formulating a method to age estimation, based on six characteristics of the dental structure: attrition, periodontosis, secondary dentine, cementum apposition, apical resorption and translucency tooth root. Modifications of this method were later developed, including the technique of Lamendin et al. (1992), based on translucency of the tooth root and periodontosis. Tooth root translucency, also known as sclerosis of root dentine, does not appear before the age of 20 results from deposition of hydroxyapatite crystals in dentin tubuli. Translucency can be observed on the

whole tooth by using a negatoscope. The translucency shows a clear relationship with age (Mendis and Darling, 1979). Periodontosis, or gingival regression, is produced by degeneration of soft tissue around the tooth from neck to root apex. It can be observed as a smooth yellowish area below the enamel that is darker than this but lighter than the rest of the root (Prince and Ubelaker, 2002). Both parameters can be easily measured on the dental surface. In a French sample, Lamendin et al. (1992) related these parameters to the overall height at the root and applied multiple regression analyses to generate the following equation for determining age at death independently of ancestry or sex: $A = 0.18 \times P + 0.42 \times T + 25.53$, where A = age in years, P = Periodontosis height \times 100/root height, and T = Translucency height \times 100/root height.

Prince & Ubelaker (2002) evaluated this technique and suggested that sex and ancestry should be considered when estimating age at death based on translucency of the tooth root and periodontitis. This proposal has been supported by other studies (Whittaker and Dakri, 1996). Prince & Ubelaker (2002) created specific formulas for different subpopulations, classified as black females, black males, white females and white males. They also included root height in the multiple regression analysis for the equations they developed. The mean difference between real and estimated age was reduced with this novel approach, especially in young and elderly individuals, age groups in which the Lamendin formula showed a higher mean error.

The aims of the study were to compare the accuracy of the Prince & Ubelaker (2002) and Lamendin et al. (1992) formulas in the age estimation of a Spanish Caucasian population, and, based on results obtained, to develop a new specific formula for application in a racially mixed (mestizo) population in Colombia and compare accuracy with the results of using the Lamendin formula.

Materials

In the first phase of the study, the sample comprised 79 teeth from 45 males and 34 females with known full name, all of whom were from Granada in southern Spain and belonged to the Mediterranean group. Forty-five of the teeth were from a collection of recent skeletal remains and thirty-four had been recently extracted from live subjects in dental clinics of the city of Granada (Spain). Their age at death/extraction was known and ranged from 25 to 90 years. We took teeth from recent skeletal remains and live subjects in order to evaluate of the effect of taphonomic changes on dental structures. Except for first and third upper molars, all types of teeth were included to explore the utility of different tooth types in age estimation.

In the second phase of the study, the sample comprised 78 teeth from 71 males and 7 females of a Colombian mestizo population undergoing autopsy at Colombian Legal and Forensic Medicine Institute. Their age at death was known and ranged from 25 to 87 years. Because upper incisors, lower incisors,

and premolars offered greater accuracy in the first study phase, only these three tooth types were included in the sample.

Methods

Teeth were separated from their alveoli, washed with water, digested for 5 min in 0.05% solution of sodium hypochlorite, dried, and placed in plastic bags. A digital caliper (precision of ± 0.02 mm) was used for measurements (in millimeters), following Lamendin et al. technique recommendations. Periodontosis height was defined as the maximum distance between cemento-enamel junction and soft tissue attachment line (Lamendin et al., 1992). Root height was the distance between root apex of the root and cemento-enamel junction (Lamendin et al., 1992). These measurements were made on the labial surface of the tooth without sectioning it. Translucency height, measured with the aid of a negatoscope from the root apex, on labial and distal surfaces and recording the higher measurement of the two, since the translucency was occasionally higher on distal surface. This represents a modification of the procedure used by Lamendin et al. (1992), in which translucency height was only measured on labial surfaces.

Bang & Ramm (1970) reported that root dentine translucency is measured more accurately in sectioned teeth or in a tooth section than in the whole tooth. In order to explore this issue, we measured translucency in 12 longitudinally sectioned teeth and compared these data with those obtained by measurements in the whole tooth.

In the Spanish Caucasian sample, we applied the general equation of Lamendin et al. (1992) ($A = (0.18 \times P) + (0.42 \times T) + 25.53$) and the equations of Prince & Ubelaker (2002) for white males ($A = (0.16 \times RH) + (0.29 \times P) + (0.39 \times T) + 23.17$) and white women ($A = (1.10 \times RH) + (0.31 \times P) + (0.39 \times T) + 11.82$), where RH = root height. SPSS for Windows version 12.0 was used for the statistical analysis, dividing the sample by age (age group 1 = 25-35 years, 2 = 36-45 years, 3 = 46-55 years, 4 = 56-65 years, 5 = 66-75 years, and 6 > 75 years), sex, and tooth type. Nonparametric statistics were used unless otherwise indicated, since some variables (e.g. periodontosis) did not meet parametric test requirements. The Wilcoxon matched pair test was used to compare estimated age with real age, and the Spearman ranks test was used to establish correlations of each dental parameter with age. The mean difference between real and estimated age is expressed as mean error with standard deviation and standard error of the mean.

In the Colombian sample, translucency of the tooth root, periodontosis and root height, i.e. the Prince & Ubelaker method variables, were entered in a multiple regression model in order to establish a new formula for this type of population that did not exist until now. Then, the multiple regression models calculated a mathematical formula that related the dental traits measured with age, as it was performed by Prince & Ubelaker method. Results were analyzed as described above for the Spanish population.

Results

Spanish Sample

Tooth root translucency and periodontosis significantly increased with higher age ($r_s = 0.92$ and 0.72 , respectively; $p < 0.001$; $n = 79$) but root height did not ($r_s = 0.17$; $p = 0.13$; $n = 79$). With respect to sex, the correlations were very similar between sexes; the correlation coefficients for translucency were: females, $r_s = 0.93$, males, $r_s = 0.92$; $p < 0.001$ for both cases; and for periodontosis were: females, $r_s = 0.78$, males, $r_s = 0.66$; $p < 0.001$ for both; and neither sex showed association between root height and age at death/extraction (females, $r_s = 0.20$; men, $r_s = 0.19$; $p > 0.20$ for both).

In the Spanish sample, the Lamendin technique showed a mean difference between real and estimated age of +1.29 years, standard deviation 3.09, standard mean error 0.35. The age estimated by Lamendin's method differed significantly from the real age (Wilcoxon test, $z = 3.44$; $p = 0.001$). The Prince & Ubelaker method showed a mean difference between real and estimated ages of -0.33 years, standard deviation 3.11, standard mean error 0.35; these age estimates did not differ significant from the real ages ($z = 1.75$, $p = 0.08$). The difference in age estimations between the two methods was significant ($z = 5.98$; $p < 0.001$). With respect to age groups, both techniques showed a difference of +1.5 years in groups 1 and 2 and a lower difference of +1 years in groups 3 and 4. In age groups 5 and 6, a discrepancy of -6 years was shown by the Lamendin et al. method and of -2 years by the Prince & Ubelaker method.

The Prince & Ubelaker method showed a lower mean error in both sexes. For females, the error with the formulas of Lamendin et al. (1992) was +1.56 years ($z = 2.32$; $p = 0.02$), while with the method of Prince & Ubelaker (2002) was -0.93 years ($z = 2.15$; $p = 0.03$). The error also decreased for males from 1.08 years with the formulas of Lamendin et al. ($z = 2.41$; $p = 0.02$), to 0.12 years with those of Prince & Ubelaker ($z = 0.20$; $p = 0.84$). In each sex, the difference in age estimation between the Lamendin et al. and Prince & Ubelaker methods was highly significant ($z > 4.20$; $p < 0.001$).

It was equally possible to observe and quantify tooth root translucency in teeth from skeletal remains and those extracted from live individuals. The Prince & Ubelaker method proved equally accurate in both types of sample (Mann-Whitney U-test, $z = 0.62$; $p = 0.53$), whereas estimations of age by the Lamendin method were less accurate in modern skeletal remains than in live subjects ($z = 3.46$; $p = 0.001$). Regarding tooth types, it was easier to measure the translucency of the tooth root in incisors and premolars, and they produced more accurate estimates versus molars. Although the mean errors were relatively low in all three tooth groups by both methods, they were lower with the Prince & Ubelaker method (Kruskal-Wallis test, $H = 3.25$; $p = 0.20$) than with the Lamendin et al. method ($H = 12.72$; $p = 0.002$).

When translucency was measured in the sectioned tooth according to the technique of Bang & Ramm (1970), the age estimated by the Lamendin et al. formula was highly similar to that estimated from measurement of the whole tooth ($r = 0.98$; $p < 0.001$). The two estimations were also very closely correlated

when the formula of Prince & Ubelaker was used ($r=0.97$; $p<0.001$). These findings demonstrate the reliability of the method based on the whole tooth, with no need for sectioning teeth, since the data contributed by both techniques are in practice the same.

Colombian Sample

Translucency of the tooth root and periodontosis significantly increased with higher age ($r_s = 0.62$, $r_s = 0.33$, respectively; $p < 0.005$; $n = 78$), but root height did not ($r_s = -0.17$; $p = 0.12$; $n = 78$).

After multiple regression analysis, the following equation was developed as the basis of a formula for this population:

$$\mathbf{A = (0.87 \times RH) + (0.18 \times P) + (0.47 \times T) + 11.22} \text{ (Table 2)}$$

where A = Age in years, RH = Root height, P = Periodontosis height \times 100/root height and T = Transparency height \times 100/root height.

This difference between the real and estimated ages was smaller with this novel formula than with the Lamendin formula, although the differences between the age estimated with new formula and that estimated with the formula of Lamendin et al. were not statistically significant ($z = 1.09$, $p = 0.28$). Thus, the new formula obtained a mean error of -0.23 years, standard deviation 5.12, standard mean error 0.58, which, again not differ significantly from the real age ($z = 0.64$, $p = 0.53$), and the Lamendin method obtained a mean error of -

0.36 years, standard deviation 5.33, standard mean error 0.60, also a non-significant difference ($z = 0.87$, $p = 0.38$), The new formula gave a closer estimate in all age groups with the exception of group 2.

Discussion

One of the advantages of dental methods for age determination is that they can be applied to adults of all ages. Most skeletal methods, except for the auricular surface method of Lovejoy et al. (1985), have an upper age limit of 45 years, after which skeletal change becomes more influenced by pathologic changes and less by increasing age (Lucy et al., 1995). The advantage of the Lamendin technique is its simplicity. It does not require complicated equipment, it can be very easily applied on an extracted tooth (Baccino et al., 1999), and it does not destroy the tooth.

In previous studies, the dental parameter most closely related to age has been translucency of the tooth root (Lamendin et al., 1992; Gustafson, 1950; Whittaker and, Dakri, 1996; Bang and Ramm, 1970; Johanson, 1971, Kashyap VK, Koteswara, 1990). In the present study, this parameter showed the highest correlation coefficient in relation to age, similar to that reported by other authors ($r = 0.65-0.87$; Bang y Ramm, 1970; Johanson, 1971; Miles, 1963; Azaz et al., 1977; Vasiliadis et al., 1983). However, this relationship is not linear, since translucency develops more slowly in older individuals, possibly due to a delay in this process at the coronal part of the root (Bang and Ramm, 1970). This

would explain the underestimation of age in older subjects found with the two techniques under study.

Whereas the technique of Prince & Ubelaker was equally accurate between teeth from live subjects and recent skeletal remains, the Lamendin method was less accurate in the latter. Translucency was equally observable and quantifiable in both types of tooth sample. Obliterated translucency root dentine (pinkish tinge throughout the dentine) has been described in some teeth from a medieval skeletal collection (Lucy et al., 1995) but was not observed in teeth from modern skeletal remains in the present study. Studies of skeletal collections from different periods are required to ascertain possible taphonomic changes in translucency of the tooth root.

When root translucency was measured in the sectioned tooth, no appreciable increase in accuracy was achieved compared with its measurement in the whole tooth, hence the work and handling involved in sectioning is not justified.

All tooth types studied appeared to contribute valid data, the most precise age estimations were obtained from incisors, confirming findings by Lamendin et al. (1992). For this reason, incisors were selected for investigation in the second phase of the study. This does not mean that incisors are to be used exclusively and that other teeth cannot be used, but they are preferable for the greater accuracy they offer and the ease of the data collection.

Although there are some ancestry-related variations in tooth eruption, morphology (Lavelle, 1971) and tooth size (Gustafson, 1966), Prince & Ubelaker (2002) found that ancestry had no significant effect on estimation of age by the Lamendin technique. Nevertheless, their new equations for different sex and ancestries enabled them to reduce the mean error in each group. In both the Spanish and Columbian samples in the present study, the mean error was also smaller with the Prince & Ubelaker method or our new formula than with the Lamendin technique. However, our new formula has only been tested in this single sample, therefore caution is warranted. We highlight the lesser overestimation of age in younger groups and the even greater reduction in the underestimation of age in the older groups. These findings may be related to variations in the apical extension of the translucency between the different ancestry groups. Hence, the ancestry should be taken into account when a regression is made to determine the age on the basis of translucency of the tooth root (Whittaker and Dakri, 1996).

Prince & Ubelaker (2002) obtained more accurate age estimations when they took account of the sex of individuals in their application of Lamendin's technique, as also found in the first phase of the present study, when age determination was again improved by the use of specific formulas for each sex in the Spanish population.

CONCLUSIONS

11. CONCLUSIONS

- The transparency of the tooth root increases linearly by age, and presents the highest correlation according to the latter.
- The periodontosis increases by age, but in a gradual way, displaying active and inactive periods during specific decades of the lifetime.
- The length of the root does not present direct relation to the age.
- The transparency of the tooth root is observable and quantifiable in teeth of living individuals, corpses or recent bone remains.
- Likewise, the transparency of the tooth root appears in all types of teeth.

- Greater precision in the estimation of age can be obtained by the upper and lower incisors and premolars.
- The transparency of the tooth root, the periodontosis and the root height do not indicate sexual dimorphism.
- Ancestry and sex should be taken into account in the estimation of age on the basis of dental characteristics.
- The formulas of Prince and Ubelaker (2002) when applied to a Spanish Mediterranean population allow greater precision for age estimation of an adult individual.
- By using the formula proposed here for the first time on the Colombian racially mixed population, still greater precision can be obtained, therefore, this formula should be applied as reference when studying the age of the Colombians from teeth.

- The problems presented by the formula of Lamendin et al. (1992), i.e. the overestimation in young age and the underestimation in older age, can be decreased by using these formulas presented here.
- It is evident that still greater precision in age determination can be achieved by elaborating specific formulas for each human group studied.

